

Lineamientos técnicos para la formulación y ejecución de Programas de Evaluación y Seguimiento (PEyS) a proyectos de restauración ecológica en el Distrito Capital.

El presente documento se divide en tres secciones: a) el capítulo primero conformado por la introducción y el marco conceptual; b) el capítulo segundo que describe los pasos a tener en cuenta para realizar un programa de evaluación y seguimiento en restauración ecológica, y proporciona un marco básico para su desarrollo; y c) el capítulo tercero donde se desarrollan algunos elementos considerados complementarios en la planeación de un programa.

Adicionalmente existen los apéndices que proporcionan elementos de apoyo a la construcción de PEyS entre ellos un listado de indicadores, ejemplos de modelos para el diseño de PEyS en escenarios del distrito capital y formatos para facilitar diversos procesos dentro del PEyS.

El documento pretende llegar inicialmente a diseñadores de proyectos (organizaciones no gubernamentales, consultores, y otros), gestores, inversionistas y entidades gubernamentales a quienes el documento puede ser útil en la planeación y ejecución de proyectos de restauración ecológica.

CONTENIDO		Pág
	Introducción	3
Capítulo 1	Marco Conceptual	5
	La ecología de la restauración y la restauración ecológica.	5
	Los niveles de organización de la diversidad biológica y la escala espacio-temporal de intervención	9
	Los atributos primarios de la diversidad biológica.	15
	Restauración ecológica y conservación de ecosistemas.	16
	El Manejo Adaptable y la investigación en ecología	19
	La evaluación y seguimiento como parte de los proyectos de restauración ecológica	23
Capítulo 2	Planeamiento del Programa.	32
	Definir metas y objetivos del Programa.	32
	Desarrollar un modelo conceptual de acuerdo a las condiciones de la escala espacial definida por el proyecto de restauración ecológica.	38
	Elegir criterios de cumplimiento.	54
	Elegir los parámetros y métodos del Programa.	60
	Estimar los costos del Programa.	66
	Categorizar los tipos de datos a registrar.	70
	Determinar el nivel de esfuerzo y duración del Programa.	71
Capítulo 3	Aspectos complementarios en la planeación de un programa.	79
	Sobre la visión del programa.	79
	Sobre la definición de roles y responsabilidades	79
	Sobre le establecimiento de procedimientos para asegurar la calidad del Programa	80
	Sobre el manejo de los datos y la interpretación de los resultados (El análisis, documentación, interpretación y reporte de resultados)	81
	Sobre las contingencias	86
	Literatura Citada	87
Apéndices	Apéndice 1: Lista de referencia de indicadores para el Programa	
	Apéndice 2: Entornos para abordar la Evaluación y Seguimiento	
	Apéndice 3: Modelos para el diseño de Programas en escenarios del Distrito Capital	
	Apéndice 4: Formatos de registro de información del PEyS	
	Apéndice 5: Glosario	

Introducción

La meta en definitiva de muchos proyectos de restauración ecológica es retornar la estructura, la función, y los procesos del ecosistema a las condiciones naturales "o de referencia" (Block et al. 2001); esto se logra fundamentalmente mediante la manipulación de alguno o varios de los componentes que conforman el ecosistema, de forma tal que se generan las condiciones propicias para favorecer la biota nativa.

La restauración ecológica se ha visto entonces como una secuencia de pasos sistemáticos (Hobbs y Norton, 1996), entre ellos la evaluación y seguimiento a variables que permitan medir fácilmente el éxito de los tratamientos establecidos en función del progreso de las metas iniciales de restauración, tanto como de los ajustes al proceso; sin embargo, la escasa evaluación y seguimiento a las actividades de restauración, la carencia de diseños y rigor estadístico (Block et al. 2001), al igual que la tendencia a repetir los tratamientos sin cuestionarse su eficacia o aplicabilidad a diversas zonas biogeoclimáticas (Clewel y Rieger, 1997), deja a los profesionales de la restauración con poca oportunidad de evaluar críticamente el éxito de los mismos (Machmer y Steeger, 2002) .

La "evaluación y seguimiento" son términos frecuentemente utilizados como si fueran uno solo, pero que corresponden a dos procesos diferentes y complementarios.

El verbo **seguir** significa acción y efecto de seguir o seguirse y **seguimiento** se define como dirigir algo por camino o método adecuado, sin apartarse del intento (RAE en línea); el seguimiento en un proyecto puede entenderse como la recolección y análisis de información de manera sistemática durante el curso de ejecución del mismo, con lo cual se proporcionan indicaciones sobre el estado de avance y cumplimiento tanto de las metas establecidas como de las actividades planificadas, que permiten la adopción oportuna de decisiones y sienta las bases de la evaluación en un proceso continuo de aprendizaje.

El verbo **evaluar** se define como estimar, apreciar o calcular el valor de algo, y **evaluación** es entonces la acción y efecto de evaluar (RAE en línea); en un proyecto puede interpretarse la **evaluación** como la comparación de los impactos reales generados por el mismo respecto a los propuestos dentro de su proceso de planificación; La IFAD (en línea) establece que este proceso determina la eficiencia, eficacia, el impacto, la sostenibilidad y la pertinencia de los objetivos y metas

del proyecto en cualquiera de sus etapas (planeación, ejecución o terminación) con la aportación de análisis de información verificable y útil que ofrece lecciones aprendidas que apoyen la toma de decisiones.

Evaluar y seguir implican entonces coleccionar y analizar series de datos propios de un proyecto. Se emprenden evaluaciones por un sin número de razones que pueden incluir desde ampliar la base de conocimiento (investigación básica), comprobar normas, leyes o estándares predefinidos, hasta determinar si un proyecto o una intervención ha tenido el impacto previsto. Este último propósito es la meta detrás de la mayoría de las evaluaciones de proyectos o programas.

El proceso de planeación de un proyecto de restauración requiere la consideración cuidadosa de cómo se ejecuta, coordina y evalúa, así como de un equipo que planifique a largo plazo y desde una perspectiva de manejo adaptable que permita ajustar el proyecto a la luz de factores ecológicos, socioculturales y económicos cambiantes.

Para el desarrollo de un PEyS es necesario articular objetivos, metas e indicadores del proyecto de restauración ecológica con la comprensión y aplicación de diversos elementos estructurales de un programa tales como: a) su naturaleza; b) su justificación; c) objetivos, metas e indicadores particulares; d) tiempo y actividades a desarrollar; e) espacio o lugar donde se desarrollará; f) técnicas, procedimientos y metodologías a establecerse; g) recursos disponibles (humanos, materiales, técnicos y financieros.); y h) determinación de responsables del planteamiento y desarrollo.

El presente documento orienta la propuesta de evaluación y seguimiento a través de un acercamiento al "*manejo adaptable*" (Sabine *et al.* 2004; Block *et al.* 2001; NRC 1992), para permitir la revisión y la retroalimentación frecuentes a partir de definir el progreso en las metas del proyecto entre tanto se ejecuta el mismo, lo cual permite a los responsables del proyecto tomar acciones correctivas frente a condiciones cambiantes ecológicas, económicas o socioculturales y brinda la posibilidad de aprender más sobre cómo las estrategias establecidas cambian el sistema intervenido en función de lograr o mejorar las metas del proyecto.

El propósito inicial de este documento es proporcionar un acercamiento sistemático al planeamiento, establecimiento e interpretación de los programas de evaluación y seguimiento (PEyS) para los proyectos de la restauración en el Distrito Capital, que facilite su incorporación en los mismos.

Aspectos como los recursos con los que se cuente para su desarrollo y prioridades institucionales y comunitarias definirán necesariamente la estructura definitiva de cada programa en particular. El documento pretende ser una herramienta para responsables de proyectos de restauración y usuarios en general que apoye la toma de decisiones con una orientación hacia la identificación de factores a considerar en un PEyS, y el diseño y puesta en práctica del mismo desde una participación interinstitucional y comunitaria.

1. Capítulo 1

1.1. Marco Conceptual

1.1.1. ***La ecología de la restauración y la restauración ecológica.***

La ciencia de la Ecología de la Restauración es el desarrollo y prueba de la teoría de la reparación de ecosistemas degradados, a partir de la teoría ecológica básica; los esfuerzos de restauración, se enfocan hacia la investigación del cómo las comunidades se desarrollan y se estructuran en el tiempo, con el objetivo de reestablecer su funcionalidad en contexto con el ambiente (la habilidad del sistema para generar recursos y soporte para el establecimiento de individuos) y con las interacciones que se pueden presentar (Palmer *et al.* 1997).

Como ciencia, la restauración implica entender lo mejor posible los patrones y procesos ecológicos en el sistema que se estudia, a partir del conocimiento de sus diferentes componentes, en diversas escalas y niveles de organización; desde la dinámica del área de distribución local hasta la comprensión de procesos como el grado de fragmentación en el contexto del paisaje, la sucesión ecológica y el papel de las especies invasoras en los ecosistemas.

La restauración y el manejo de sistemas ecológicos se ha conceptualizado como la intervención sobre las dinámicas sucesionales (Luken 1990), y su aplicación se basa en tomar como referencia a un ecosistema predisturbio (Cairns 1993, Woodwell 1994; en Barrera y Ríos 2002; Clewell 1993; Bradshaw 1993) para reestablecer la estructura, el funcionamiento, la diversidad y las dinámicas del

ecosistema específico (Aronson *et al.* 1993), y lograr que este sea capaz de autosostenerse (Ehrenfeld y Toth 1997).

De igual forma, la restauración ecológica enmarca posibles soluciones alternativas a retornar el ecosistema a su estado original; soluciones, donde el ecosistema de igual forma recobre su funcionalidad, ya sea al realizar rehabilitación de tierras muy degradadas para retornarlas a la productividad, o reconstruir un ecosistema severamente disturbado con fines recreativos, o eliminar el disturbio y dejar a la sucesión natural la recuperación de los atributos perdidos del ecosistema (Jordan *et al.* 1987).

Estos diversos acercamientos han fomentado una terminología confusa. Es así como existen diversos términos relacionados con procesos de restauración ecológica (Bradshaw 1997^a en Perrow y Davy 2002), entre los más frecuentes: *restauración*, *rehabilitación*, *remediación* y *reclamación* (ver figura 1).

Se entienden por **reclamación o saneamiento** los trabajos que se llevan a cabo en sitios severamente degradados (p. ej. tierras afectadas por minería a cielo abierto, construcción a gran escala, etc.) e implica, la mayoría de las veces, un cambio en el uso original del sitio afectado (Meffé y Carroll 1994). Esta estrategia se puede enfocar en evitar que continúen los procesos erosivos; así, en un sitio originalmente con bosque y afectado por actividad minera podrían ser utilizadas especies gramíneas para su recubrimiento hasta la pavimentación con el fin de mitigar los procesos erosivos y no por ello significar el retorno de especies nativas al área intervenida.



Lamb y Gilmour (2003), definen la **reclamación** como la recuperación de sitios degradados a través principalmente del uso de especies de árboles exóticos (con frecuencia monocultivos); no se orienta a restablecer la diversidad original, pero sí la función productiva y muchos de los servicios ecológicos originales. SER (2004) incluye entre sus principales objetivos la estabilización de terrenos, la seguridad pública y el mejoramiento estético.

eliminación del tensionante
(pastoreo) en un área
la puede facilitar el
de recuperación.

Si un proceso de restauración ecológica no puede ser totalmente ejecutado, entonces el proyecto puede ser rediseñado a manera de **rehabilitación**, término definido por Clewell *et al.* (2000), como cualquier tratamiento con pequeños beneficios ecológicos de una restauración total. Meffé y Carroll (1994) lo expresan como cualquier intento por recuperar elementos estructurales o funcionales dentro de un ecosistema, sin necesariamente intentar completar una restauración ecológica a una condición

específica previa, y presentan como ejemplo la replantación en sitios donde se ha eliminado la cubierta vegetal con el fin de prevenir la erosión.

De acuerdo con Lamb y Gilmour (2003), en otros casos, se puede promover por razones ecológicas o económicas el uso de especies diferentes a las preexistentes (agrícolas, maderables, etc.) en estos sitios que llegan a ser inadecuados para las especies propias; estos autores plantean entonces la rehabilitación como el restablecimiento de la productividad y algunas pero no necesariamente la totalidad de las especies presentes originalmente.

La SER (2004) establece la diferencia entre rehabilitar y restaurar en sus metas y estrategias; la primera hace énfasis en la reparación de procesos del ecosistema, productividad y servicios, entre tanto las metas de restauración incluyen además el reestablecimiento de la integridad biótica preexistente en términos de composición de especies y estructura de la comunidad.

El término **remediación** se refiere a todas aquellas técnicas o actividades que tienen como finalidad eliminar las sustancias contaminantes que han sido vertidas en un medio físico como el agua, el suelo o el aire, ya sea que se encuentre conservado de forma natural o modificado por el hombre (INE, 2000). El objetivo es eliminar las sustancias contaminantes para poder reutilizar estos medios, y evitar que se difundan hacia otros sitios. Bradshaw (en Perrow y Davy, 2002) manifiesta que su énfasis es sobre los procesos más que sobre el punto final de alcance.

Aún cuando no está registrado en diccionarios de la lengua española actualmente, el término remediación es de dominio público por su traducción del inglés (remediation) ya que en Estados Unidos, Canadá y otros países de habla inglesa se ha usado para referirse a todas aquellas acciones de limpieza o eliminación de contaminantes en sitios afectados por esta actividad (Saval, 1998).

La remediación puede ser una estrategia complementaria para la recuperación de ecosistemas, esta asociada a procesos de mitigación de los efectos de la contaminación en el ambiente y es el primer paso para iniciar la recuperación de un ecosistema.

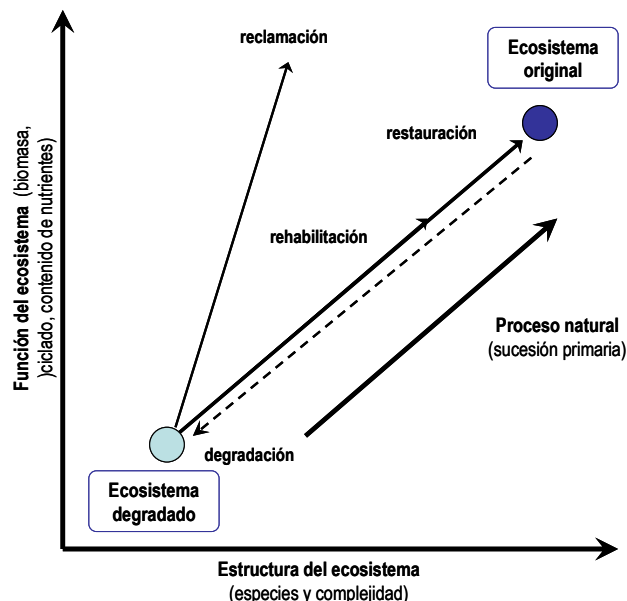


Figura 1. Las diferentes opciones para el mejoramiento de un ecosistema degradado pueden ser expresados en términos de sus dos principales características: la estructura y la función. La restauración implica retornar al sistema original y previo en ambos términos (modificado de Bradshaw 1987).

1.1.2. **Los niveles de organización de la diversidad biológica y la escala espacio-temporal de intervención**

Para lograr un mayor acercamiento a la comprensión de los sistemas biológicos diversos autores han planteado en la ecología una serie de niveles de organización de complejidad creciente en función de las llamadas propiedades emergentes (P. ej. Ricklefs 1987, Pickett *et al.* 1989, Risser 1995, Tilman 1996, Palmer *et al.* 1997, Tilman 1999, Loreau 2001, SER 2004, MWLAP en línea) y que facilitan tanto la comprensión de procesos como la forma de abordar su conservación. Para el desarrollo de la presente propuesta se plantea tener en cuenta los siguientes niveles:

- **Paisaje:** De acuerdo con Forman y Godron (1986), una extensión de terreno compuesta por una agregación de componentes que interactúan y que se repiten a través del espacio; complementariamente Zonneveld (1995) plantea el paisaje como un complejo de sistemas que simultáneamente forman una extensión de terreno reconocible formada y mantenida por acción mutua de factores abióticos, bióticos y humanos, y que puede concebirse como una escala espacial adecuada a la cual se pueden investigar procesos ecológicos (Farina, 1994).

- **Ecosistema:** Se puede considerar como la unidad ecológica coherente y relativamente autónoma en lo que se refiere a su red trófica y energética (Zunino y Zullini, 2003); es decir, está constituido por un medio físico (el biotopo, hábitat o ambiente), sus pobladores (la biocenosis o conjunto de seres vivos de distintas especies o población) y las interrelaciones entre ambos, todos ellos formando una unidad en equilibrio dinámico.
- **Comunidad:** Es entendida como un complejo de poblaciones heteroespecíficas que interactúan en un ámbito ecológico y espacio-temporal definido (Zunino y Zullini, 2003) y que se mantiene en un estado de equilibrio dinámico.
- **Población:** Es un conjunto de individuos homoespecíficos que interactúan entre sí, también desde el punto de vista reproductivo, y con la comunidad de la que forman parte de la manera más estricta de lo que ocurre con otras poblaciones de la misma especie. Su distribución espacial (poblaciones de la misma especie) está limitada por la anisotropía del medio ambiente (Zunino y Zullini, 2003).
- **Especie (biológica):** Es un conjunto aislado reproductivamente de poblaciones que pueden cruzarse entre sí porque comparten los mismos mecanismos de aislamiento (Mayr, 1991).

Es así, como la investigación en conservación se soporta adoptando esta aproximación jerárquica para la evaluación y seguimiento ecológicos considerando la composición y estructura a través de las escalas descritas anteriormente (especies, comunidades/ecosistemas y paisaje) (*sensu* Noss 1990; Franklin 1993; Kremen *et al.*, 1994; Furze *et al.* 1996; Soberón *et al.* 2000). Este tipo de estudios se pueden enfocar en el uso de indicadores de biodiversidad a través de los tipos de paisaje, beneficiado desde el conocimiento local de la “naturaleza” de los hábitats naturales (Agrawal y Gibson 2001), su utilidad para las poblaciones locales (P. ej. Kremen *et al.* 1998; Crumley 1994) y en el potencial para la restauración de la biodiversidad en grandes áreas.

De igual manera, la diversidad biológica se distribuye en una variedad de escalas geográficas (p. ej., de metros cuadrados a miles de hectáreas) necesarias de ser integradas a los múltiples niveles de organización biológica anteriormente detallados; de acuerdo con Poiani *et al.* (2000) entender estas

relaciones escala-nivel es clave para la conservación y el desarrollo de estrategias de manejo efectivas.

Los sistemas ecológicos, sociales y económicos revelan diferentes características en el espacio y el tiempo. Un árbol no juega el mismo papel en una comunidad a los 5, 50 o 500 años, así como, un bosque no cumple igual función en 500 o 5000 o 50000 hectáreas. Debido a que los sistemas que se pretenden sostener revelan diversas características en cada escala, idealmente, se debe supervisar para su sostenibilidad una variedad de escalas (Allen y Hoekstra 1994).

Durán *et al.* (2002) describen las dimensiones cuya delimitación permite comparar sistemas de acuerdo a la magnitud de sus diferencias; así, convencionalmente los estudios en ecología se ubican en tres dimensiones: la microescala, la mesoescala y la macroescala, enmarcadas en una escala espacial (hectáreas a miles de kilómetros cuadrados) y temporal (años a decenas de siglos), que funcionan juntas para formar comunidades y ecosistemas.

En un ecosistema procesos y estructuras ecológicas son multiescalares; demuestran características en una variedad de escalas, y ambos responden a los disturbios que pueden ser inducidos naturalmente o antropogénicamente (Harris 1994). La articulación entre estructura y procesos, la definición de una escala apropiada de observación de los objetivos de manejo, la necesidad de los estudios de línea de base, y la evaluación y seguimiento a múltiples escalas, son algunos de los problemas que requieren de una creciente atención para favorecer el diseño de estrategias acertadas de conservación y restauración de hábitats (Lewis *et al.* 1996).

Es necesario entonces, establecer – al menos preliminarmente- una propuesta para la definición inicial de escalas de estudio dentro del Programa de Evaluación y Seguimiento, para lo cual se ha tomado como base lo expuesto por Poiani y Ritcher (2000) con una perspectiva de casi exclusiva de manejo, así:

- **Escala local o microescala**

En ella los procesos que se estudian no son muy predecibles debido fundamentalmente a la baja persistencia y alta variabilidad de los sistemas biológicos, debido en parte al límite y la baja extensión espacio-temporal de los datos; en esta escala existe un gran número de variables que explican un

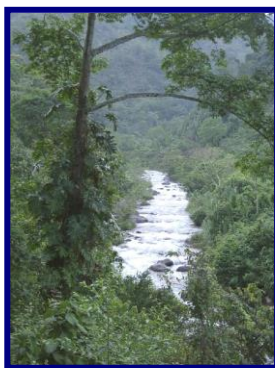
proceso, por tanto los fenómenos que suceden en esta escala tienen gran variabilidad y poca generalidad (Galicia y Zarco, 2002).



Se pueden incluir las áreas que están por debajo de varias hectáreas, donde queden incorporados por ejemplo a nivel de especies aquellas de movimiento y dispersión limitados cuya distribución está restringida a una comunidad o ecosistema.

Quedarían cubiertas inicialmente áreas que corresponden a comunidades y “parches pequeños” (a partir del concepto de parche en ecología del paisaje) que se consideraran de tamaño reducido y bien definidas (p. ej. pantanos, humedales, claros de bosque) y que ocurren como resultado de factores físicos y regímenes ambientales específicos (como filtraciones de agua y salientes rocosas); segmentos de quebradas o ríos, lagos pequeños individuales o partes de lagos más grandes con características como ser relativamente homogéneos en lo que respecta al régimen hidrológico, morfología, química y temperatura y que potencialmente contienen comunidades biológicas únicas.

- **Escala intermedia o mesoescala**



Aquí se abordan las comunidades y ecosistemas en áreas muy superiores a las de la escala local, definidos: a) mediante una relativa uniformidad de estructura, composición y factores físicos estables (p. ej., posición topográfica); y b) mediante regímenes dinámicos de disturbio (p. ej., inundación por ríos y transporte de sedimentos) tales como los mosaicos riparios, que con frecuencia están constituidos por diferentes clases de parches que se desplazan y reacomodan a través del tiempo y el espacio.

Pertenecen a esta escala por ejemplo las especies que dependen de un sólo parche de varios tipos de hábitats distintos, se incluirían ente los objetivos de restauración (es decir, aquellas especies, comunidades o sistemas que deseamos recuperar) por ejemplo sistemas de drenaje de ríos (abarca arroyos del primer al tercer orden, riachuelos, humedales y lagos pequeños de cabecera) o secciones de ríos mayores que consisten de varios tipos de macrohábitats, o especies que dependen de varios tipos de macrohábitats, como pueden ser el principal canal de un río, las áreas inundadas y los humedales.

- **Escala regional o macroescala**



Tanto los factores socioeconómicos como los factores abióticos juegan importantes roles en la determinación de la estructura del paisaje, lo que define la forma de cambio en el uso de la tierra. Debido a estos factores y su interacción, es que la problemática en el paisaje debe abordarse sabiendo que se trata con estados dinámicos y no estáticos. Una de las herramientas más importantes para estos estudios dinámicos (espacio y tiempo) son los datos de imágenes de satélite y los sistemas de información geográfica, cuya utilización se ha incrementado en el tiempo (Turner 1989).

La predicción de los cambios en el uso de la tierra en un paisaje determinado es muy importante para el manejo sostenible. En muchas circunstancias se hace necesario llevar un determinado uso de la tierra a un uso más sostenible o en un determinado caso acelerar el proceso de sucesión secundaria. Además, tanto los estudios como los modelos amplían la información necesaria para la toma de decisiones efectivas (Boyce y MacNab 1994).

La información a nivel de paisaje, así como las herramientas necesarias para su ejecución (p.e. imágenes de satélite, sistemas de cómputo, expertos, etc.) son escasas en nuestro medio. Por lo tanto, tales restricciones deben ser consideradas para el desarrollo del PEyS, ya que de lo contrario la capacidad para hacerlos y su utilidad práctica podría verse disminuida.

Otro aspecto a tener en cuenta para garantizar el éxito de un proceso de restauración tanto a nivel social, como ecológico y de inversión estatal a largo plazo, podría ser considerar *áreas de*

intervención funcionales (a partir de Poiani y Ritcher 2000), es decir áreas mínimas que permitan generar un mayor impacto y equilibrio entre las tres variables: a) participación de organizaciones locales que fortalezcan y garanticen el proceso en el tiempo; b) recursos necesarios acordes con manejos presupuestales de entidades ambientales a cargo (disponibilidad, plan de inversiones, etc.); y c) efecto en recuperación y mantenimiento de especies, comunidades y/o sistemas de interés focal y procesos ecológicos que los sustentan.

Igualmente se propone adecuar como **tipos de áreas de restauración ecológica funcionales**, el concepto de **sitios funcionales** propuesto por Poiani y Ritcher (2000) para procesos de conservación. Estos pretenden conservar ciertos ecosistemas, comunidades o especies en una o dos escalas por debajo de la escala regional, donde los objetivos de restauración ecológica serían relativamente poco complejos; en contraste, los **paisajes funcionales**, abordarían la restauración en un gran número de ecosistemas, comunidades y especies en todas las escalas por debajo de la escala regional (es decir, micro, meso y macroescala); siendo aquellos donde sería posible restaurar la mayoría de componentes, patrones y procesos clave.

Desde este contexto de paisajes funcionales debemos integrar procesos ecológicos y culturales como una realidad que se representa en la heterogeneidad de un territorio y se muestra como un aspecto fundamental en la restauración ecológicas y cultural, de las múltiples relaciones hombre-naturaleza, donde se reflejan la identidad y diversidad de cada territorio.

Se podría pensar entonces ya en procesos a tal escala que incluyan la Estructura Ecológica Principal de Bogotá, e interpretar esta herramienta de gestión desde el contexto de las **redes funcionales** o un conjunto integral de sitios y paisajes funcionales diseñados para conservar especies, comunidades, y/o ecosistemas a nivel regional (continuidad cerros – sabana). Los sitios o paisajes que forman las redes funcionales pueden distribuirse en forma contigua a lo largo de una o más regiones para restablecer procesos ecológicos a largo plazo.

Inicialmente, se parte de auspiciar y hacer un mayor énfasis en la restauración ecológica de paisajes funcionales (y sitios funcionales que se enfocan en la biodiversidad en escalas múltiples) lo cual mejoraría drásticamente la eficiencia y efectividad de los proyectos de restauración ecológica al generar un mayor efecto, que intervenir muchos sitios dispersos en una área muy amplia; ello implica

igualmente por ser exponencialmente más complejos, una mayor comprensión y medición, lo cual requerirá de recursos sustanciales.

1.1.3. **Los atributos primarios de la diversidad biológica.**

Los atributos primarios de la biodiversidad reconocidos por Franklin año (en Noss 1990) fueron: **composición, estructura y función**. La composición es la identidad y variedad de elementos (incluye listas y medidas de la riqueza de especies y de la diversidad genética). La estructura es la organización física o el patrón del sistema (incluye la complejidad de hábitats, abundancias relativas de las especies, patrón de distribución de hábitats, etc.). La función comprende los procesos ecológicos y evolutivos de los ecosistemas (incluye flujo genético, disturbios, interacciones, etc.). Por tanto, los objetivos, metas e indicadores dentro del PEyS se deberán plantear en función de ellos.

Múltiples factores pueden alterar los atributos en un ecosistema. Los grandes cambios en el ambiente físico-biótico como son la pérdida de superficie y fragmentación de ecosistemas, se ve reflejada por ejemplo, en la pérdida de conectividad, la creación de bordes sobre el hábitat o el aislamiento de fragmentos; lo cual provoca dinámicas muy diferentes sobre las poblaciones biológicas que allí se sustentan (Terborgh 1989, Whitcom *et al.* 1981 en IAvH 2005). Estos factores afectan la composición y abundancia de las especies de un ecosistema e incrementan su vulnerabilidad (Klein 1989, Carvalho y Vasconcelos 1999, Gascon *et al.* 1999 en IAvH 2005).

Al perder el ecosistema su habilidad para recuperarse en forma natural (Bradshaw 1983) los daños ocasionados al mismo provocan su degradación. La meta de un proceso de restauración en este orden será la recuperación de los atributos de la biodiversidad del ecosistema predisturbio (Bradshaw 1987; MacMahon 1997) y dependiendo de la intervención a realizar se permitiría recuperar alguna de las tres o su conjugación, de allí que a partir del objetivo de restauración se logre utilizar conceptualmente alguna de las alternativas palnteadas previamente (rehabilitación, remediación, recuperación).

1.1.4. **Restauración ecológica y conservación de ecosistemas.**

En procesos ambientales la palabra integración es clave; y de acuerdo con el Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2001) significa *formar las partes un todo*. Gómez Orea (1999), plantea que las partes de ese todo pueden ser: a) los diversos factores y procesos que forman el sistema ambiental; b) las actividades humanas y su entorno; y c) las actividades humanas que

intervienen en el sistema. Plantea igualmente que integrar significa incorporar sensibilidad, conocimiento y compromiso ambiental a los procesos de toma de decisiones, y de esta forma adoptar una nueva forma de entender los problemas: *fruto de una interacción*, y de enfocar sus soluciones.

Consciente de que el territorio del Distrito Capital es un territorio ocupado y en constante crecimiento, donde cada vez se incorporan más áreas (el concepto de región) en sus alrededores al proceso de desarrollo (oferta de suelo urbano), y los impactos ambientales son cada vez más evidentes tanto como las angustias políticas del distrito para resolverlos, se hace necesario plantear estrategias que se estructuren desde el contexto regional e integren las áreas objeto de conservación, restauración y preservación, en procesos que vinculen lo urbano y lo rural como un solo territorio manejado de forma sustentable, donde las “...decisiones relacionadas con la gestión ambiental ponderen criterios sociales, técnicos, económicos y ecológicos...” de acuerdo con el Plan de Desarrollo Distrital 2004-2008.

Ya desde el Plan de Gestión Ambiental 2001-2009, el Distrito se proyecta como un territorio armónico y equilibrado, conformado por un espacio urbano y otro rural, integrados funcionalmente en lo económico, social y cultural. Tal integración se logra, gracias a la consolidación de un sistema de ordenamiento que brinde las condiciones necesarias para mantener estructural y funcionalmente, toda la diversidad ecológica, social y cultural que caracteriza al territorio Distrital.

Tales tendencias de “regionalización” de la Capital nos lleva a considerar desde cualquier ámbito dicho contexto y entre ellos los procesos de planeación. Diversos autores (p. ej. Solue y Wilcox 1986 y Noss 1991 en Arango *et al.* 2005) han propuesto el desarrollo de la planeación regional para la conservación de la naturaleza y se hace relevante para el presente ejercicio establecer inicialmente una definición de *región* de forma que se facilite la comprensión del concepto integral.

Es así como, se adoptará para este documento la definición establecida por la Real Academia Española de la Lengua (DRAEL 1977 en Arango *et al.*, 2005): “*Porción de la superficie determinada por caracteres étnicos o circunstancias especiales de clima, producción, topografía, administración, gobierno, etc.*”; y de acuerdo con lo propuesto por Arango *et al.* (2005), **planeación regional para la conservación** puede definirse como: “*Plan de acciones a largo plazo ejecutadas en extensiones geográficas amplias para establecer redes de áreas de conservación bajo distintas categorías de manejo con la participación del Estado y la sociedad civil*”.

Esta definición contextualiza la realidad del Distrito Capital: la necesidad de un plan de acción para mejorar las condiciones medioambientales y garantizar la sostenibilidad del territorio a largo plazo, de iniciar y dar continuidad a procesos de conservación regionales y con estrategias que incluyan diversas categorías de manejo del territorio, la participación del Estado y la sociedad civil.

La restauración ecológica puede verse entonces como un aspecto dentro de un proceso de manejo y conservación de un territorio de forma integral. Young (2000) expresaba la necesidad de entender que la restauración ecológica (en el largo plazo) y la conservación de la biodiversidad (en el corto plazo) son actividades complementarias que formarán las bases de nuestro ya atrasado esfuerzo por salvar el desastre que se ha ocasionado con la intervención humana.



La naturaleza compleja y dinámica de los sistemas naturales y el conocimiento que de ella se ha adquirido con el tiempo a partir de las ciencias naturales y sociales, han resaltado la necesidad de conservar la biodiversidad en un ecosistema o contexto paisajístico para también conservar los procesos ecológicos que la sustentan; es allí donde la restauración ecológica hace su entrada y como plantea Young (2000), puede proveer un conocimiento benéfico y profundo a problemas actuales de conservación.

La restauración ecológica puede verse –incluso– como un concepto complementario al de desarrollo económico de las comunidades (Ross y McRobie, 1989), como una estrategia relevante particularmente en aquellas regiones donde el capital natural ha sido drásticamente disminuido y las diversas actividades que rodean a estos procesos (de restauración) pueden proveer una serie de beneficios bajo la integración de lo económico, lo social y los objetivos ambientales, y

facilitar lo que en el Plan de Desarrollo Distrital 2004-2008 se establece como *la gestión en recuperación, conservación y crecimiento de la estructura ecológica principal y del sistema Distrital de espacio público*.

1.1.5. ***El Manejo Adaptable (MA) y la investigación en ecología.***

Múltiples marcos conceptuales han sido desarrollados para mejorar los resultados de manejo, muchos de forma notable en el campo del manejo adaptable activo (Walters 1986; Parma *et al.* 1998). En particular, el MA es un proceso para evaluar cómo están las fases del plan o programa establecido en función de los objetivos previstos y utilizar así estas evaluaciones como base para el refinamiento de las fases futuras del mismo (NRC, 2004) como parte de un proceso de “aprender haciendo”; la evaluación y seguimiento cuidadoso de los resultados obtenidos permite avanzar en la comprensión tanto de los aspectos científicos como sociales implicados en el programa establecido y así lograr una aprendizaje **iterativo** (p. ej. Ringold *et al.* 1996; NRC 2004).

El MA es una aproximación que incluye *metodología científica en el diseño, ejecución y evaluación de estrategias de manejo*. Los demás componentes esenciales se construyen basados en los métodos de un amplio rango de disciplinas, que incluyen las ciencias naturales y sociales y reconoce la importancia de las estructuras institucional y social en las decisiones de manejo y políticas (Sabine *et al.* 2004). Bajo el MA quienes se encargan del manejo usan la mejor información viable para tomar decisiones pero pueden siempre estar cuestionando y procurando oportunidades para entender como se puede mejorar para cumplir las metas del plan (Atkinson *et al.* 2004).

El uso de la metodología científica para manejar, en términos de diseñar, de planear, de poner en ejecución, y de los programas de la evaluación, permanece como uno de los ingredientes claves en el MA (Moir y Block 2001; Fulé *et al.* 2001). Las acciones de manejo se miran como factores que se manipulea para distinguir entre hipótesis alternas. Los efectos de las acciones de manejo sobre el sistema se miden en lo referente a los objetivos preestablecidos, donde se incluyen la complejidad entera de interacciones sociales, políticas y ambientales. Dichas acciones se articulan con la ecología cuando se utiliza el conocimiento de esta última para alcanzar un efecto deseado (Sabine *et al.* 2004).

La presentación inicial del MA como paradigma en la gerencia de recursos naturales fue en los años 70, cuando fue ofrecido como una manera de ayudar a tomadores de decisiones, reducir la incertidumbre y hacer estrategias de gerencia capaces de responder a los acontecimientos inesperados NAS (2004), de acuerdo con Holling (1978) como una respuesta al uso continuado de los limitados recursos naturales.

Hay múltiples visiones y definiciones con respecto al MA, pero los elementos que se han identificado en teoría y en la práctica de acuerdo con NAS (2004) son: a) los objetivos del manejo son visitados regularmente y por consiguiente revisados; b) un modelo(s) del sistema que es manejado; c) una gama de opciones de manejo, evaluación y seguimiento y evaluación de resultados de las acciones del manejo; c) mecanismos para incorporar lo aprendido en las decisiones futuras, y d) una estructura de colaboración para la participación conjunta y el aprendizaje; donde el MA ofrece un marco para su integración y promueve el aprender por experiencia, conocido entre nosotros como el “aprender haciendo”.

La puesta en práctica del MA también proporciona el potencial de responder de una manera oportuna a las condiciones que cambian, a los objetivos sociales, y al nuevo conocimiento. Puede por lo tanto ayudar a evitar errores costosos o irremediables y consecuencias involuntarias (NAS 2004). Al reconocerse a la restauración como una ciencia con un nivel de incertidumbre, se considera prudente permitir las contingencias para tratar los problemas durante o después de la puesta en práctica del proyecto de restauración.

Según FISRWG (1998) el MA no es "*un manejo de ajuste*" es una manera de establecer hipótesis tempranas en la planeación y entonces tratar el proceso de restauración como un experimento para probar hipótesis. El MA requiere que todas las acciones del proceso de recuperación de un ecosistema estén vistas, puestas en ejecución y supervisadas en dichas hipótesis asociadas a la(s) respuesta(s) del ecosistema a las acciones de la restauración. El MA confía así fuertemente en la retroalimentación lograda con la evaluación y seguimiento de los resultados para determinar el éxito de las actividades de manejo (Walters 1986 en Block *et al.* 2001; Gibbs *et al.* 1999).

El MA considera a las acciones de manejo del territorio como oportunidades de aprendizaje y como experimentos potenciales para poner a prueba de manera sistemática los supuestos e identificar los ajustes que podrían beneficiar un proyecto. Permite que el mismo evolucione para encarar necesidades cambiantes o no anticipadas y puede ayudar a asegurar que el proyecto realice sus metas a largo plazo (CCBA 2005 en línea).

El marco del MA estructura el manejo en una serie de etapas bien definidas (figura 2) con un ciclo completo que es repetido en el tiempo. El proceso de identificación y definición de los objetivos de

manejo (en la fig. 2, pasos 1, 2, 3 y 4) es un elemento fundamental de los programas y se itera y refina después de la modelación inicial. Siguiendo el modelo inicial del sistema y los panoramas alternativos de manejo (en la fig. 2, pasos 2, 3 y 4) se pueden diseñar experimentos que prueben hipótesis específicas relacionadas con las estrategias particulares de manejo (Sabine *et al.* 2004).

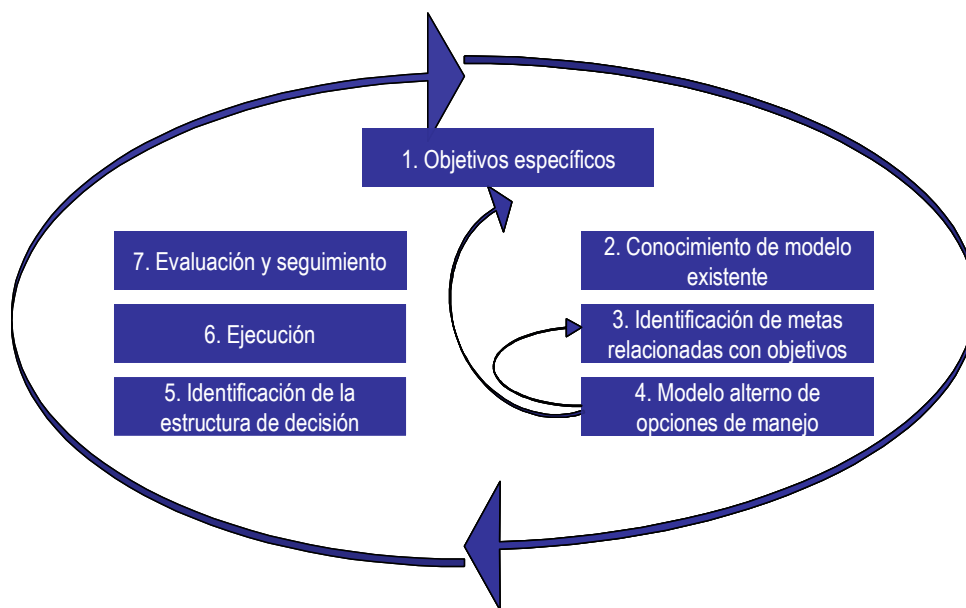


Figura 2. El proceso de MA (figura adecuada de Sabine *et al.*, 2004).

Sabine *et al.* (2004) afirman, que aun cuando el acercamiento a un MA es una combinación de metodologías científicas y de análisis sociales y políticos, puede fallar en muchas etapas. Semejante a cualquier otro procedimiento científico es particularmente vulnerable a: a) Planeamiento y diseño inadecuados (incluyendo preguntas inadecuadas y malentendidos de manejo entre encargados y científicos de qué se puede lograr); b) Datos inadecuados (p. ej. datos que conducen a comprender procesos en el sistema); c) Conocimiento inadecuado de cómo trabaja un sistema, en particular en lo referente a las acciones de manejo; y d) Perseverar impropiamente en términos de la evaluación y seguimiento (ver figura 2).

Los mejores resultados para una cercamiento al MA implica una serie de pasos formalizados, estructurados dentro de un ciclo de manejo que incluyen: a) extensa colaboración entre los diversos grupos de gente implicada en o afectada por el manejo; b) modelar ambos sistemas, el que se está manejando y los panoramas alternativos del manejo; c) simular la evaluación y seguimiento en lo

referente a objetivos; d) tomar decisiones entre una gama de opciones de manejo; e) ejecutar, seguir y evaluar las opciones alternativas de manejo; y f) determinar los resultados del manejo en relación con las metas específicas iniciales (Sabine *et al.* 2004).

Walters y Holling (1990) definieron tres maneras generales de estructurar el MA: a) ensayo y error; b) MA activo, y c) MA pasivo; de los cuales se propone para el desarrollo del PEyS la estrategia de MA activo que utiliza los datos disponibles y las interrelaciones claves para construir un rango de modelos de respuesta alternativos (escenarios) que son utilizados para predecir respuestas a corto y largo plazo basados en experimentos a pequeña y gran escala. Los resultados combinados del desarrollo de experimentos y escenarios pueden ser utilizados por los tomadores de decisiones para elegir entre opciones de alternativas de manejo e identificar las mejores estrategias.

De acuerdo con Sabine *et al.* (2004), ambos MA e investigación ecológica utilizan experimentos de campo para tratar preguntas específicas; si el MA puede contribuir a aumentar el conocimiento ecológico dependerá de las preguntas que el primero conteste en función del diseño. El uso solamente de MA no garantizará que el aprender ecológico resultará de este acercamiento al manejo. Las etapas individuales de un ciclo pueden ser aplicadas aisladamente y aún tener éxito en lo referente a las metas de este paso en particular; no es la panacea para los problemas de manejo a gran escala, pero siendo un acercamiento formal y más riguroso puede dar lugar a una aproximación más transparente y repetible del manejo.

1.1.6. La evaluación y seguimiento como parte de los proyectos de restauración ecológica

La restauración de ecosistemas es un campo relativamente nuevo que incorpora técnicas de una variedad de otras disciplinas, con un marco conceptual que se esta desarrollando para aproximarse a la restauración en la práctica (Hobbs y Norton 1996; Hobbs y Harris 2001); es fundamental para la realización del plan de restauración desarrollar una serie de pasos sistemáticos que de acuerdo a la SER (2004) incluyen como mínimo (ver más específicamente en Clewell *et al.* 2000):

- a) Una clara explicación de las razones por las cuales es necesaria la restauración;
- b) Una descripción ecológica del sitio designado para la restauración;
- c) Una declaración de metas y objetivos del proyecto de restauración;

Documento Programa de evaluación y seguimiento a la restauración en el D.C.

- d) La designación y descripción del sistema de referencia;
- e) Una explicación de como la propuesta de restauración se integrará al paisaje y sus flujos de organismos y materiales;
- f) Explicitar los planes, cronogramas y presupuesto de las actividades de preparación, instalación y post-instalación, que incluya la estrategia para hacer rápidamente y en el mediano plazo correcciones;
- g) Haberse desarrollado y explicitado los estándares de cumplimiento, con protocolos de evaluación y seguimiento mediante los cuales puede evaluarse el proyecto;
- h) Definirse estrategias de protección y mantenimiento al largo plazo del ecosistema restaurado;
- i) Y donde sea posible, establecer parcelas control dentro del proyecto forma tal que se puedan hacer comparaciones con el ecosistema restaurado.

El proceso de evaluación y seguimiento claramente facilita la información necesaria, los documentos cronológicos y otros aspectos en la continuación de la restauración; provee además, enseñanzas que son utilizadas en esfuerzos futuros similares (Landin 1995). Incrementa nuestra comprensión sobre la función y los umbrales de respuesta de los ecosistemas, y provee conocimientos sobre cuales prácticas son efectivas.

Este proceso de evaluar y seguir las actividades de restauración no ha sido acentuado en el pasado y ha sido una tendencia a repetir tratamientos sin cuestionarse su eficacia o aplicabilidad en diferentes zonas biogeoclimáticas (Clewel y Rieger, 1997). La realidad del Distrito Capital no es ajena a esta afirmación.

En una experiencia piloto de restauración ecológica (a partir de los criterios de Pickett y McDonnell 1989; FISRWG 1998; Holl 1996; Holl *et al.* 2000; Holl y Cairns Jr. 2002) se pueden identificar fundamentalmente dos fases: I) Diagnóstico Ecológico; y II) Planeación, ejecución, evaluación y seguimiento (misma que es el aspecto de interés del presente documento). Thom y Wellman (1996), consideran que es en ella donde puede ser concebido un Programa de Evaluación y Seguimiento (PEyS) -en la planeación- cuando se desarrollan las metas y los criterios de cumplimiento del proyecto.

El término frecuentemente utilizado a nivel distrital en contraste a Evaluación y Seguimiento es "Monitoreo" un anglicismo ("Monitoring") definido como *"una vigilancia intermitente (regular o irregular) realizada para comprobar el grado de cumplimiento con un estándar predeterminado o el grado de desviación de una norma prevista"* (Hellawell 1991).



En este documento se interpreta el término “Monitoring” como evaluación y seguimiento. En ecología se hace típicamente para determinar el cambio o tendencia en uno o más recursos. Como tal, determina la dinámica del recurso, no solamente su estado, y requiere repetidos muestreos de la(s) variable(s) de interés que permiten medir el cambio o la tendencia (Block *et al.* 2001).

Un Programa de Evaluación y Seguimiento, debe contar con una serie de principios, entre los que se pueden incluir:

- a) Ser orientado a partir de preguntas, objetivos y metas específicas.
- b) Determinar si se logran las metas de restauración.
- c) Ser realizado a largo plazo.
- d) Ser interdisciplinario; debido a la gran complejidad que representa el estudio de componentes bióticos, abióticos y sociales en un ecosistema.
- e) Estar definido en múltiples escalas de tiempo y espacio para obtener datos que caractericen la variabilidad y los procesos en un ecosistema.
- f) Incorporar sitios de referencia y/o control dentro del Programa.
- g) Ideal en su desarrollo, un compromiso interinstitucional, para fortalecer la sostenibilidad del proyecto.
- h) Incorporar diseño experimental, control de calidad y de documentación del proceso.

La evaluación y seguimiento a los procesos ecológicos permite aumentar la comprensión sobre la función y respuesta de los sistemas naturales, tanto como profundizar en aquellas prácticas que son más eficaces a partir de los objetivos y metas de restauración preestablecidas; de acuerdo con Landin (1995) proporciona la información necesaria, los documentos cronológicos y otros aspectos del desarrollo de la restauración, así como lecciones aprendidas para ser utilizadas en futuros esfuerzos similares que según Block *et al.* (2001) se validan a través del desarrollo y enlace a un estudio adecuadamente diseñado.

Sin embargo, es importante aclarar que evaluación e investigación son conceptos diferentes. El primero, de acuerdo con TNC (1999) utiliza un buen diseño de muestreo dentro de los apremios de

poblaciones y sitios para determinar estado y tendencias. La investigación entre tanto evalúa causa y efecto con un diseño experimental riguroso que incluye generalmente manipulaciones naturales o útiles, con dos o más tratamientos que se aplican y replican independientemente, y una rigurosa hipótesis de prueba. La evaluación puede sugerir causas y efectos, pero no evalúa tales relaciones con el mismo grado del rigor.

Pero si lo que se pretende es evaluar el éxito del proceso de restauración entonces ¿Qué se considera una restauración exitosa? Muchos autores afirman que la restauración es el test definitivo de la Ecología (Ewel en Jordan *et al.* 1987) en la que siempre se gana. Si la restauración funciona, se habrá recuperado parte de la naturaleza; si la restauración falla, entonces se puede aprender mucho sobre los procesos ecológicos (siempre que se logre averiguar qué falló).

Ewel (op.cit) introduce cinco criterios que permitirían hipotéticamente comprobar si la restauración se ha completado con éxito. Es muy posible que, debido a su coste, sea una quimera llevarlos a la práctica, pero desde luego sirven para ayudar a comprender qué es lo que se pretende restaurar.

a) *Sostenibilidad*. Si la comunidad viva restaurada se perpetúa a sí misma sin ayuda del hombre como ocurre con la agricultura o los campos de golf.

b) *Invasibilidad*. Los sistemas poco naturales son bastante susceptibles a invasiones biológicas y las invasiones son síntoma de que en los ecosistemas hay un uso incompleto de luz, agua y nutrientes. Este principio es válido para ambientes continentales pero se debe aplicar con cautela en los entornos insulares, donde ya existe una mayor invasibilidad por razones biogeográficas.

c) *Productividad*. El sistema restaurado debe ser tan productivo como el original (la producción neta no es fácil de medir en muchos ecosistemas).

d) *Retención de nutrientes*. Todos los ecosistemas están abiertos al flujo de nutrientes, pero unos más que otros. Si el sistema final pierde más que el original, entonces no se ha restaurado convenientemente.

e) *Interacciones bióticas*. Difíciles de estudiar en su multiplicidad, pero se pueden localizar las más esenciales (polinización, asociaciones para fijar fósforo o nitrógeno, etc.). En la práctica estas interacciones se hacen notar precisamente cuando faltan y constituyen un buen indicador.

La SER (2004) plantea tres estrategias para conducir una evaluación: *comparación directa*, *análisis de atributos* y *análisis de trayectoria*. En la comparación directa, los parámetros seleccionados se determinan o se miden en los sitios de referencia y de restauración. El acercamiento más satisfactorio puede ser seleccionando cuidadosamente una serie coherente de rasgos que describan colectivamente un ecosistema completamente, aún brevemente.

En el análisis de atributos, estos se pueden determinar a partir de la lista que proporciona la SER (ver en www.ser.org la sección 3 de la cartilla de restauración ecológica 2004). En esta estrategia, los datos cuantitativos y semi-cuantitativos de inventarios de evaluación y seguimiento y otros programas son útiles en la definición del grado que se ha alcanzado en cada meta.

Finalmente, el análisis de trayectoria es una estrategia prometedora aún en desarrollo para interpretar grandes sistemas de datos comparativos. En esta estrategia, los datos recogidos periódicamente en el sitio de restauración se trazan para establecer tendencias; tendencias que conduzcan hacia confirmar que la restauración está siguiendo la trayectoria indicada a la condición de referencia prevista (SER 2004).

Las evaluaciones incluyen de manera obligatoria cualesquiera metas y objetivos indicados a nivel cultural, económico y demás concernientes a la sociedad humana. Para ello las técnicas de valuación pueden incluir a las ciencias sociales. La evaluación de metas socioeconómicas es importante para los tomadores de decisiones y en última instancia a los generadores de políticas que definen cuando o no autorizar y financiar proyectos de restauración

A su vez, un PEyS implica una serie de pasos y de lazos de retroalimentación diseñados para contestar algunas preguntas básicas, a saber: ¿Por qué, qué, cuando, dónde, y cómo hacer una evaluación y seguimiento? Estos pasos incluyen (modificado de Block *et al.* 2001): a) fijar las metas del proceso de evaluación y seguimiento; b) identificar el recurso(s) para realizar la evaluación y seguimiento; c) establecer un punto de partida; d) desarrollar un diseño de muestreo; e) la recolección de datos; f) el análisis de los datos; y g) la evaluación de los resultados (figura 3).

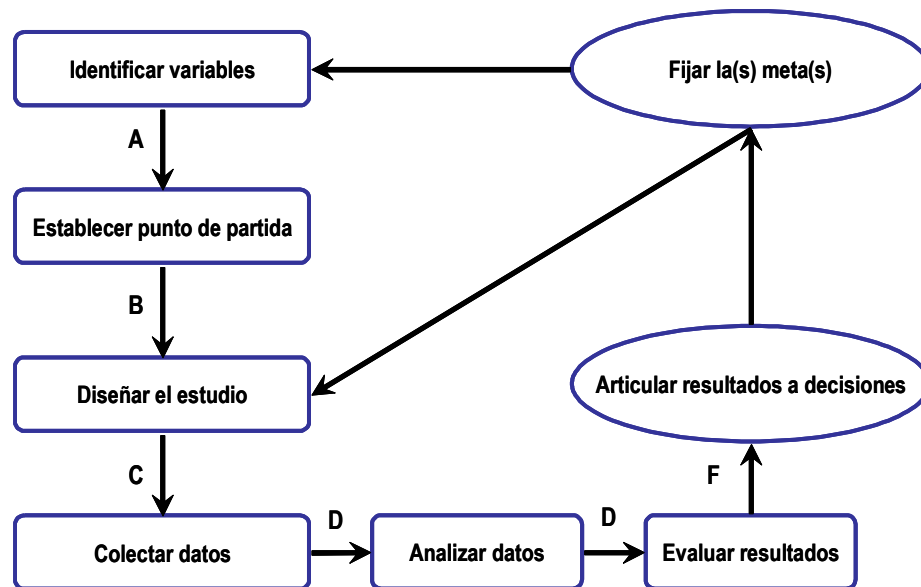


Figura 3. Diagrama de flujo de pasos que implica un programa de evaluación y seguimiento. Las letras de A a F muestran los puntos de retroalimentación mediante la evaluación de métodos y resultados parciales (manejo adaptable) (modificado de Block *et al.*, 2001).

Una vez que los resultados de la evaluación y seguimiento se han obtenido y evaluado, la primera pregunta a realizarse es: ¿las metas fijadas fueron alcanzadas? es decir, ¿el PEyS demuestra que la restauración fue eficaz o se debe modificar la prescripción de la restauración para obtener resultados más aceptables?. El proceso se enuncia en siguientes capítulos más ampliamente.

La retroalimentación que se dispone en los primeros pasos de la evaluación y seguimiento de un proyecto de restauración se utiliza para modificar o para refinar las prácticas establecidas, y promueve el éxito de las mismas en un cierto plazo. Puede también dar lugar a una mayor eficacia y a costos

más bajos asociados al planeamiento, a la puesta en práctica, y/o a la evaluación de proyectos futuros (figura 4) (Machmer y Steeger, 2002).

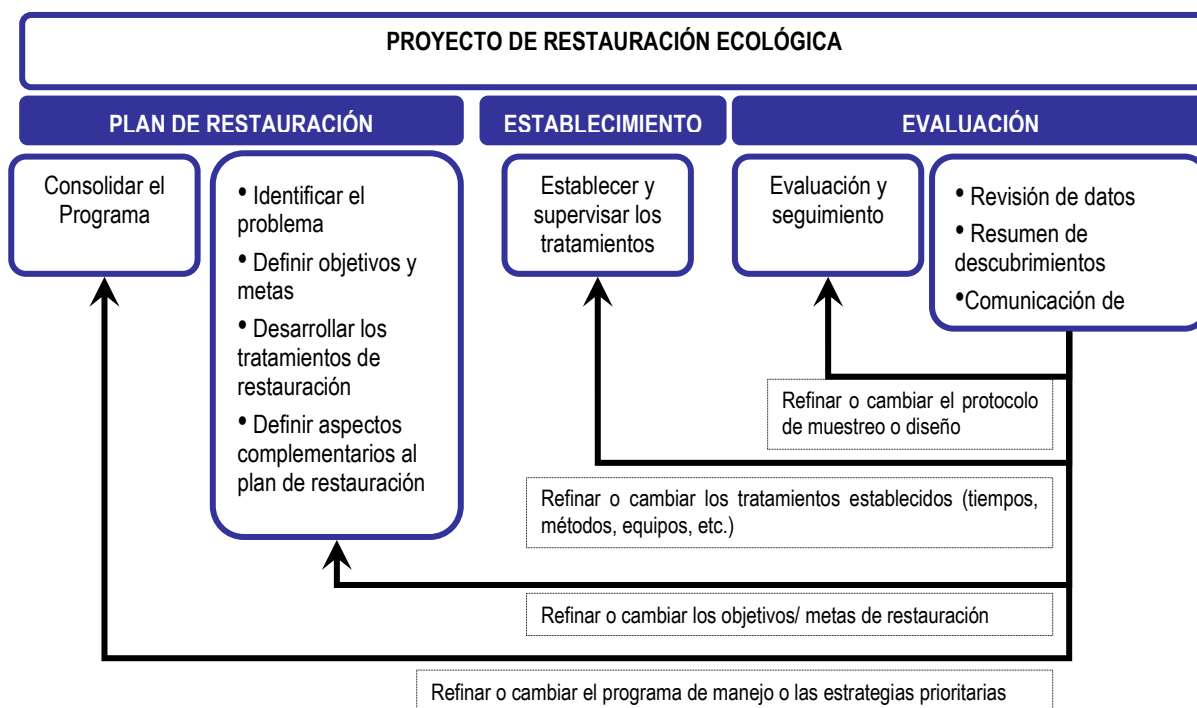


Figura 4. El papel un programa de evaluación y seguimiento “de eficacia” en un marco de MA en un proyecto de restauración (modificado de Gaboury y Wong 1999 en Machmer y Steeger, 2002).

Lo que se busca en una evaluación y seguimiento es generalmente desarrollar una estimación científicamente defendible del estatus y tendencias de los recursos (P. ej. vida salvaje), y determinar si las prácticas de manejo son sostenibles para dichos recursos o si pueden estar cambiando (Gibbs *et al.*, 1999). Autores como Noss y Cooperrider (1994) y Morrison y Marcot (1995) coinciden en afirmar que la “evaluación y seguimiento” se puede clasificar en cuatro categorías que se traslapan: *establecimiento*, *eficacia*, *validación*, y *cumplimiento*. Marcot *et al.* (2002), así como la ONRC (2000) plantean solamente las tres categorías iniciales. Los primeros autores aseguran, que los dos tipos particularmente relevantes para la restauración son *establecimiento* y *eficacia*. La primera se utiliza para determinar si una acción dirigida de manejo se ha realizado según lo diseñado y llevado a cabo como una revisión de campo sin incluir medición alguna; la segunda para determinar si la acción alcanzó el objetivo final (MacDonald *et al.* 1991).

La evaluación y seguimiento de eficacia (ESE_f), orienta la pregunta de cuán exitoso ha sido esencialmente un proyecto en restaurar el ecosistema o alguna de sus partes componentes, en relación con las metas y objetivos iniciales (Noss y Cooperrider 1994; Morrison y Marcot 1995). La ESE_f es un componente considerado crítico para acercarse al manejo adaptable en restauración de ecosistemas o cualquier otra actividad de manejo de recursos (Taylor *et al.* 1997; Morrison, 2001). Entre las mediciones típicas en esta categoría de evaluación Atkinson *et al.* (2004) citan:

- Condición y tendencia de los recursos (P. ej. datos cuantitativos sobre cobertura de especies, biodiversidad, estructura vegetal).
- Condición y tendencias de tensionantes conocidos (P. ej. contaminantes, disturbios).
- Efectos de las acciones de manejo sobre los recursos y los tensionantes conocidos (P. ej. medición de plantas invasoras antes y tras la aplicación de un tratamiento con herbicida durante un periodo de 1 a 5 años).

Machmer *et al.* (2002) proponen que la evaluación y seguimiento de eficacia (ESE_f) se diferencia de la de establecimiento (ESE_s) en que responde al “que también” (exactamente) fueron realizados los tratamientos (por ejemplo en términos de actividades finalizadas y recursos empleados), a partir de la propuesta inicial de restauración; la ONRC (2000), lo concibe como una evaluación que documenta el cumplimiento de las obligaciones o de la conformidad del contrato con regulaciones o leyes; sin embargo, los resultados del ESE_f pueden ser difíciles de interpretar o de aplicarse dentro de un contexto de MA si ESE_s no se conduce concurrentemente. Un plan de restauración ecológica debería entonces proporcionar los detalles de cómo ambos tipos de evaluación (ESE_f y ESE_s) serán tratados como parte de un acercamiento al MA en la restauración de ecosistemas.

Un tercer enfoque para complementar los niveles de la evaluación y seguimiento a procesos de restauración ecológica es la denominada evaluación y seguimiento de validación (ESV) (Block *et al.*, 2001), el cual está diseñado para evaluar las relaciones de causa-efecto entre las acciones y las condiciones resultantes del recurso (SRFB, 2003); puede operar (en el caso de particular de la recuperación del Salmón en el Estado de Washington, USA) sobre una escala a nivel de vertientes y dirigirse hacia establecer la causa y efecto relacionados con peces, hábitat, calidad y cantidad de agua, y las acciones de manejo relacionadas (SRF, 2002).

La ESV se ha definido típicamente como la evaluación de la exactitud del modelo en el cumplimiento o la predicción de eventos (MacDonald *et al.* 1991). Las discusiones recientes respecto a esta forma de evaluación se han centrado en la evaluación de si o no los organismos están respondiendo de una manera positiva a los tratamientos de la restauración (Botkin *et al.* 2000). En otros términos, la validación documenta la respuesta de la biota a las acciones de la restauración; idealmente establece relaciones de causa-efecto entre las acciones de restauración y la biota (ONRC 2000). En el contexto de la restauración de cursos de agua, por ejemplo, la validación se centraría en las respuestas de la vida dentro de la corriente a las actividades de la restauración (Collins, 2003).

La validación exige investigación pura y aplicada para probar formalmente las hipótesis o las asunciones subyacentes al desarrollo o diseño de tratamientos de restauración. Esto implicará a menudo una prueba comparativa de los tratamientos de restauración con controles y un cierto nivel de réplica para reducir la variación (Machmer y Steeger, 2002), que se exponen más adecuadamente en siguientes capítulos.

2. Capítulo 2

2.1. Planeamiento del Programa.

2.1.1. ***Definir metas y objetivos del Programa.***

La especificación de las metas en proyectos de restauración es frecuentemente descrita como el más importante componente de un proyecto, debido a que regulan las expectativas, orientan los planes detallados por acciones, y determinan la clase y extensión de la evaluación y seguimiento post-proyecto (Ehrenfeld, 2000). Las metas orientan el esfuerzo de restauración, optimizando esfuerzos, tiempo y personal asociado al proyecto.

En general para establecer metas de restauración se pueden adaptar algunas sugerencias realizadas por Morales *et al.* (1999), en lo referente a:

- a) Las metas deben ser establecidas al inicio del proceso de planificación. Un cronograma es indispensable: tal meta debe ser alcanzada en tal momento.
- b) Las metas deben ser claras (sin ambigüedades, inequívocas) y concisas. Preferentemente con resultados cuantificables. A menudo contienen palabras como mantener, mejorar, aumentar, etc.
- c) Las metas se pueden establecer a varios niveles. Ehrenfeld (2000) indica que como esfuerzo de conservación la restauración puede ser orientada alrededor de especies particulares, composición de comunidades, o ser centrada en ecosistemas y paisajes. También, pueden ser establecidas en términos de servicios del ecosistema.
- d) El proceso debe ser flexible, dinámico y adaptable.

Una vez las metas y objetivos del proyecto de restauración ecológica han sido establecidos, el PEyS puede ser desarrollado en conjunción con el desarrollo de las etapas siguientes en el planeamiento de la restauración ecológica, inicialmente con el planteamiento de metas y objetivos del PEyS. Es en definitiva el primer paso a seguir dentro de la estructuración del programa; según CONIF *et al.* (1999), la definición clara y concisa de metas y objetivos reflejan los componentes a tener en cuenta, los caminos a seguir y sobre todo lo que se espera obtener como resultado del programa.

Facilitar la puesta en práctica de un proyecto de restauración ecológica, necesita entonces establecer el porqué se realiza el proyecto, y dado que se busca fundamentalmente mejorar las condiciones

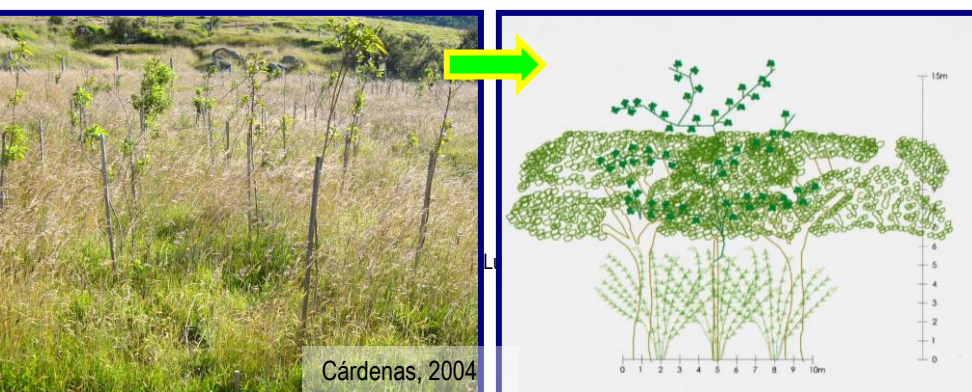
ambientales, metas, objetivos e indicadores claramente especificados son críticos al proceso de diseño del mismo y su respectivo programa de evaluación y seguimiento.

Una pregunta fundamental que todo practicante de la restauración se hace es ¿restaurar que?, dadas las características de dinámica y cambio permanente de los ecosistemas en el tiempo y el espacio. La meta entonces me ayuda a describir o definir la condición futura deseada en el sitio a restaurar, lo cual exige claridad de acuerdo con MWLAP (2005, en línea) en aspectos como la escala de la restauración, los procesos de sucesión ecológica, y los conceptos de régimen natural de disturbio y rango natural de variabilidad.

La SER (2004) establece que una apropiada planeación del proyecto de restauración procura satisfacer las metas claramente indicadas que reflejan las cualidades importantes del ecosistema de referencia. Así mismo, que las metas son logradas persiguiendo objetivos específicos; las metas son ideales, y los objetivos son medidas concretas tomadas para lograr estas metas. La respuesta a las preguntas de evaluación: ¿Los objetivos fueron logrados? y ¿Las metas fueron satisfechas? gana validez solamente si la meta y los objetivos fueron indicados antes de la puesta en práctica del proyecto.

El fin del programa de evaluación y seguimiento es medir el funcionamiento del proyecto concerniente a las metas del mismo. Cada proyecto de restauración es, en cierto punto, una imagen mental de aquellas personas que participan en su desarrollo y que incluye características como la distribución de la vegetación, el agua, y la presencia de fauna. Esta visión es la meta sobre la cual se basa el ecosistema restaurado. Requiere la capacidad de lograr un cuadro mental claro de una condición futura deseada para el ecosistema, y de transportar este cuadro a otros.

Las metas deben ser fundamentalmente realistas. Metas tales como "se restaurará la composición genética del sistema a las condiciones predisturbio," aunque teóricamente es realizable, sería muy complejo de evaluar. Así mismo, una meta como "restaurar la biodiversidad natural de un sitio" puede ser interpretada de diversas maneras por diversas personas.



En restauración son tan importantes las metas biológicas o ecológicas como las que expresan los valores sociales y culturales. Clewell *et al.* (2000) plantean que las metas son los ideales que un proyecto de restauración procura alcanzar, y en el caso de metas referentes a valores sociales y culturales se pueden prescribir mientras son congruentes con la meta fundamental de restablecer un ecosistema funcional. Los valores sociales que en parte son económicos, pueden consistir en la producción de mercancías (p.p. ej. madera o forraje en los sitios restaurados), o pueden abarcar servicios naturales (p.p. ej. protección de áreas de recarga, atenuación de erosión y sedimentación, reducción del nivel de ruido, disponibilidad de oportunidades recreativas y turismo). Incluyen encantos estéticos y el renacimiento de ambientes históricos como aspectos a preservar en el patrimonio cultural.

En términos del planeamiento del Programa de Evaluación y Seguimiento, los objetivos según Doorman (1998) son una condición deseable u orientan hacia qué podría ser dirigido el esfuerzo; implican la planificación a largo plazo y la consideración de múltiples valores y actitudes. Aunque los objetivos no tienen que ser fácilmente realizables en el corto plazo, necesitan ser realistas, y ser consistentes con diferentes visiones (organizaciones, comunidades, etc.) tanto como que se encuentren dentro de los límites de la legislación relevante; de acuerdo con Clewell *et al.* (2000), los objetivos son las actividades específicas que se emprenderán para la satisfacción de las metas del proyecto, y deberán ser explícitos, posibles de ser medidos, y tener un tiempo definido.

Gibbs *et al.* (1999) consideran que los objetivos (en el marco del manejo de vida silvestre) describen específicamente un cierto estado deseado de un indicador apropiado que el manejo piensa resolver, y estos objetivos entonces orientan qué debe ser medido, donde y cuan frecuente la medida se debe hacer; sin embargo, muchas actividades de “supervisión” se inician en los programas de manejo sin primero ser definido lo que se espera lograr haciéndolas.

De acuerdo con Elzinga *et al.* (1998) para que los objetivos sean realistas y puedan ser medidos deben incluir los siguientes componentes: a) qué será evaluado; b) el área geográfica donde será evaluado; c) la medida específica del indicador que será medido; d) la respuesta esperada del indicador para manejo (incrementar, decrecer o permanecer estable); e) la magnitud del cambio esperado; y f) el tiempo definido durante el cual se espera se manifieste la respuesta al manejo.

En un proyecto de restauración ecológica se pueden establecer diferentes tipos de objetivos dentro del PEyS; tomando como referencia lo expresado por la NPS (2005, en línea), se pueden definir: a) objetivos de manejo; b) objetivos de muestreo; y c) objetivos de “supervisión”; el primero, de acuerdo con Elzinga *et al.* (1998) tiene al menos dos tipos: (1) objetivos blanco/entrada (p.p. ej. aumentar el tamaño de la población de la especie A en 5000 individuos; mantener el sitio C libre de las especies invasoras X y Y); y (2) objetivos de cambio/tendencia (p. p. ej., disminuir la frecuencia de la especie invasora X en un 30% en el sitio C).

Para el caso de los objetivos de muestreo, estos se escriben generalmente como objetivos que acompañan a los de manejo o “supervisión”. Especifican información tal como niveles blanco de precisión, las tasas de error tipo I y II aceptable, y la magnitud de cambio que se esperan detectar. Un ejemplo puede ser que se desea tener un 90% de seguridad en detectar un cambio del 40% en la densidad de un ave y estar dispuestos a aceptar una ocasión del 10% de decir que hubo un cambio cuando realmente no lo hubo.

Los objetivos de “supervisión” explican “qué hará el protocolo”, y le pone a menudo límites de lo que será incluido en la “supervisión” especificando áreas, especies, o medidas particulares del estudio; por ejemplo, el determinar la extensión de área, distribución y abundancia de las especies de plantas exóticas seleccionadas en un área definida en intervalos de dos años.

Los objetivos se evalúan con base en los estándares de cumplimiento, también conocidos como criterios del diseño o criterios del éxito (Clewett *et al.*, 2000). Estos estándares o criterios se conciben en gran parte de la comprensión del ecosistema de referencia. Los estándares de cumplimiento proporcionan una base empírica para determinar si han sido logrados o no los objetivos del proyecto. Si la interpretación de los datos recogidos durante la evaluación y seguimiento demuestra que se han

resuelto los estándares de cumplimiento, se considera que los objetivos del proyecto fueron alcanzados, y se asume que las metas del proyecto han sido alcanzadas.

Sin embargo, la entera validez de esta asunción no siempre está garantizada (SER, 2004), puesto que los objetivos y los estándares de cumplimiento que fueron señalados pueden demostrar ser inadecuados, y los acontecimientos ambientales inesperados pueden desviar la trayectoria de la restauración. Por esta razón, y puesto que las metas son los ideales que resisten una estricta medición empírica, el juicio profesional y la subjetividad es inevitable en la evaluación de las metas.

Los ecosistemas definitivamente son complejos, y no hay dos ecosistemas intactos idénticos, por lo menos no cuando se examinan a un nivel de resolución fina. Por esa razón, ningún ecosistema restaurado en el sitio del proyecto puede ser idéntico a cualquier sistema de referencia en particular. El número de variables del ecosistema que se pueden utilizar en una evaluación es demasiado grande para que todo sea medido dentro de un período de tiempo razonable. La selección de cuales variables determinar y cuales ignorar requiere del pragmatismo y juicio de valores del evaluador (SER; 2004).

2.1.2. *Desarrollar un modelo conceptual de acuerdo a las condiciones de la escala espacial definida por el proyecto de restauración ecológica.*

De acuerdo con Jeffers (1991) un modelo es una expresión formal de las relaciones entre las entidades definidas en términos matemáticos o físicos; es una aplicación de las matemáticas al mundo real, en este caso la ecología. El término “formal” indica que la expresión final debe poder hacer predicciones que se puedan experimentar. Su utilización tiene entre otras razones la necesidad de encontrar maneras simples de expresar las relaciones entre las entidades básicas en la resolución de un determinado problema, con el uso de un lenguaje capaz de hacer abstracciones en la complejidad del sistema que se intenta entender.

Los principales factores que controlan el desarrollo y el mantenimiento de la estructura de un hábitat, las características importantes del mismo, y las funciones para las cuales el será restaurado se identifican en el modelo conceptual. De esta información, los parámetros para la evaluación y seguimiento pueden ser seleccionados más fácilmente. El modelo y los datos conceptuales de la línea de base proporcionan un listado de parámetros que se podrían seleccionar para la medición.

Ahora, un modelo conceptual puede resumir nuestra comprensión actual de la función de un ecosistema o comunidad, de la historia de vida de una especie, clarificando respuestas a las acciones de manejo y presiones (P. ej. tensionantes, causas de cambio). Un punto importante es que las mismas metas y modelos conceptuales que informan la estrategia de conservación deben también conducir el desarrollo de los programas de manejo y evaluación y seguimiento. Los modelos conceptuales enfocados en problemas que articulan objetivos a causas de cambio y a las actividades de manejo son particularmente provechosos para el manejo adaptable y proporcionan un puente clave desde la estrategia de conservación al manejo y evaluación y seguimiento (Atkinson *et al.*, 2004).

Los modelos conceptuales expresan ideas sobre los componentes y los procesos considerados importantes en un sistema, documenta las asunciones sobre cómo los componentes y los procesos son relacionados, e identifican vacíos en nuestro conocimiento, son hipótesis de funcionamiento sobre la forma y la función del sistema (Manley *et al.* 2000). Se convierten en el fundamento de todo diseño, manejo y actividades de evaluación y seguimiento de un proyecto; se construye en principio para presentar una imagen del área del proyecto antes del inicio del mismo, que luego se adapta para reflejar las condiciones locales del sitio y finalmente se usa para identificar y jerarquizar las amenazas claves contra la biodiversidad que el proyecto tratará de abordar (Margoluis y Salafsky, 1998).

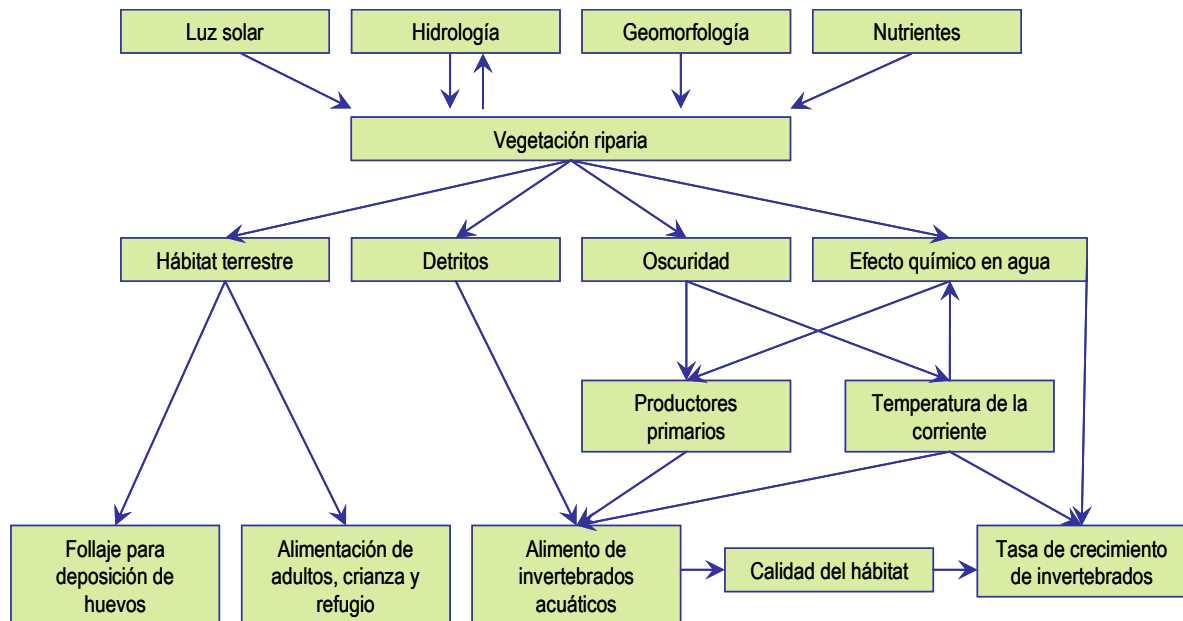
Es pues, una herramienta útil para desarrollar acoplamientos entre las metas y los parámetros que se pueden utilizar para determinar un funcionamiento. De hecho, un modelo conceptual es una herramienta útil a través del proceso del planeamiento, porque ayuda a los individuos que planean el proyecto de restauración a identificar: a) conexiones directas e indirectas entre los componentes físicos, químicos, y biológicos de los ecosistemas; y b) componentes principales sobre los cuales se enfocan los esfuerzos de restauración y evaluación y seguimiento.

Dado la complejidad de los sistemas naturales y de la variedad enorme de factores que influyen los procesos naturales, hay una necesidad obvia de modelos conceptuales que ayude a organizar la información y dar sentido a componentes e interacciones del sistema. Las fallas relevantes en el desarrollo de los programas de “evaluación y seguimiento” se han atribuido en reiteradas ocasiones a la ausencia de modelos conceptuales adecuados que articulen los componentes dominantes del sistema y sus interacciones (NRC, 1995).

De acuerdo con Gross (2003), los modelos conceptuales pueden así:

- Formalizar la comprensión actual de los procesos y dinámicas del sistema
- Identificar acoplamientos entre procesos a través de los límites disciplinarios
- Identificar los límites y alcances del sistema de interés.

Los modelos conceptuales pueden tomar cualquier combinación de formas, entre ellas, narrativas, tablas, matrices de factores, diagramas de cajas y flechas (ver ejemplo figura 5). La tabla y las matrices proporcionan medios convenientes de resumir cantidades grandes de información, incluyendo interacciones entre los componentes. Los diagramas son generalmente necesarios para comunicar claramente acoplamientos entre los sistemas o los componentes del sistema. La narrativa describe el diagrama, justifica las relaciones funcionales en la (s) figura(s), y cita las fuentes de información y de



datos en las cuales se basan los modelos.

Figura 5. Ejemplo de modelo conceptual en un proyecto de restauración de zonas riparias (modificado de Mitsch y Gosselink 1993, en Thom y Wellman, 1996).

Para desarrollar un modelo conceptual, se han adaptado los principios establecidos por Gross (2003), Thom y Wellman (1996), y Jeffers (1991), a una serie de pasos que no siempre deben seguir el orden secuencial siguiente:

- preliminarmente es importante *lograr dos tipos de información*: a) ejemplos de modelos conceptuales para ayudar a formular su modelo, pues ayuda a proporcionar una orientación y a recordar las conexiones que deben ser consideradas; y b) conducir estudios de línea base para ayudar a formular su modelo, dado que proveen información sobre las condiciones existentes, orientan las acciones requeridas para iniciar el proceso de restauración, apoyando así el diseño del mimos tanto como del PEyS.

Ahora sí, ¡a formular su propio modelo conceptual! Los principales factores que controlan el desarrollo y el mantenimiento de la estructura de un hábitat, las características importantes del mismo, y las funciones para las cuales él será restaurado se identificarán en él. De esta información, los parámetros para la evaluación y seguimiento pueden ser seleccionados más fácilmente. El modelo y los datos conceptuales de la línea base proporcionan un listado de parámetros que se podrían seleccionar para la medición.

- *Definición del problema.* El modelo se desarrolla fundamentalmente para resolver problemas definidos antes de haber considerado el tipo de modelo a utilizar como base de la investigación o proyecto. Ayuda a si mismo, a que los objetivos originales se concreten en cuestiones precisas que la investigación o proyecto debe intentar responder. Es necesario aclarar que la definición original del problema no suele ser correcta al primer intento, por lo que normalmente los límites iniciales establecidos para el problema deben ser modificados. De allí la relevancia del manejo adaptable desde el inicio del proceso.
- *Indicar claramente la(s) meta(s) del modelo conceptual.* Las metas fundamentales para el modelo conceptual incluirán probablemente: a) sintetizar la comprensión de la dinámica del ecosistema; b) proporcionar un marco conceptual firme para la selección de indicadores; c) identificar e ilustrar las relaciones entre los indicadores y los procesos claves del sistema y las variables; d) proporcionar medios claros de ilustrar subsistemas importantes y componentes del sistema e interacciones; e) facilitar la comunicación sobre dinámica del sistema y el PEyS entre las personas de interés (personal, encargados, técnicos, comunidad, etc.).

- *Identificar los límites de sistemas y subsistemas de interés.* Al trabajar con un grupo multidisciplinario será importante establecer una visión común de los límites espaciales y temporales relevantes, así como los componentes más importantes del sistema. Los límites del modelo se definen en función de aspectos espaciales, temporales, y disciplinarios. ¿Cuál es el espacio físico que se deben representar para incluir todos los factores importantes, y cuál la escala de tiempo que debe ser considerada?.

Algunos sistemas no se pueden limitar claramente (P. ej. las zonas costeras marinas, las fuentes de la deposición atmosférica), y una definición explícita de los límites espaciales no es posible de manera realista. Algunos factores necesitan ser considerados como entradas externas fuera del alcance del modelo, incluso si se evalúan (P. ej. calidad del aire en algunas áreas). Todas las áreas son influenciadas por factores mayores (cambio global), pero estos conductores y los tensionantes pueden ser entradas al modelo fuera de los límites del modelo conceptual.

- *Identificar los componentes, los subsistemas, y las interacciones dominantes del modelo.* Un campo común difícil en comenzar este proceso es identificar un marco teórico que ayude a descomponer un sistema complejo en un sistema de piezas menos complejas. En este contexto, la teoría de la jerarquía puede ayudar. La teoría de la jerarquía proporciona una base teórica fuerte para construir modelos que se ligan de una manera coherente (O'Neill et al. 1986, Allen y Hoekstra 1992, citados por Gross 2003). En resumen, la teoría de la jerarquía (en relación a ecosistemas) postula que la mayoría de los sistemas complejos tienen una estructura vertical y horizontal, y el sistema complejo se puede descomponer en un sistema de elementos menos complejos.

Los niveles verticales son caracterizados por diversas tazas y (generalmente) escalas espaciales. En cada nivel del interés (un nivel de organización, podría ser un individuo, una población, una comunidad, o ecosistema entero), niveles más altos proporcionan un contexto y obligan o controlan niveles más bajos, mientras que los mecanismos y los componentes que explican un patrón se contienen dentro de niveles más bajos.

- *Identificar tensionantes naturales y antropogénicos.* La SER (2004) señala como tensionantes, aquellos procesos dinámicos externos en origen tales como fuegos, inundaciones, vientos destructivos, tormentas, heladas, y sequías, que tensionan la biota,

al cual en un ecosistema debe ser resistente a los acontecimientos normales de tensión que ocurren periódicamente en un ambiente local. Los tensionantes sirven para mantener la integridad del ecosistema, previniendo el establecimiento de otras especies que no se adaptan a esas condiciones de tensión. En “ecosistemas culturales”, las actividades mediadas por humanos tales como quemas o pastoreo califican como tensionantes.



Para Gross (2003) los tensionantes causan cambios significativos en componentes, patrones y procesos ecológicos en sistemas naturales. Otros ejemplos incluyen retiro del agua, uso de pesticidas, cosecha de madera, emisiones del tráfico, acidificación de corrientes, pisoteo, cambio en el uso del suelo, y contaminación atmosférica.

El producto generalmente de esta tarea es un sistema de listas y/o de matrices que tabulan los tensionantes con una narrativa que resume los resultados.

- *Describir las relaciones de tensionantes, factores ecológicos, y respuestas.* la meta de este paso es integrar la comprensión de la dinámica y los tensionantes del sistema en modelos “de tensionantes” que comunican claramente acoplamientos entre los conductores, tensionantes, respuestas ecológicas, y atributos del ecosistema. El intento del “modelo de tensionantes” es comunicar claramente los acoplamientos directamente relevantes al PEyS.

Una vez más un sistema jerárquico estructurado de modelos puede prever un marco de alto nivel que abarque un sistema de modelos pequeños, simples, y específicos. Los modelos que incluyen también muchos sistemas (P. ej., animales, agua, plantas) tienen generalmente solamente conexiones vagas entre los indicadores y los procesos ecológicos. Los modelos de tensionantes necesitan tratar específicamente un área o una cualidad que puedan ser medidas. Puesto que la escala de atributos y tensionantes incluye una gama enorme de escalas, será probablemente necesario desarrollar modelos en diversas escalas y con diversos niveles de la resolución.

- *Articular preguntas claves o acercamientos alternativos.* Las preguntas y las hipótesis alternativas sobre la función del sistema pueden presentarse durante la construcción de los modelos, y dado que los modelos son una representación o una realidad incompleta, la necesidad del detalle o del enfoque cambiará con el tiempo; razón por la cual hipótesis y modelos alternativos hacen también parte de la base de un programa de manejo adaptable de eficacia.

Ambas, pueden estimular la discusión sobre opciones alternativas de manejo, y proporcionar la justificación para la investigación futura. Si estas hipótesis alternativas tienen consecuencias importantes para dirigir las acciones de manejo, pueden identificar las variables dominantes que deben ser parte del PEyS.

- *Identificar y priorizar indicadores.* Este paso no es realmente parte del proceso de desarrollar modelos conceptuales, sino que se enumera aquí puesto que es un paso clave en el desarrollo del PEyS, y dará lugar probablemente a la revisión de los modelos conceptuales. Después de que se selecciona una lista de indicadores, se necesitará revisar los modelos conceptuales y asegurar que ellos tratan adecuadamente todos los indicadores.

Los marcos conceptuales son cruciales para estructurar la información que se requiere para reconocer patrones de desarrollo, identificar necesidades y prioridades, definir políticas e ejecutar acciones. La ausencia de marcos conceptuales genera datos incompatibles, información difícil de usar, y multiplicación de conjuntos de indicadores que son difíciles de ajustar (Winograd *et al.* 1999).

Los autores Robles y Luna (1999) plantean que en proyectos medioambientales para evaluar los cambios, resulta útil contar con parámetros referenciales de opciones significativas de lo que puede considerarse como impacto y que la construcción de una tipología o marco para evaluar el impacto es absolutamente relevante y debe responder a los fines y objetivos del programa o proyecto. Dicha tipología debe ser especificada de acuerdo al tipo de impacto que se desea y del medio en que se inscribe; entonces, proponen su elaboración en términos de: a) parámetros (aspecto a retomar en el punto 2.1.4.); y b) un sistema de indicadores (variables e Indicadores).

Inicialmente es necesario definir lo que es un indicador. La OECD (1994) lo define de manera general como una variable o un valor derivado de un conjunto de variables que proveen información sobre un

fenómeno que no se mide directamente, y cuya significación va más allá de las propiedades directamente asociadas con el valor de la variable. Es una unidad de información medida sobre el tiempo que documenta cambios específicos. Entre su principales funciones propuestas por [Ortiz et al. \(2004\)](#), están:

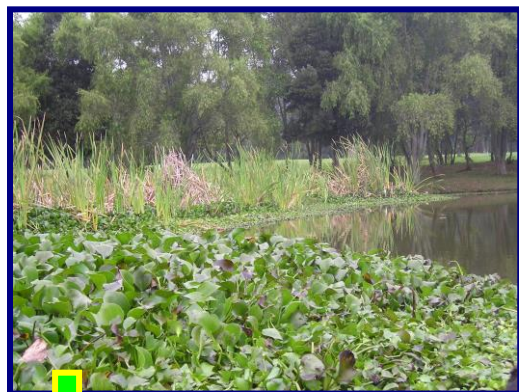
a) Minimizar el número de medidas y variables requeridas para conocer una situación. Un grupo muy grande de variables conllevaría costos innecesarios de información para la realidad objeto de seguimiento. Por el contrario, un grupo muy pequeño de ellas podría ser insuficiente para proveer la información que se considera relevante.

b) Simplificar los procesos de comunicación de los resultados al usuario. Una vez conocido y aceptado un indicador, los usuarios pueden emplearlo sin necesidad de estar explicando permanentemente su significado, de manera equivalente a la incorporación de nuevos vocablos en un idioma. Claro ejemplo de ello son los indicadores económicos de devaluación, inflación o desempleo, cuya enunciación, por sí sola, conlleva un significado apropiado por los técnicos y por la ciudadanía en general.

Debido a que los indicadores "cuantifican y simplifican información sobre aspectos complejos que a menudo derivan de investigaciones técnicas, son dependientes de un propósito, y están abiertos a interpretación" (UNEP, 2001), deben cumplir una serie de criterios o requisitos que permitan garantizar su adecuado uso, así como la orientación de las acciones de manejo propuestas. En ese contexto, los criterios que se enuncian seguidamente se fundamentan

en lo propuesto por diversos autores (Margoluis y Salafsky 1998, [Ortiz et al. 2004](#), y USDA 2004), así:

- *Ser medible*. Es posible registrarlo y analizarlo en términos cuantitativos o cualitativos.
- *Ser preciso*. Es definido de la misma manera por todas las personas.
- *Ser consistente*. No cambia con el paso del tiempo de forma que siempre mide la misma cosa.
- *Ser sensible*. Cambia proporcionalmente en respuesta a los cambios reales en la condición o concepto que mide.



El Buchón de Agua (*Eichhornia crassipes*) es una especie que cubre rápidamente amplios sectores del espejo de agua y contribuye a secar y colmatar el mismo.

De forma complementaria, Ortiz *et al.* (2004 citando a Sarmiento *et al.* 2000, Rudas *et al.* 2002 y Rudas 2003) define igualmente una serie de criterios de selección para indicadores dentro del sistema de indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad Nacional y que pueden ser relevantes para el caso del PEyS, así:

- *Simplicidad*: el indicador debe ser comprensible y aplicable por diversos usuarios. Para lograr este criterio, sus resultados se deben mostrar en diferentes modos de presentación: los valores estimados como producto de la aplicación de la fórmula de cálculo; la conformación de clases, agrupando los valores en niveles alto, medio y bajo; y la distribución espacial.
- *Validez*: el indicador debe cumplir las características técnicas para garantizar que efectivamente está midiendo lo que quiere mensurar. Este criterio se alcanza mediante la conceptualización clara y explícita de la definición del indicador, su pertinencia y fórmula de cálculo.
- *Disponibilidad*: el indicador debe contar para su cálculo con información disponible o susceptible de ser generada con base en recursos disponibles. De esta forma, se prioriza el diseño de indicadores viables en términos de su medición, y se identifican indicadores para ser incorporados a futuro, ante la imposibilidad de contar con la información requerida para su estimación.
- *Replicabilidad*: el indicador puede medirse y verificarse de manera consistente y sistemática, con base en información claramente identificable, a la cual se le aplique los criterios de definición, pertinencia y fórmula de cálculo, que deben quedar adecuadamente sintetizados en la respectiva hoja metodológica. Así, el resultado dependerá de la realidad y no del encargado de realizar la medición.
- *Comparabilidad*: el indicador puede ser medido en diferentes escenarios temporales (en un mismo período de tiempo) y espaciales (dentro de un mismo ámbito geográfico). Ello permitirá establecer comparaciones entre áreas geográficas y entre períodos de tiempo, para identificar similitudes y diferencias.

La importancia de generar un sistema de indicadores apunta a la necesidad de que para evaluar se requiere un tipo y cantidad básica de información, que dependerá de las características específicas de cada proyecto de restauración y del PEyS; . Robles y Luna (1999) exponen como punto de partida para la construcción de un sistema de indicadores:

- a. Significado de los conceptos utilizados.
- b. Descripción del tipo de acción.
- c. Rasgos esenciales de la situación inicial que da origen a la situación o proceso evaluado (línea de base).
- d. Propósitos que se desean alcanzar (delimitación de la situación deseada).
- e. Ámbito de intervención, factores que la favorecen o dificultan.

Adicionalmente, se pueden responder una serie de preguntas para facilitar el proceso de selección de indicadores, y que de acuerdo con la USDA (2004) pueden ser: a) ¿es relevante para el sitio y el tratamiento?; b) ¿es sensible al cambio de modo que lo pueda detectar dentro del tiempo ajustado en el PEyS?; c) ¿es mensurable con los métodos disponibles que se pueden utilizar?; d) ¿esta sujeto a sesgos individuales u organizacionales?; y e) ¿es capaz de ser medido por los métodos profesionalmente aceptados y comprensibles?.

La cantidad y calidad de la información requerida está determinada por el fin, alcance y momento del PEyS. Robles y Luna (1999) enfatizan en que esto significa que una evaluación con fines exploratorios posiblemente requerirá un cúmulo de información menor que una evaluación analítica, que supone un estudio detallado de las variables que intervienen en el desarrollo del proceso; que de igual modo en la evaluación *ex-ante*, los datos necesarios girarán en torno a las condiciones mínimas requeridas para la ejecución de los procesos. En cambio, en una evaluación *concurrente* es fundamental conocer el manejo de los recursos involucrados y la organización para la ejecución. Mientras que en una evaluación *ex-post* hay que profundizar en los resultados o efectos obtenidos con la ejecución del proceso en su totalidad. Adicionalmente, es necesario contar con sistemas de indicadores que reflejen la *calidad del proceso* y no sólo el *logro de las metas* en términos cuantitativos.

Es entonces relevante tener en cuenta que en ocasiones un solo indicador posiblemente no de respuesta del proceso evaluado, así como cada proyecto de restauración ecológica significa una realidad específica y requiere por tanto de escalas diferentes de indicadores (o indicadores diferentes), según las características del área, las condiciones del sistema de referencia (que facilita la definición de criterios de evaluación), recursos disponibles y la variable a seguir.

En todo ello, lo que se busca con los indicadores es hacer un seguimiento al proceso de restablecimiento de la “salud del ecosistema”. Por este concepto se entiende desde Rapport *et al.* (1998), aquellos ecosistemas que están libres de conflicto y degradación, que mantienen su organización y autonomía en el tiempo, y son resistentes a las tensiones. Dicha “salud” se puede determinar mediante indicadores de vigor (productividad), organización y resiliencia (Mageau *et al.* 1995, Costanza *et al.* 1998 ^{a,b} en Patil, *et al.*, 2001).

Por ejemplo, en sistemas terrestres con tensiones Rapport *et al.* (1985) identificaron algunas características recurrentes que incluyeron el deterioro en la productividad primaria, ciclo nutrientes, reducción de la resiliencia, aumento de especies exóticas, predominio creciente de enfermedades, reducción de la biodiversidad, etc., usando aproximaciones a signos claves de deterioro del ecosistema (P. ej. biodiversidad, comunidades dominantes, etc.), y relacionando éstos con los datos sinópticos apropiados, proporcionan un retrato cuantitativo de la salud del ecosistema para cada contexto de paisaje.

El concepto “salud del ecosistema” integra las ciencias sociales, naturales, físicas y de la salud para proporcionar las bases que permiten la comprensión de ambientes a nivel regional (Patil, *et al.*, 2001).

Cada lugar tiene asociadas una serie de características naturales y humanas que definen la salud del ecosistema en el amplio sentido de la palabra. Factores inducidos por el hombre, de origen climático, geológico, hidrológico y biológico se combinan para producir una serie de funciones ecológicas, económicas y sociales que determinan su biocomplejidad y complejidad socioeconómica, tanto como las relaciones ecológicas y sociales son integradas (Patil, *et al.*, 2001).



La presencia en los ecosistemas de especies exóticas con comportamiento invasor es un indicador de su estado de salud (con diagnóstico crítico). La especie *Ulex europaeus* originaria del centro de Europa fue introducida a Bogotá con fines de apoyar la recuperación de áreas degradadas por explotación minera. Hoy hace parte del paisaje rural y suburbano de la ciudad.

Con el uso de indicadores debe ser posible detectar cambios en los sistemas en la escala espacial y temporal e integrar los aspectos socioeconómicos, culturales, institucionales, políticos y ecológicos al proceso que sean pertinentes para la toma de decisiones. Razón para tomar en cuenta el concepto de salud del ecosistema. Dado que la toma de decisiones en el PEyS implica un proceso dinámico que se lleva a cabo en varios niveles (citados anteriormente), cada nivel de este proceso requiere un tipo de información diferente, y a su vez una organización propia pero articulada de los indicadores.

Es así como, los indicadores variarán dependiendo de la naturaleza de la meta de restauración, y pueden ser seleccionados a partir de dos perspectivas, una intentar moverse lejos de un estado de degradación (P. ej. demostrar una mejora en la calidad del agua relativo a una condición pre-restauración), y otra es buscar acercarse a una cierta condición deseada (P. ej. demostrar que la calidad del agua está más cerca a los valores definidos para un sitio de referencia) (Palmer *et al.*, 2005) .

Dentro de los criterios establecidos por los anteriores autores (Palmer *et al.*, 2005) para definir estándares de éxito ecológico (en el contexto de la restauración de ríos), conviene que los indicadores deben ser medidos fácilmente, ser sensibles a las tensiones en el sistema, demostrar una respuesta fiable a la tensión (es decir, a las intervenciones de restauración) y que idealmente integren.

Para abordar la restauración se incorpora al marco conceptual la jerarquía ecológica incluye elementos funcionales, de composición y estructurales que cuando están combinados definen el sistema ecológico y proporcionan un medio para seleccionar una serie de indicadores representativos de las características dominantes del sistema (ver Figura 6). Dale y Beyeler (2001) plantean que todo sistema ecológico tiene elementos de composición y estructura que surgen a través de procesos. Las condiciones características dependen de las funciones ecológicas dominantes que las sustentan y que a la vez producen elementos de composición y estructura adicionales. Si la articulación entre procesos, composición y elementos estructurales se rompe la restauración puede ser difícil y compleja.

COMPOSICIÓN	FUNCIÓN	ESTRUCTURA	
Presencia, abundancia, frecuencia, importancia, cobertura, biomasa, densidad	Demografía, cambio poblacional, fisiología, tasa de crecimiento, historia de vida, fenología, aclimatación, adaptación.	Heterogeneidad espacial; tamaño de parche, forma y distribución; fragmentación; conectividad.	Población/ Especie
Abundancia, frecuencia, riqueza y diversidad de especies y gremios; curva de diversidad dominancia; distribución de formas de vida; coeficiente de semejanza.	Biomasa, productividad, descomposición, parasitismo, predación, colonización, ciclo de nutrientes, sucesión, disturbio a pequeña escala.	Condiciones de sustrato y suelo; biomasa viva y muerta; claridad del dosel; presencia y distribución de agua y recurso.	Ecosistema/ Comunidad
Identidad, distribución, riqueza de tipos de parches	Persistencia de parches, tasa de ciclo de nutrientes y flujo de energía, erosión, procesos geomorfológicos e hidrológicos, disturbio.	Dispersión, rango, estructura de población, variabilidad morfológica.	Paisaje /Región

Figura 6. La jerarquía ecológica (de especie a paisaje) y algunas características claves de la composición, estructura y función en cada una de ellas (derivado de Noss, 1990 y Dale y Beyeler (2001).

Con el fin de optimizar el esfuerzo de restauración es importante ser conscientes de las limitaciones que pueden darse durante el planteamiento y desarrollo del proyecto. De entrada, el uso de indicadores ecológicos como una herramienta en el manejo de recursos tiene al menos tres aspectos que dificultan su adecuada utilización (Dale y Beyeler, 2001): a) los PEyS dependen de un número pequeño de indicadores y no pueden considerar a menudo la total complejidad del sistema ecológico; b) la selección de indicadores ecológicos se confunde en programas de manejo que cuentan con metas y objetivos a largo plazo vagos; y c) los programas de manejo y de evaluación carecen a menudo de rigor científico debido a su falta de utilización de protocolos definidos para identificar indicadores ecológicos adecuados.

Por esto, la necesidad de utilizar al menos una serie de indicadores representativos de la estructura, composición y función del sistema ecológico, que incorpore igualmente los componentes sociales e institucionales, para intentar generar un equilibrio entre la validez científica, la aceptabilidad política, la factibilidad técnica-económica, e inclusión social. El desafío está en derivar un sistema manejable de indicadores que juntos resuelven estos aspectos.

A continuación se plantean ejemplos de la articulación entre metas e indicadores. Si se tiene como meta general “incrementar las poblaciones de especies de plantas nativas y reducir las especies de plantas invasoras de hábito herbáceo”; especies nativas de hábito herbáceo y arbustivo son muy importantes en las primeras etapas de la sucesión del bosque en pastizales abandonados de los Cerros Orientales, y contribuyen en el incremento de la diversidad en este tipo de ecosistemas al proporcionar alimento y refugio a diversas especies de fauna, ayudan a proteger el suelo contra la erosión, entre otros.

Por otra parte, hay algunas plantas que no son nativas en estas áreas, y que se comportan como invasoras, asumiendo el control de las áreas en abandono y desplazando las nativas. Su presencia y dominancia pueden tener efectos negativos sobre el ecosistema pues compiten por recursos (espacio, luz, nutrientes, agua) con las plantas nativas, así como logran incorporar a la dinámica local fenómenos como el fuego en un sistema. Como indicadores para evaluar las plantas nativas e invasoras se pueden incluir la composición de especies de plantas y su cobertura.

Si es el caso de “conservar hábitats y poblaciones de especies de fauna” (USDA, 2004), hay dos clases de metas para la fauna como parte de un proyecto de restauración, dependiendo del tipo de proyecto a ejecutar. Si un proyecto es diseñado específicamente para restaurar hábitats para fauna, la meta estará en crear las condiciones que soporten animales nativos. En proyectos cuya meta no es la anterior, será minimizar los impactos negativos sobre la fauna.

La evaluación y seguimiento a cualquiera de estas metas es difícil porque muchos animales se ocultan de los seres humanos o son de difícil identificación. Por lo cual a menudo es necesario confiar en indicadores y medidas más indirectos. De acuerdo, con la USDA (2004) estos pueden incluir “indicadores de fauna” o condiciones del hábitat. Los indicadores de fauna son las especies animales que pueden ayudar a demostrar cambios en un ecosistema, entre los que se pueden citar: abundancia y composición de especies de aves y/o mariposas.

Las aves y las mariposas son particularmente indicadores útiles (relativa facilidad en identificación y captura) de cambios en las condiciones del bosque, tales como cantidad de luz o temperatura. El número de mariposas deben aumentar al haber un mayor número de especies de plantas florecidas que podrían resultar de un proyecto de restauración. Las condiciones del hábitat ayudan a demostrar si un área es adecuada para la fauna. Las condiciones del hábitat que pueden ser supervisadas

incluyen la densidad y tamaño de árboles vivos, composición y cobertura de plantas del sotobosque, densidad de plantas leñosas que producen semillas y frutos, y aberturas en el paisaje.

- *La revisión, modificación, y refinación del modelo.* Todos los modelos representan una abstracción incompleta de la realidad, y la mayoría de los modelos necesitarán ser revisados para acomodar las nuevas observaciones, información, o para resolver metas que cambian. La revisión planeada, periódica es la forma más clara de asegurar que los modelos conceptuales continúan reflejando el conocimiento actual. Durante la revisión, se deben considerar las representaciones alternativas que se presentan durante la construcción inicial del modelo, y hacer que los modelos sean repasados por responsables y personal científico del proyecto.

2.1.3. ***Elegir criterios de cumplimiento.***

Los criterios de cumplimiento son los estándares por los cuales se pueden evaluar aspectos mensurables u observables de otra manera del sistema restaurado y de tal modo indicar el progreso del sistema hacia satisfacer las metas previstas. Cuanto más cercano esta el lazo entre las metas y los criterios de cumplimiento, mejor es la capacidad de juzgar el éxito de los esfuerzos de la restauración. Los criterios se desarrollan generalmente a través de un proceso iterativo que implica listar medidas de cumplimiento en relación con las metas y el refinamiento de estas para llegar a un sistema de criterios más eficiente y relevante (FSRWG; 1998), formando la arquitectura conceptual de los sistemas bajo investigación.

De acuerdo con Clewell, *et al.* (2000) un estándar de cumplimiento (también llamado un criterio de diseño) proporciona evidencia inicial sobre si o no un objetivo ha sido logrado. Esta evidencia es recolectada al hacer el seguimiento acorde con un protocolo o una metodología prescrita. Los criterios definen un rango aceptable u óptimo de valores para permitir medir un parámetro. Cuanto más cercano esta el lazo entre las metas y los criterios de cumplimiento, mejor es la capacidad de juzgar el progreso del proyecto.

Lo primero es articular el cumplimiento a las metas que es considerado el elemento más crítico del PEyS, el acoplamiento entre el funcionamiento del sistema y las metas del proyecto. Si las metas se indican de una manera clara y se pueden repetir como sistema de hipótesis evaluable, los criterios del

cumplimiento pueden ser desarrollados; estos últimos son los estándares por los cuales se logran evaluar aspectos posibles de ser medidos o de otra manera observables del sistema restaurado y de tal modo indicar el progreso del sistema hacia el logro de las metas del proyecto.

La tarea de desarrollo de criterios de cumplimiento implica: a) articular los criterios a las metas del proyecto; b) articular los criterios a los parámetros de medición; y c) especificar los valores límite o límites para los criterios.

La función primordial del PEyS es determinar el progreso e indicar los pasos requeridos para fijar un sistema cuando no se estén resolviendo las expectativas. Por lo tanto, no es necesario desarrollar una gran cantidad de medidas complejas, un pequeño sistema sencillo de medidas es suficiente.

En este punto del proceso es fundamental haber identificado el sitio de la referencia. Los sitios de referencia degradados se pueden utilizar para demostrar el progreso del sistema restaurado (NRC 1992). El o los sitios de referencia se deben evaluar y seguir junto con el sitio a restaurar. Aunque las comparaciones previas a y posteriores al establecimiento de estrategias son útiles en la documentación del efecto que causa el proyecto, el nivel de cumplimiento se puede juzgar solamente concerniente al sistema de referencia.

Como ejemplos de las características que permiten definir el grado de semejanza entre el sitio de referencia y las condiciones potenciales del sitio a intervenir (en el caso de humedales), se encuentran las propuestas por Horner y Raedeke (1989):

- Función.
- Clima e hidrología.
- Influencia por acceso humano, habitación y actividades económicas, y en la calidad y cantidad del agua de desagüe de estas actividades hacia el humedal.
- Historia de y para actividades como pastoreo, siega y quema.
- Tamaño, morfología, profundidad del agua, zonas de humedal y sus proporciones, y tipos de vegetación en general.
- Suelos y otros sustratos.
- Acceso a pesca y cacería.

¿Cuál es la utilidad de definir sitios de referencia? Establecer sitios en sistemas de referencia cumple tres funciones principales, de acuerdo con Thom y Wellman (1996):

- Pueden ser utilizados como modelos para el desarrollo de proyectos de restauración del sitio que se intervendrá.
- Proporcionan un control del cual las metas de cumplimiento se pueden derivar y permitir la comparación
- Proporcionan un sistema de control por el cual las fluctuaciones “naturales”, sin relación a las acciones de restauración, pueden ser determinadas.

Los sitios de referencia apropiados son considerados a menudo como críticos para el desarrollo del programa de evaluación y seguimiento pues son difíciles de encontrar. Esto es particularmente acertado en ambientes urbanos, hacia donde enfilan las más frecuentes acciones de restauración en el Distrito Capital. En el paso siguiente, se describe la selección de parámetros y métodos, ambos se derivan de la selección de criterios y de sitios, según lo discutido en los pasos anteriores.

Si se asume como ejemplo el modelo de bosque ripario (ver figura anterior) y se establece una meta para este proyecto de “restaurar un sistema ripario de humedal para mejorar la calidad del hábitat de animales acuáticos”, entonces se utilizará el modelo para generar los criterios de cumplimiento. Muchas corrientes y ríos sufren de un incremento en la temperatura del agua por la pérdida del bosque ripario, lo cual genera una tensión sobre peces y demás organismos acuáticos por cambios en la temperatura y en la química del agua (P. ej. Oxígeno, afloramiento de algas nocivas). La temperatura del agua es un parámetro físico clave de respuesta que indicará el éxito del proyecto de restauración en resolver su meta. Una meta a manera de hipótesis evaluable es entonces, “el proyecto de restauración dará lugar a temperaturas del agua intermedias en el período de verano entre X °C y Y °C, rango normal para sistemas naturales semejantes en la región.”

La meta de temperatura del agua se debe desarrollar en la fase del planeamiento del proyecto. Durante esta fase, la viabilidad de probar la meta debe ser considerada; es un parámetro fácilmente evaluable, y por tanto factible técnica y económicamente. De igual manera, se liga fuertemente a la meta del proyecto y tiene una base establecida en la literatura científica. Además, es bien sabido que los bosques riparios proporcionan un efecto de cortina, que reduce la temperatura del agua; de esta

forma, la medida de la temperatura es una medida indirecta de la calidad y del estado del desarrollo del bosque ripario restaurado.

De igual manera, para desarrollar criterios de cumplimiento a partir del anterior modelo conceptual, un ejemplo sería si la meta del proyecto es "mejorar la calidad del hábitat de la corriente de agua con la restauración de la vegetación riparia," puesto que la vegetación riparia regula la temperatura de la corriente con el sombreado y proporciona detritus a la red alimenticia, dos medidas obvias de cumplimiento serían temperatura de la corriente y concentración de detritus. La última es algo difícil de cuantificar con exactitud, pero los invertebrados de la corriente (verdadera medida biológica de calidad del hábitat) son más favorables para la cuantificación. Por lo tanto, los criterios incluirían un rango específico de temperaturas óptimas de la corriente y de las abundancias de invertebrados.

Sin embargo, medir simplemente estos dos parámetros no proporcionará un cuadro comprensivo del sistema, sería útil evidencia suplementaria con respecto la composición de especies, densidad de la vegetación riparia y factores que afectan el desarrollo de la vegetación; información puede no ser incluida en las declaraciones formales de cumplimiento. Los criterios del cumplimiento para este ejemplo podrían ser:

1. La temperatura media de la corriente en verano estará entre ± 1 °C respecto al sistema ripario de referencia de la región.
2. La densidad promedio y el número de especies de invertebrados a mitad del verano estarán en el rango de valores (P. ej. 18-29) encontrados en el sistema ripario de referencia de la región.
3. La comunidad de invertebrados tendrá las mismas tres especies superiores de acuerdo con la densidad que estos presentan en el sistema ripario de referencia de la región.

A continuación se citan algunos ejemplos expuestos por Kondolf y Micheli (1995) de objetivos de restauración y su articulación al cumplimiento específico de herramientas y medidas de evaluación (cuadro 1).

Cuadro 1. Ejemplos expuestos por Kondolf y Micheli (1995) de objetivos de restauración y su articulación al cumplimiento específico de herramientas y medidas de evaluación

Objetivo general	Herramientas y criterios de evaluación
Mejorar la capacidad y estabilidad del canal	Secciones a través del canal
	Mediciones sobre la etapa de inundación
	Cociente ancho-profundidad
	Índices de banco o erosión de la cama
	Perfil longitudinal
	Interpretación de aerofotografía
Mejorar el hábitat acuático	Profundidad y velocidad del agua
	Porcentaje de cobertura, sombreado
	Temperatura de la corriente
	Composición material de la cama
	Población de peces, invertebrados, macrofitas
Mejorar el hábitat ripario	Distribución de edades en grupos
	Supervivencia de las plantaciones
	Mejora en la calidad del agua
	Carga de Turbiedad/ opacidad
	Porcentaje de cobertura de vegetación
	Densidad de especies
	Vigor reproductivo
	Distribución de tamaños
Mejorar la calidad del agua	Temperatura
	pH
	Oxígeno disuelto
	Conductividad

	Olor
Implicaciones en recreación y comunidad	Mejoramiento del recurso visual (paisaje) con base en inspecciones en puntos control.
	Participación de la comunidad en el manejo del proyecto

Es necesario que los criterios de cumplimiento indiquen el grado de semejanza entre el sistema de referencia (natural o poco disturbado) y los sistemas restaurados, tanto como el tiempo que dicho criterio de cumplimiento debe ser mantenido, pues su duración a menudo no se indica explícitamente, sino que se asume que una vez se ha resuelto el criterio, este nivel será mantenido por siempre. Los continuos cambios naturales en los sistemas pueden cambiar gradualmente el cumplimiento, lo cual requiere de la mejor comprensión posible del sistema.

2.1.4. ***Elegir los parámetros y métodos del Programa.***

Los criterios de cumplimiento especifican la estructura, función, y el aspecto del sistema previstos, mientras que los parámetros de evaluación y seguimiento son los aspectos de la estructura y función del sistema que pueden ser medidos. El fin de esta parte del proceso es desarrollar un sistema con bases científicas, que permita facilitar la medición de los parámetros que proporcionen una retroalimentación directa y el cumplimiento de las metas. Para FSRWG (1998), hay dos pasos críticos en elegir parámetros de evaluación y seguimiento eficientes. El primero es identificar los parámetros a evaluar y el segundo es seleccionarlos de forma específica para el sistema.

Previo a definir métodos de muestreo, manejo y procesamiento de muestras, es importante responder las siguientes preguntas:

- ¿El método proporciona eficientemente datos exactos sobre los parámetros?
- ¿El método proporciona datos replicables razonables?
- ¿Es el método factible dentro de los tiempos y costos presupuestados?

Diversos autores (P. ej. Loeb y Spacie 1994; Thom y Wellman 1996; Prabhu *et al.* 1999; Jackson *et al.* 2000; Bash y Ryan 2002; Machmer y Steeger 2002; Machmer *et al.* 2002; Holl *et al.* 2003; Collins 2003; Palmer *et al.* 2005) resaltan la importancia de que cualquier método que se utilice para

muestrear un parámetro particular debe tener un protocolo documentado; en general, esto significa que los métodos sean confiables y desarrollados bajo diversas condiciones.

Al usar el modelo conceptual de pastos marinos del Programa de Bahía de Chesapeake, en Estados Unidos (figura 7^a) propuesto por Batiuk *et al.* (1992 en Thom y Wellman, 1996) como ejemplo para la selección de parámetros de evaluación y seguimiento, se pueden observar parámetros claves en el control, la estructura y la función del hábitat (ver figura 7^b).

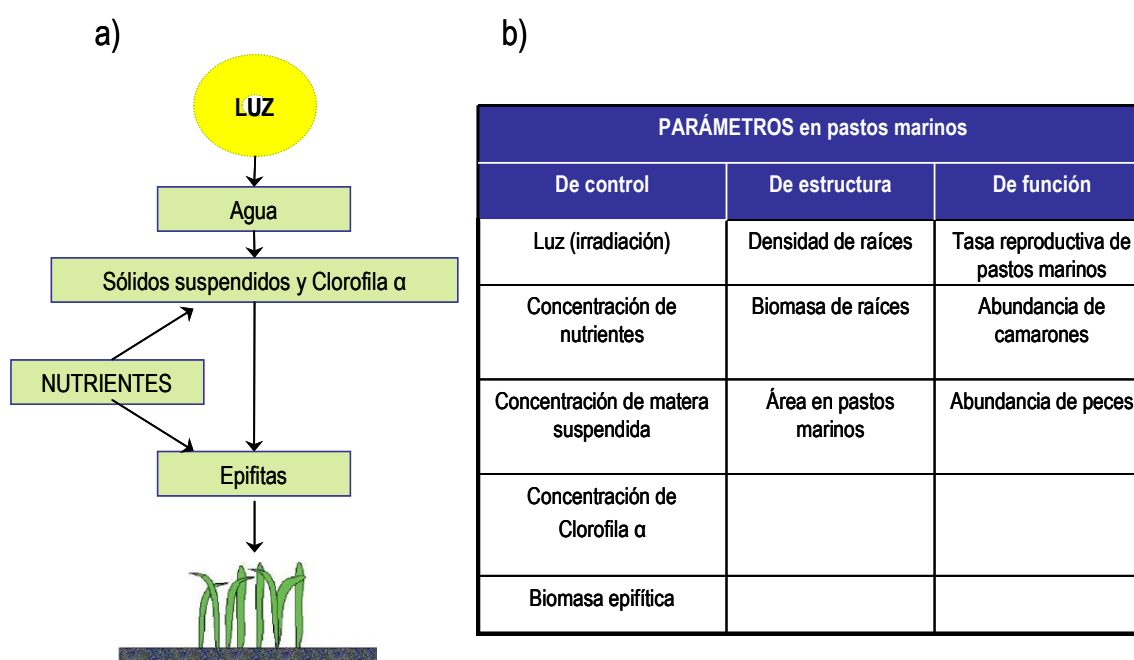


Figura 7. Modelo conceptual para la Bahía Chesapeake (USA), vegetación acuática sumergida (de acuerdo con Batiuk *et al.* 1992 en Thom y Wellman, 1996). a) Modelo conceptual; y b) Parámetros a evaluar.

De acuerdo con Thom y Wellman (1996) la concentración de nutrientes afecta la materia suspendida, la clorofila α y la biomasa de epifitas, en la estructura del hábitat de pastos marinos. La biomasa de epifitas parece mostrar una fuerte correlación negativa con la biomasa de los pastos. Por lo tanto, puede ser un factor a considerar para apoyar la interpretación de cambios en el sistema. La densidad de renuevos de pastos (P. ej. Número de renuevos individuales por unidad de área) incrementará o decrecerá tanto como nutrientes sean removidos o adicionados al agua; también importante, dado que puede estar correlacionada con el uso del sistema por parte de fauna acuática (áreas con menor

densidad corresponden a baja densidad de peces y crustáceos), y por tanto a la función del mismo. Finalmente, la medición de la abundancia de peces puede reflejar que cambios en área del hábitat de pastos afecta una función importante del sistema.

El modelo conceptual proporciona entonces, un marco para las decisiones y metas del proyecto y define qué componentes del sistema se incluirán en el PEyS. El acercamiento básico para desarrollar un sistema de parámetros implica básicamente: a) simplificar el sistema en los componentes de control, estructura, función; b) identificar unos o más parámetros mensurables dentro de cada uno de los componentes; y c) compilar un subconjunto de parámetros del sistema inicial basado en las consideraciones ecológicas y la meta del proyecto.

Para seguir un orden luego de esta breve introducción, el primer paso será seleccionar un rango de métodos para cada indicador preestablecido. Una vez que se hayan identificado los indicadores para cada necesidad de información, el siguiente paso es seleccionar los métodos que utilizará para recopilar los datos y medirlos. En esta sección se comentarán algunos de los principios generales involucrados en la selección de métodos para medir indicadores en restauración ecológica, pues los detalles acerca de los mismos pueden ser estudiados con mayor detenimiento en el Apéndice 1.

Generalmente se cuenta con una amplia gama de métodos que pueden utilizarse para recopilar datos y evaluar un indicador definido, algunos de los cuales serán expuestos a continuación; aún así, recuerde realizar una adecuada consulta a personas con experiencia, en manuales y materiales de campo sobre el tema, etc., que le permitan ampliar su visión al respecto.

Un ejemplo a partir de la misma meta general planteada en un caso anterior: “incrementar las poblaciones de especies de plantas nativas y reducir las especies de plantas invasoras de hábito herbáceo” y el análisis de algunos de sus indicadores para evaluar las plantas nativas e invasoras (P. ej. cobertura de la especie invasora X), donde el profesional en restauración del proyecto puede identificar la siguiente gama de posibles métodos para coleccionar datos sobre el Indicador “cobertura de especies de plantas”:

- Método potencial 1. Utilizar densidades publicadas en la literatura de la especie X para calcular la densidad en el área de estudio.
- Método potencial 2. Utilizar parcelas de 5 X 5 metros colocados de manera aleatoria en el área de estudio para calcular la densidad de la especie X.

Documento Programa de evaluación y seguimiento a la restauración en el D.C.

- Método potencial 3. Contar cada individuo de la especie X que se encuentre en cada parcela de 5 x 5 metros.

En segunda instancia, es necesario seleccionar el método más apropiado de acuerdo con una serie de criterios que pueden ser los propuestos por Margoluis y Salafsky (1998):

- Exactitud y confiabilidad. ¿Cuál es el margen de error que existe en los datos recopilados usando este método? ¿Hasta qué grado son repetibles los resultados?
- Costo-Efectividad. ¿Qué es lo que el método requiere en términos de inversión de recursos? ¿Existen otras maneras más baratas de obtener los mismos datos?
- Factibilidad. ¿Cuenta el equipo de proyecto con suficiente personal para utilizar este método?
- Apropiado. ¿Tiene sentido el método en el contexto del proyecto? ¿Es culturalmente aceptable?

El siguiente paso será enumerar las tareas para cada método y estructurar un protocolo particular dentro del PEyS; es decir, que cada método debe contar con “un listado” de las tareas que se tienen que llevar a cabo para recopilar los datos, y que van desde la planificación de la recopilación de la información, la recopilación de datos, hasta la evaluación. Por ejemplo, con el escenario anterior, para el indicador “cobertura de la especie invasora X” usted puede utilizar el método de observación directa y listar algunas tareas tales como:

proyecto:		formato no.	
		hoja no.	
objetivo de registro:			
módulo no.:	localización (gp s):	fecha de registro:	
nombre de evaluador:		nombre de registrador:	
especie	individuo	altura total	c.a.p.
comentarios:		estado fenológico	estado fitosanitario
recomendaciones:			
use las siguientes abreviaciones para registrar cada especie plantada:			
azulfrán = c.f.; chame = b.g.; laurel hojipequeño = m.p.			
fecha siguiente registro:		objetivo del siguiente registro:	

- Tarea 1. Capacitar al colector de información en aspectos como manejo de datos, formatos, ingreso a las parcelas de evaluación, identificación de la especie X, etc.
- Tarea 2. Notificar al colector las características específicas de la evaluación, desde la meta y objetivos trazados hasta el manejo del protocolo específico.
- Tarea 3. Realizar la colección de datos.
- Tarea 4. Redactar reportes y comentarlos al responsable directo.
- Tarea 5. Hacer el seguimiento acorde con el protocolo.

Generar formatos de registro de datos, usarlos continuamente y almacenarlos adecuadamente es fundamental en un PEyS.

Margoluis y Salafsky (1998) sugieren que una vez se haya identificado las tareas involucradas en la recopilación de datos, se deberá decidir cuándo, quién y dónde se recopilarán los datos, y se hace énfasis en la importancia de discriminar lo más específicamente posible aspectos como fechas, personal y localidades.

Cada método debe establecer la frecuencia y el momento de la recopilación de la información; en restauración ecológica es común la recopilación de datos para el mismo indicador con el paso del tiempo, siendo necesario como mínimo establecer *datos de base* y *datos finales* para cada indicador y lograr medir el éxito del proyecto. Como puede imaginar, determinar exactamente qué tan seguido recopilar datos no es una tarea fácil, y para el caso de información de orden ecológico dependerá del nivel de conocimiento que se tenga del sistema ecológico a seguir y evaluar. Aspectos como la historia de vida de las especies, ciclos naturales, conocimiento de la dinámica socioeconómica y cultural aledaña al área de estudio toman fuerza aquí.

Toda tarea establecida deberá tener claramente definidos quien recopila directamente los datos y quien supervisa la recopilación de los mismos e idealmente (USDA, 2004) deberían ser permanentes en esta función para minimizar las posibles diferencias en las mediciones provenientes de diferentes personas. Al asignar las tareas es importante asegurarse de: a) capacidad técnica del responsable; b) capacidad física y mental del mismo, es decir, asegúrese de que no se sobrecargue de trabajo al individuo; y c) nivel de compromiso frente a la tarea, entendido como la ética dentro del proceso de recolección de información. Frente a la decisión de dónde coleccionar los datos, Margoluis y Salafsky (1998) definen la necesidad de ser lo más específico posible, atendiendo a las características del método y del sitio particular, y al igual que en cualquier proyecto, una vez completado el PEyS, se deben desarrollar cronograma y presupuesto para llevar a cabo el PEyS.

Hasta aquí, los pasos propuestos se orientan hacia el desarrollo de un PEyS para registrar información pertinente al cumplimiento de objetivos y metas de restauración; sin embargo, es igualmente relevante mantener el seguimiento del progreso en el logro de las actividades del proyecto (evaluación del proceso ó evaluación y seguimiento de *establecimiento*, acorde con Morrison y Marcot, 1995). Usted debe seguir las actividades para asegurarse de que se están llevando a cabo y se están -por ejemplo-

teniendo en cuenta la totalidad de las consideraciones del diseño preestablecido; esto implica básicamente realizar una lista donde se registren las actividades propuestas versus las desarrolladas.

Es altamente deseable elegir métodos de muestreo que prevean la recolección de datos en más de un parámetro. Por ejemplo, una muestra de suelo puede proporcionar información sobre las condiciones del suelo, el desarrollo raíces y rizomas, aspectos de hidrología, y comunidades de invertebrados. Parte de la información se puede tomar directamente en campo (P. ej. color del suelo y textura), o tendrá que ser determinada por métodos de laboratorio apropiados (P. ej. biomasa subterránea).

Aunque el foco del programa de evaluación y seguimiento está en los parámetros que se relacionan directamente con la declaración de cumplimiento, los datos sobre otros parámetros son a menudo muy útiles y pueden agregar considerablemente a la interpretación de los resultados. Por ejemplo, en el caso en donde el flujo de un río no es parte de la meta del funcionamiento, podría no obstante afectar el indicador de una meta de temperatura del agua en la corriente.

Al planear el programa de evaluación y seguimiento, es una buena idea identificar fuentes de datos potencialmente útiles y desarrollar un plan para adquirir o lograr de forma sistemática los datos. En los pasos anteriores fuimos referidos a seleccionar los criterios, los parámetros, y los métodos para determinar el funcionamiento del sistema restaurado. En el paso siguiente, se desarrollan los costos del PEyS.

2.1.5. ***Estimar los costos del Programa.***

La opción y el grado de cualquier programa de evaluación y seguimiento son aspectos que dependen de la cantidad de información y el nivel de exactitud que se desea. La cantidad y la calidad de la información deseada son alternadamente dependientes de los gastos necesarios para realizar los diferentes componentes identificados del mismo programa. La experiencia sugiere que muchos programas de este tipo requieren un financiamiento substancial; sin embargo, la actual capacidad de inversión al mismo, bien sea del Estado, las comunidades u organizaciones interesadas es compleja dadas las actuales condiciones económicas del país, que en el mejor de los casos llaman a la creatividad.

Pese a ello algunas entidades (como el DAMA), Universidades y organizaciones han comenzado a desarrollar acercamientos coordinados para desarrollar este tipo de programas, sin tener aún estrategias sistemáticas y explícitas de análisis de costos conjuntamente con la escala temporal y espacial específica a cada proyecto. Lo cual es bastante complejo, y no contamos aún con modelos que permitan tomar decisiones a un nivel y escala apropiados a cada proyecto de restauración que se realizan en el Distrito Capital.

Para tomar una decisión de que se debe incluir o excluir en un PEyS, deben tenerse muy presente todos los requisitos del programa, mismo que deberá cumplir con lo siguiente (adaptado de Thom y Wellman, 1996):

- Ser rentable
- Objeto de restauración del proyecto, metas y criterios de cumplimiento.
- Desarrollar información y datos sostenibles
- Facilitar la toma de decisiones sobre correcciones a mediano plazo.

Un programa de evaluación y seguimiento puede ser tan complejo como recursos (económicos, institucionales, de personal, etc.) existan para su desarrollo; sin embargo, requiere de un mínimo de componentes que deberán ser priorizados en función de lograr las premisas anteriormente expuestas, junto con un cálculo del costo aproximado.

Es relevante tener en cuenta inicialmente que la tasa de costos es afectada por un número de factores críticos: a) complejidad; b) duración; c) existencia de obligaciones de cumplimiento; y d) necesidad de requerimientos que regulan y que imponen requerimientos adicionales.

De acuerdo con Thom y Wellman (1996) y FISRWG (1998), el costo de un programa de evaluación y seguimiento incluye desde el costo del análisis de muestras tomadas hasta el costo del reporte de resultados; algunos costos no son tan obvios como parece, razón por la cual es muy importante planear y documentar el proceso de estructuración del programa. A continuación se presentan algunos de los principales aspectos a tener en cuenta en un análisis de costos dentro de un programa de evaluación y seguimiento:

- *El planeamiento del programa.* Es un componente importante y a menudo poco tenido en cuenta en el análisis. Implica la determinación de las metas y estrategias de evaluación y

seguimiento, definición de los resultados aceptables e inaceptables, y las contingencias potenciales para tratar los resultados inaceptables, e incorporar los responsables y la agenda para la coordinación del proceso. Los componentes de costo del planeamiento son de trabajo (incluyendo costos indirectos de beneficios y gastos) y de suministros. El trabajo se debe divulgar en términos del costo por hora, mientras que los suministros pueden ser expresados generalmente como sumas globales.

Dependiendo del alcance y grado del programa, el encargado del mismo deberá considerar igualmente el costo de instalaciones, satisfacer suministros, revisiones técnicas exteriores o de expertos incluyendo los honorarios, viajes, etc.; y otras actividades como preparación de reuniones, etc.

- *Aseguramiento de la calidad.* La calidad es una parte integral de cualquier programa de evaluación y seguimiento. Fundamentalmente incluye una revisión independiente del programa para asegurarse de que el mismo se resuelve a través de los objetivos y metas trazados, los datos a recoger, así como las expectativas de quien desarrolla el proyecto.

Según Thom y Wellman (1996), la garantía de calidad se realiza en tres niveles: a) una revisión del trabajo de campo y los datos del laboratorio que se registran; b) la revisión de informes interpretativos y de la síntesis para asegurarse de que métodos, cálculos, y presentaciones de informes sean completos, exactos, y constantes con los ficheros de datos originales; y c) el nivel programático, que incluye revisiones técnicas de un nivel más alto, asegurándose de que el entrenamiento y las certificaciones (de calidad de productos, etc.) sean adecuadas, y los procedimientos de funcionamiento estándar estén actualizados y disponibles.

- *El manejo de los datos.* Este componente requiere de la estructuración de protocolos y procedimientos ajustados a las metas y objetivos del PEyS. Entre los costos asociados a su desarrollo se encuentran: a) el tiempo de trabajo del personal que registra la información; b) la “entrada” de datos; c) el mantenimiento de la base de datos; d) el uso de computadores, entre otros.
- *El muestreo en campo.* Este puede ser tan sencillo como evaluar el crecimiento de especies, proceso de repoblamiento, observaciones de comportamiento (por ejemplo, alimentación, movilidad, reproducción), hasta más complejos como evaluación de efectos de

contaminantes, cambios en el ciclado de nutrientes, alteraciones en la dinámica de cuerpos de agua, etc. El costo en este componente puede incluir: a) personal de campo; b) transporte, alimentación y estadía del personal; c) compra o alquiler de equipos; d) compra de materiales, insumos y reactivos.

- *Los análisis de laboratorio.* Este es un aspecto crítico en los proyectos de restauración ecológica. Implica gastos usualmente elevados cuando corresponden a análisis de contaminación de suelos y agua, ecotoxicológicos, etc. El costo por tanto debe incorporar la contratación de laboratorios especializados, o en el caso de laboratorios existentes dentro de la infraestructura propia de una organización o entidad ejecutora, aspectos como reactivos y equipos.
- *Análisis e interpretación de datos.* El análisis de los datos de campo y de laboratorio y su interpretación son uno de los pasos finales y a la vez más críticos, inicialmente porque requiere de personal capacitado a diferentes niveles de formación (profesionales, técnicos). En función de los costos se pueden incluir el trabajo científico, software especializado, responsables de bases de datos, etc.
- *Preparación de reportes.* Divulgar resultados es uno de los pasos finales en un PEyS. Es preparar un informe final que contornea la acción, la evaluación y seguimiento a metas, los métodos, y los resultados de la restauración. Estos documentos se utilizan como informes interpretativos que sintetizan los resultados de análisis de campo y de laboratorio. La generación de estos informes requerirá probablemente de un profesional con la ayuda de un asistente de investigación. Hay dos componentes importantes del costo en este paso: el trabajo del profesional (y del asistente), y los suministros necesarios para su desarrollo (fotocopias, envíos o incluso materiales de conferencias, talleres, viajes, etc.).

2.1.6. ***Categorizar los tipos de datos a registrar.***

Hay varios tipos de datos recopilados como parte del PEyS que pueden ser útiles para desarrollar el programa o que pueden proporcionar la información adicional en el funcionamiento del sistema. Ejemplo de ello, son los datos denominados “línea de base”; son estos obtenidos previo desarrollo de la restauración y que son de gran utilidad debido a que permiten entender fundamentalmente las

condiciones existentes previa intervención con el proyecto de restauración, y planear los tipos de acciones necesarias para proyectar el mismo; de igual manera, permiten la comparación entre pre-establecimiento y post-establecimiento para determinar el efecto del proyecto.

La colección de este tipo de datos (cualitativos y cuantitativos) es crucial que sea realizada de forma cuidadosa y apropiada, forma tal que permita proporcionar un fundamento firme para la subsiguiente colección de datos y evaluación y seguimiento (Kondolf 1995). Como ejemplo se tienen diversos tipos de datos dependiendo de sus fases:

- a) Durante la planeación del proyecto: Datos de la línea base en el sitio.
- b) Durante el establecimiento: evaluación y seguimiento a las actividades de establecimiento.
- c) Inmediatamente después del establecimiento: recolección de información de forma estructurada.
- d) Después del establecimiento: conducir otros estudios como una necesidad.

La línea base para restauración ecológica en muchas ocasiones se descuida. En su lugar, se realiza generalmente solamente después de que se ha restaurado el ecosistema. La omisión de este proceso previo a la restauración, es un error crítico debido a que facilita la identificación del grado y del carácter del problema que se solucionará con la restauración ecológica, la identificación de las metas del proyecto, el desarrollo del diseño del proyecto, y el desarrollo de los estándares para definir el éxito del mismo. Además, de ser los datos de línea base los que proporcionan un estándar de comparación para la EyS durante y posterior a la finalización del proceso.

El o los responsables de la restauración también deben contar con el levantamiento de información que aún no estando directamente asociada al PEyS puede ser útil. Información que puede ser obtenida a través de diferentes fuentes como son personal de entidades del gobierno, organizaciones no gubernamentales, universidades, y la misma comunidad local.

2.1.7. *Determinar el nivel de esfuerzo y duración del Programa.*

¿Cuanta evaluación y seguimiento se requieren? La respuesta a esta pregunta depende de las metas y criterios de cumplimiento del proyecto tanto como del tipo de sistema ecológico a restaurar. Un PEyS no necesita ser complejo y costoso para ser efectivo (FISWRG, 1998); sin embargo, el tamaño o

escala de la restauración pueden afectar la complejidad del PEyS al incrementar la heterogeneidad y exigir así un muestreo cada vez más complejo para lograr efectividad (Figura 8).



Figura 8. Tipos de áreas disturbadas identificadas para el establecimiento de experimentos de restauración en la subcuenca media del Río Teusacá, área rural de Bogotá (Prado-Castillo y Montoya 2004): a) Zonas de potrero bien drenadas; b) Zonas de potrero bien drenadas con presencia de *Ulex europeus*; c) Zonas de potrero con drenajes deficientes; d) Zonas de potrero con drenajes deficientes y matorrales abiertos de *Ageratina asclepiadea*. La amplia variabilidad en la estructura, composición y función de las áreas a intervenir dificultan la estandarización de la evaluación y seguimiento en restauración ecológica.

Estos dos aspectos –esfuerzo y duración- en un proyecto de restauración ecológica con fines de investigación científica, se incorporan al diseño experimental y de muestreo, consideraciones

indispensables para el establecimiento de cualquier propuesta piloto interesada en incorporar un PEyS, sin ser el único objetivo que se busca con este documento.

Ambos - diseño experimental y de muestreo - están supeditados a la(s) meta(s) de restauración, las características particulares del proyecto, el sistema ecológico a restaurar y los recursos disponibles. Las preguntas claves a responder son: ¿En dónde se colocarán las unidades de muestreo (transectos, trampas, registros visuales, acústicos, etc.)?; ¿Cuántas réplicas se necesitan?; ¿Cuáles son los sitios control o testigo?; ¿Qué tan a menudo deben de ser evaluados?.

El diseño experimental es la estructura lógica del ejercicio de evaluación y seguimiento dentro de una propuesta piloto de investigación en restauración; los objetivos deben de especificar aspectos como naturaleza de las unidades experimentales, número y clases de tratamientos (incluyendo controles), propiedades y respuestas que se medirán, asignación de tratamientos a las unidades experimentales, número de unidades experimentales (réplicas) necesarias, y distribución espacial (Pielou, 1977; Zar, 1984; Hurlbert, 1984; Magurran, 1988; Caughley y Sinclair, 1994; Heath, 1995; Krebs, 1999). Aún así, el tipo de diseño y análisis también pueden sesgar los resultados (Galindo-Leal, 1992). Las decisiones sobre la localización de parcelas, distancia entre ellas, tamaño, forma, número son esenciales para obtener un muestreo confiable.

Respecto a la duración del PEyS, es una decisión polémica que de acuerdo con Thom y Wellman (1996) puede extenderse lo suficiente como para proporcionar una seguridad razonable de que el sistema ha satisfecho los criterios de cumplimiento o si resolverá o no los criterios. Un sistema restaurado debe razonablemente autosostenerse después de cierto período de tiempo, pero las fluctuaciones (sobre una base anual) en algunos parámetros del sistema se pueden dar incluso en los sistemas maduros más estables, una razón para que el PEyS se extienda hasta un punto en alguna parte posterior al período de cambio más rápido y dentro del período de estabilización del sistema.

Los ecosistemas en la escala de la mayoría de los proyectos de restauración toman décadas o siglos para llegar a su punto de autorregulación, por lo tanto, no se puede esperar que los sistemas estén restaurados en un año. Thom y Wellman (1996) aducen que el tiempo para desarrollar esto depende de las condiciones iniciales.

A continuación se describen los pasos que se consideran para hacer una investigación científica apoyada en un diseño experimental, una de las formas de dar validez definitiva al proceso de

restauración ecológica. No sin antes tener en cuenta que, acorde con lo expresado por Allison (1999) debido a que la biodiversidad esta rodeada de un gran número de factores, y un diseño solamente puede controlar algunos, ningún diseño simple puede discriminar entre todos los potenciales componentes de la biodiversidad. Los pasos son:

- a) *Toda investigación se origina en una idea*, la cual constituye el primer acercamiento a la realidad que habrá de investigarse y por tanto –como mencionan- Labovitz y Hagedorn (1976) requiere de familiarizarse con el campo de conocimiento donde se ubica la idea. Una buena idea debe alentar al investigador, ser novedosa (no propiamente nueva) y servir para la elaboración de teorías y la resolución de problemas (Dankhe, 1989 en Hernández *et al.* 1998).
- b) Ahora, es necesario *plantear un problema de investigación*; es decir, afinar y estructurar más formalmente la idea de investigación, desarrollando tres elementos: objetivos, preguntas de investigación y justificación de esta. En este aspecto, es importante tener en cuenta algunos criterios que pueden ayudar a evaluar el valor potencial de la investigación (adaptado de Ackoff, 1953 y Miller, 1977 en Hernández *et al.* 1998), como son: conveniencia, relevancia social y ecológica, implicaciones prácticas, valor teórico y utilidad metodológica.
- c) El tercer paso es *elaborar un marco teórico*; es decir, integrar teorías, enfoques teóricos, estudios y antecedentes en general que se refieran al problema de investigación. Es en definitiva, el paso que orientará las etapas subsecuentes del proceso de investigación.
- d) El paso siguiente es definir *el alcance de la investigación*, a partir de definir si es exploratoria, descriptiva, correlacional o experimental. El primero, tiene por objeto familiarizar con un tópico desconocido, poco estudiado o novedoso; el segundo, sirve para analizar como es y se manifiesta un fenómeno y sus componentes; los estudios correlacionales, pretenden ver cómo se relacionan, se vinculan o no diversos fenómenos ente sí. Y finalmente los experimentales, que buscan encontrar las razones o causas que provocan ciertos fenómenos.

Aún cuando los cuatro tipos de estudio son válidos e importantes, es interés del presente documento profundizar en el último de ellos, el experimental, por cuanto están dirigidos a responder a las causas de los eventos y a proporcionar el mayor sentido de entendimiento sobre los fenómenos a que puede hacer referencia el proceso de restauración.

Un experimento es entonces, una prueba o serie de pruebas en las cuales se inducen cambios deliberados en las variables de entrada de un proceso o sistema de manera que sea posible observar

e identificar las causas de los cambios en la respuesta de salida (Montgomery, 1991). Complementariamente, aún más cercano a lo que es una intervención en restauración ecológica, es considerar al experimento acorde con Cassanoves y Di Rienzo (1999 en Cassanoves, 2004) como “una reproducción restringida de la realidad con el fin de observar los efectos de su manipulación planificada”.

- e) Ahora, *formule una hipótesis* como parte del proceso. Una hipótesis es entendida como proposición tentativa acerca de las relaciones entre dos o más variables, que se apoya en conocimientos organizados y sistematizados (Hernández *et al.* 1998). Es un paso que va acompañado de las definiciones conceptuales y operacionales de las variables contenidas dentro de la hipótesis.

Algunos ejemplos de hipótesis son: a) La cobertura arbórea plantada afecta a la abundancia relativa (cobertura) de gramíneas exóticas; b) El establecimiento de perchas artificiales incrementa la densidad de semillas ornitócoras y con ello al aumento de la riqueza de especies vegetales; c) el establecimiento de especies exóticas de rápido crecimiento para el control de la erosión en canteras puede inhibir la recuperación a largo plazo del ecosistema nativo.

- f) Seguidamente, se debe *desarrollar un diseño de investigación*. “Diseño” hace referencia al plan o estrategia concebida para responder a las preguntas de investigación (Christensen, 1980); y para ello previamente debe familiarizarse con algunos términos, a saber:
- Tratamiento: Su unidad de manipulación experimental. Si el experimento es estudiar el efecto del fuego controlado sobre la regeneración natural, entonces el fuego es su tratamiento y puede tener al menos dos niveles en el tratamiento (con fuego y sin fuego).
 - Unidad experimental. La pieza del material experimental sobre la cual se aplica el tratamiento. La unidad puede ser una parcela que puede ser o no afectada con fuego controlado.
 - Replica. Es una serie de unidades experimentales sobre las que se aplica el mismo tratamiento. En el mismo ejemplo, la serie de parcelas que son afectadas por el fuego controlado (o no afectadas) son sus replicas.

- g) En adelante (de forma muy general) lo que viene es el proceso de *recolección de datos*, que implica la selección de un instrumento de medición, aplicarlo, y preparar las mediciones obtenidas para que su análisis sea posible.
- h) Como paso seguido, deberá realizar el *análisis de los datos*; lo cual se realiza utilizando una matriz de datos y con la aplicación de herramientas como la estadística, esta disciplina tiene dos posibles acepciones (Fowler y Cohen 1992): 1) Conjunto de métodos empleados para la exposición ordenada y resumida de datos cuantitativos; y 2) Conjunto de métodos que permiten establecer inferencias sobre las propiedades de grupos grandes a partir de observaciones realizadas en grupos menores.

La estadística es una herramienta que permite por tanto resumir los datos obtenidos teniendo en cuenta su variabilidad y los objetivos del estudio, así como establecer resultados generales a partir del estudio de conjuntos de observaciones particulares. El dominio de los conceptos estadísticos básicos y de unos pocos métodos de análisis permite diseñar más adecuadamente cualquier estudio evitando el efecto de factores indeseados, y establecer el grado de fiabilidad de los resultados.

- i) Por último realizar un *reporte de investigación*, que de acuerdo con las características del estudio se presentará en un contexto académico o no, que a su vez determina el formato, la naturaleza y extensión del reporte.

Al margen de cualquier proceso de investigación, es relevante recordar que todo proceso donde se genera algún tipo de interpretación de fenómenos biológicos requiere tener en cuenta tres aspectos fundamentales (Heath 1977, Parker 1981):

- El carácter variable de sus manifestaciones. Uno de los rasgos más extendidos de los fenómenos biológicos consiste en que sus manifestaciones no se repiten exactamente, de modo que cuando se estudian las mediciones que se obtienen no son completamente iguales.

- Información incompleta. Normalmente es imposible observar todas las posibles manifestaciones del fenómeno estudiado.
- Causas múltiples. Además de las causas que se estudian, los fenómenos biológicos están afectados por otros muchos factores que es necesario considerar a la hora de interpretar los resultados obtenidos. Esta es la principal razón de la variabilidad que en el mundo natural.

Es claro que un diseño experimental riguroso no siempre es necesario o posible. Thom y Wellman (1996) indican que un diseño experimental riguroso es apropiado sobre una base limitada para la mayoría de los esfuerzos de restauración, pero que análisis menos rigurosos pueden ser más apropiados para proveer evidencia sobre el desarrollo del ecosistema. Autores como Yoccz (1991) discuten que los estudios ecológicos hacen un "sobre esfuerzo estadístico", cuando un simple gráfico de barras (con barras de error) es suficiente para interpretar las tendencias. Siempre será más relevante la interpretación ecológica de los procesos que la estadística, más aún cuando la aplicación rigurosa de la estadística exige muestreos intensivos, verdaderas replicas y controles apropiados que a menudo no se satisfacen con facilidad (Boesch *et al.* 1994).

Aunada a las limitaciones de diseño y recursos se suma nuestro desconocimiento de los procesos ecológicos en el trópico, particularmente en nuestros ecosistemas colombianos, y dado que una meta fundamental de la restauración ecológica es restaurar ecosistemas a un nivel definido de integridad ecológica (Wyant *et al.* 1995; Parrish *et al.* 2003), y en ocasiones no se cuenta con el conocimiento suficiente respecto a las condiciones de referencia, el manejo adaptable puede proporcionar una manera de incorporar la información recopilada a las acciones de manejo en acciones de manejo futuras, pero aún así autores como Walters y Holling (1990) y Haney y Power (1996) consideran que puede llegar a ser un proceso muy largo.

Para tomar decisiones rápidas sobre manejo en restauración, se puede tener en cuenta la opinión de expertos en el tema que a menudo tienen cierto conocimiento sobre los diversos componentes del sistema ecológico y sus interconexiones, pero dicho conocimiento en ocasiones no es cuantificable o constante entre los diversos expertos.

Cipollini *et al.*, 2005 consideran que la restauración ecológica confía a menudo en la opinión de expertos para tomar decisiones de manejo de cara a la incertidumbre, y que la cuantificación de dicha

opinión puede ser difícil, especialmente cuando se consulta a más de un experto y estos no están de acuerdo; proponen entonces una metodología de *análisis de decisión* que puede proporcionar un marco para descomponer de forma sistemática un problema complejo y suministrar una mayor objetividad para las decisiones en restauración.

La ecología de la restauración es una ciencia muy joven en el mundo, y en Colombia aún se está en la etapa de reconocimiento de su relevancia para el manejo y la toma de decisiones de áreas alteradas por disturbios, y no se cuenta aún con un colectivo consolidado que aborde el tema a nivel nacional para avanzar rápidamente. Aún así, en el Distrito capital existen diversas iniciativas desde el Distrito y sus entidades ambientales y las Universidades, que se espera en el mediano plazo respondan a las expectativas frente a los avances alcanzados con la gestión realizada.

3. Capítulo 3

3.1. Aspectos complementarios en la planeación de un programa.

3.1.1. *Sobre la Visión del Programa.*

Porque la restauración de ecosistemas es compleja, una visión se refina y se consolida generalmente en la interacción con otros individuos que representan una variedad de disciplinas. La visión se debe refinar en la declaración de la meta.

3.1.2. *Sobre la definición de roles y responsabilidades*

En un proyecto de restauración ecológica intervienen diversos individuos o grupos y cada uno cumple un papel relevante dentro del proceso. Es así como, existen diseñadores de estrategias, ejecutores de proyectos, supervisores y quienes suministran los insumos y materiales a los mismos.



El proyecto de restauración requiere de una amplia visión que incluye aspectos históricos, sociales, culturales, políticos, estéticos y hasta morales. Desde esta perspectiva cada vez es más amplia la participación comunitaria en los procesos de restauración ecológica; inicialmente su participación se limitaba a las etapas de concertación y socialización del proyecto y con ello lograr la “validación” del mismo. Actualmente son propiciadores, constructores de ideas, ejecutores y parte fundamental en la trama de la restauración, en donde la aceptación social de las acciones propuestas desde una perspectiva práctica-científica da un valor a la restauración más allá de su definición técnica.

Jiménez *et al.* (2002) hacen énfasis en recordar que un proyecto de restauración debe correlacionar tres factores fundamentales: social, económico y científico, que son procesos que afectan a espacios, personas, expectativas e intereses muy variados. Dicen Bomar *et al.* (1999): “...es posible entonces, que el verdadero valor de la restauración este en proveer un contexto en el cual ciencia y comunidad...se encuentren e identifiquen un territorio común...”.

3.1.3. Sobre el establecimiento de procedimientos para asegurar la calidad del Programa

De acuerdo con Kentula *et al.* (1992), para asegurar la calidad de los datos a registrar se recomienda:

- Que tanto los muestreos estandarizados como los protocolos de operación sean desarrollados y evaluados por personal con el conocimiento idóneo.
- Que sean reconocidos posibles fuentes de error y sesgo en los procedimientos.
- Que se colecten y evalúen durante todas las fases de campo y de trabajo en laboratorio replicas asegurando su calidad.
- Que se considere necesario contar en un registro permanente del proyecto con copia de los procedimientos, datos y resultados.

De forma complementaria, se reseñan brevemente otras acciones e instrumentos recomendados para mejorar la calidad del Programa:

- Elaboración de Informes/reportes con medidas estándar de calidad..
- El manejo de una relación óptima entre responsables y recolectores de información.

- La realización de evaluaciones permanentes a la totalidad del personal adscrito al PEyS. No solamente para examinar el cumplimiento de funciones, sino del nivel de satisfacción y apropiación del proceso por parte de los mismos.
- Llevar a cabo permanentes reuniones con el personal del PEyS y la comunidad en general. Es aconsejable favorecer la realización de estos contactos en forma periódica, para fortalecer la construcción de procesos colectivos, mejorar las relaciones entre el equipo técnico y los usuarios, y generar lazos de confianza mutuos.
- Es necesario abordar la elaboración de distintos tipos de manuales o protocolos que permitan al personal en general conocer con claridad desde el organigrama institucional o del proyecto, hasta el desarrollo de procesos y procedimientos de evaluación y seguimiento.
- Para facilitar los procesos de documentación se pueden establecer normas de presentación, medición, análisis y mejora de informes que cumplan con el Manual de Calidad del operador, en función del cumplimiento -por ejemplo- de la norma NTC-ISO-9001/2000, que aplica a todos los procesos del sistema de gestión de calidad.
- Es importante incorporar al PEyS en la realización de las auditorias que a diferentes niveles y con distintas finalidades -internas, externas, puntuales, continuas- ayudan a conocer las posibles fallas que se puedan producir en las diversas fases que comprende la realización del proyecto de restauración ecológica.
- Deben elaborarse y ponerse a disposición del público documentos en un contexto general que expresen en nivel de avance del proceso como una de las formas de garantizar la participación.

3.1.4. *Sobre el manejo de los datos y la interpretación de los resultados (El análisis, documentación, interpretación y reporte de resultados)*

De acuerdo con Machmer y Steeger (2002) un resumen de datos en una rutina de evaluación puede consistir en una comparación de la variable respuesta considerada clave antes y después del tratamiento de restauración. Para lo cual es común utilizar fotografías, cuadros, tablas, estadística descriptiva (frecuencia, proporciones, promedios, varianza, etc.) siempre y cuando los datos sean cuantitativos.

Dado que se obtendrán datos de un mismo tratamiento en el tiempo, las gráficas juegan un papel importante para facilitar visualizar posibles cambios en la variable escogida sobre el tiempo. Se pueden aplicar análisis estadísticos más complejos cuando se cuenta con más de un tratamiento y se desea por ejemplo comparar con algún sistema de referencia o indicadores preestablecidos (p.p. ej. legislación ambiental).

Posterior al análisis de resultados, es necesario generar los respectivos comunicados a las audiencias identificadas (internas y externas); la realización de esta actividad de forma adecuada y eficiente es fundamental para obtener soporte y continuidad del proyecto. Dado que el manejo del proyecto será adaptable (INE, 2000), la calidad y entrega a tiempo de los datos de los Indicadores seleccionados son fundamentales para iterar sobre el proceso de planeación y ejecución.

Ritchlin (2001) asegura que es tan importante planear y hacer el proyecto, como celebrarlo con el grupo de realizadores, voluntarios, propietarios de terrenos, y la comunidad en general. El mismo autor manifiesta la importancia de considerar hacer videos, escritos, y hasta expresiones artísticas sobre el proyecto, así como el reconocimiento a todo participante por el esfuerzo realizado. Todo ello generará resultados igualmente positivos hacia el futuro.

En particular el preparar documentos escritos sobre el proceso demuestra que el proyecto se está realizando, que se resuelven a partir de los criterios de diseño y cumplimiento, apoya las discusiones que se generan con otras personas y entidades, documenta detalles del mismo que pueden ser olvidados, proporciona información valiosa a todos las personas adscritas al proyecto, así como para proyectos futuros de restauración e informa a los tomadores de decisiones.

En general las secciones principales en un formato general de informe de EyS deben al menos incluir una página titular, la información de autores, un resumen, introducción, descripción del área de estudio, métodos, resultados, una discusión, conclusiones, recomendaciones, reconocimientos, y la respectivas referencias literarias. En el cuadro siguiente (cuadro 2) se presentan los contenidos básicos de cada uno de estos componentes a partir de lo expuesto por Thom y Wellman (1996).

Cuadro 2. Componentes de un reporte de EyS y sus respectivos contenidos (adaptado de Thom y Wellman (1996).

Componente del	Contenido básico
----------------	------------------

Documento Programa de evaluación y seguimiento a la restauración en el D.C.

reporte	
Página titular	Provee el título del proyecto, información sobre los autores y entidades responsables, indicaciones de cómo citar el documento y sobre la cronología del mismo, es decir la etapa en la que se encuentra el proyecto (P. ej. Año 3 de 5 años de EyS).
Resumen	Se coloca directamente después de la página titular y debe proporcionar una exposición sucinta de resultados, conclusiones, y recomendaciones del informe.
Introducción	Debe contener una breve historia del proyecto, de las metas y los criterios de cumplimiento, un acercamiento al componente de evaluación y seguimiento, de la declaración concerniente al objetivo específico de la EyS, de la duración prevista del programa, y demás información relevante.
Descripción de área de estudio	Debe haber una breve descripción del sitio incluyendo la localización de las estaciones de EyS; incluir mapa, fotografías u otras ilustraciones que identifiquen claramente la localización geográfica.
Métodos	La sección de métodos debe describir brevemente métodos usados, localización de estaciones de muestreo, la sincronización del muestreo, modificaciones la métodos de muestreo o estaciones, los métodos estadísticos empleados, y demás información relevante.
Resultados	Se deben describir en términos generales los datos y observaciones hechas durante el período actual de EyS, sin interpretación. Los datos deben ser organizados para observar con facilidad los posibles cambios temporales en el sistema. Los análisis estadísticos también se presentan en esta sección.
Discusión	Aquí se interpretan los resultados, que se deben discutir brevemente en el contexto de las metas y criterios del proyecto; información ajena al mismo que sea relevante para la interpretación de resultados se puede igualmente incorporar, tanto como resaltar aquellos resultados que se desataquen en función del cumplimiento de las metas. Resultados y discusión pueden ser combinados en informes breves.
Conclusiones	La conclusión es una declaración breve del progreso del proyecto hacia la realización de metas y la resolución de criterios de cumplimiento.
Recomendaciones	En la sección de las recomendaciones, se identifican las acciones necesarias para resolver o evitar situaciones que pueden afectar el proyecto, así como nuevas directrices en el mismo, para que sean tenidas en cuenta antes de desarrollar cualquier acción.
Reconocimientos	Todos aquellos participantes en el proceso del PEyS deben aparecer aquí, técnicos, comunidad, asesores, investigadores, etc.; así como la entidad(es) que financia(n) el proyecto.
Referencias literarias	Puede constituirse de dos elementos: a) literatura citada; y b) literatura recomendada. Ambas adecuadamente desarrolladas según un formato apropiado de citación.

Para mejorar la calidad del proceso igualmente, se plantean algunos “instrumentos” que permiten en la forma más eficiente posible recolectar, procesar, reportar y analizar la información. Además permiten ordenar la información que se obtiene de campo, mediante la relación entre datos. Es importante definir que instrumentos son los más útiles para cada PEyS, y por tanto se establecen aquí algunos criterios para la selección de instrumentos, como son:

1. Definición previa de la metodología y técnica a utilizar, para ubicar un instrumento que corresponda con éstas

2. Selección del instrumento de forma que pueda ser manejado por las personas que van a aplicarlo (en términos de la capacidad y experiencia para ello)
3. Definición del nivel de precisión necesario en el instrumento, en el sentido de que las preguntas sean claras y sea de fácil comprensión
4. Seleccionar instrumentos de bajo costo en función al presupuesto disponible; y
5. Validación previa del instrumento. El instrumento debe pasar por una prueba piloto para ajustarlo, afirmarlo o descartarlo.

Se puede considerar dos clases de instrumentos:

- Según la forma: textos, gráficos y visuales.
- Según la etapa del seguimiento: recolección y procesamiento o análisis y reporte.

Los instrumentos pueden ser: tablas, matrices, gráficos, guías de análisis, informes estructurados, notas de prensa, videos y fotos. Algunos son válidos también para la etapa de recolección y procesamiento. A continuación se presentan las potencialidades y/o ventajas y limitaciones para los primeros cuatro instrumentos.

Respecto a las *tablas*, a través de ellas se puede recoger tanto información cuantitativa como cualitativa, ordenada por rubros o categorías bajo una presentación de doble entrada. El procesamiento básico de la información se expresa en frecuencias o porcentajes. Es básicamente un instrumento - resumen.

En cuanto a las *matrices*, son más completas que las tablas. Son de uso generalizado en el análisis por resumir procesos analíticos de problemas identificados, causas y recomendaciones y alternativas. Requiere previamente una clara precisión sobre lo que se busca recoger y simpleza en su diseño, para que pueda ser comprendida por todos los involucrados.

Las *guías de análisis* son otro instrumento útil aunque de menor difusión. Permiten focalizar la lectura de información hacia preguntas claves tanto a nivel individual como colectivo o grupal. Una limitación de éstas es el riesgo de que – tomadas al pie de la letra - pueden restringir la iniciativa de cada persona al ser asumidas como la orientación única posible para el análisis.

El siguiente es un ejemplo de una guía de análisis para reuniones mensuales de seguimiento que consta de cuatro preguntas claves:

1. ¿Las actividades se han realizado de acuerdo a lo planificado?
2. En caso afirmativo y en caso negativo explicar por qué
3. ¿Las actividades nos permiten lograr los productos y logros esperados? En caso afirmativo y/o negativo: ¿Qué factores internos y que factores externos al proyecto explican?
4. ¿Hay indicios sobre efectos e impactos que debemos registrar para un mayor análisis (evaluación continua)?

Por último, pero por ello no menos importante, *los gráficos*. Como ventaja se puede destacar que presentan la información procesada en tablas de forma más ágil y comprensible. En este sentido, facilitan la lectura de información para un impacto de la audiencia. Pero, por otro lado, requieren conocimiento sobre las potencialidades de las modalidades gráficas de software, como Excel, para aprovechar su uso.

3.1.5. ***Sobre las contingencias***

Los planes de contingencia tratan del qué se hará si el proyecto falla. Thom y Wellman (1996) indican que ello se debe sobre todo a un seguimiento pobre del proyecto, a diferencias en la definición de faltas, a la carencia de dirección sobre cuando hacer mantenimiento y las contingencias ser ejecutadas, y a la carencia de fondos. En este acápite se debe abordar las actividades o acciones previstas a ejecutar en caso de ocurrir eventos especiales no planificados en el PEyS o el proyecto.

En proyectos ambientales en general, el manejo de contingencias esta asociado a la mitigación, y se incluyen igualmente medidas asociadas a la predicción de los riesgos. Los accidentes por su naturaleza son inesperados y difíciles de predecir. Sin embargo, el examen sistemático del proyecto y la experiencia previa permiten estimarlos con relativa precisión. Esto conecta las evidencias con potenciales impactos causados a los realizadores del proyecto o a los diferentes componentes del sistema ecológico en estudio.

Espinoza (2002), plantea cinco etapas dentro del manejo de riesgos y accidentes: identificación del peligro, análisis del peligro, análisis de las consecuencias, determinación de los riesgos y evaluación de los resultados. Las respuestas a los accidentes están provistas por el plan de contingencias del proyecto, donde se establecen medidas para antes, durante y después del evento, particularmente para manejar potenciales impactos que surjan de estas contingencias.

Aún cuando parezca “desorbitado” realice en lo posible un análisis de riesgo, es decir un estudio o evaluación de las circunstancias, eventualidades o contingencias que - en el desarrollo de un proyecto, obra o actividad – pueden generar peligro o daño a la salud humana, al ambiente o a los recursos naturales en general (Espinoza, 2000). Tenga pues en cuenta en lo posible elementos para analizar los riesgos como son:

- Riesgos naturales: Probabilidad de ocurrencia de catástrofes debido a factores naturales
- Riesgos inducidos: Probabilidad de ocurrencia de accidentes debido a acciones del proyecto
- Prevención: Medidas para rebajar la probabilidad de ocurrencia de accidentes y catástrofes
- Control: Respuestas para controlar los impactos derivados de los accidentes y catástrofes

Y finalmente plantee una respuesta a contingencias, donde detalle las acciones a realizar como respuesta a los incidentes que se presenten en el proyecto.

3.2. Literatura Citada

Agrawal, A. and Gibson, C.C. 2001: The role of community in natural resource conservation. In Agrawal, A. and Gibson, C.C., editors, *Communities and the environment. Ethnicity, gender, and the state in community-based conservation*. New Brunswick NJ: Rutgers University Press, 1–31.

Allen, T. F. H., and T. W. Hoekstra. 1994. “Toward a definition of sustainability.” In *Sustainable ecological systems: Implementing an ecological approach to land management*. W. W. Covington and L. F. DeBano, tech. coord. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Range and Forest Experiment Station General Technical Report 247. 363 p.

Allison, G.W. 1999. The Implications of Experimental Design for Biodiversity Manipulations. *The American Naturalist* Vol. 153, no. 1. 26-45 pp.

Arango N., C. L. Matallana, J. Puyana. 2005. Planeación regional para la conservación de la biodiversidad. En: Memorias V Congreso Interno Instituto Alexander von Humboldt, (Ed.) Arango N. 229p.

Aronson, J., Floret, C., Le Flock, E., Ovalle, C y Pontainer, R. 1993. Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi – arid lands. I. A view from the South. Restoration Ecology. Society for Ecological Restoration: 8 - 17.

Atkinson, A. J., P. C. Trenham, R. N. Fisher, S. A. Hathaway, B. S. Johnson, S. G. Torres, and Y. C. Moore. 2004. Designing monitoring programs in an adaptive management context for regional multiple species conservation plans. U.S. Geological Survey Technical Report. USGS Western Ecological Research Center, Sacramento, CA. 69 p.

Barrera, J. I. y Ríos, F. 2002. Acercamiento a la ecología de la restauración. Investigadores subdirección científica, Jardín Botánico de Bogotá José Celestino Mutis. Bogotá, Colombia: 33 – 45.

Bash, J.S. and C. M. Ryan. 2002. Stream Restoration and Enhancement Projects: Is Anyone Monitoring?. Environmental Management Vol. 29, No. 6, pp. 877–885

Block, W.M., A.B. Franklin, J.P. Ward Jr., J.L. Ganey, and G.C. White. 2001. Design and implementation of monitoring studies to evaluate the success of ecological restoration on wildlife. Restoration Ecology 9: 292-303.

Boesch, D.F., M.N. Josselyn, A.J. Mehta, J.T. Morris, W.K. Nuttle, C.A. Simenstad, and D.J.P. Swift. 1994. Scientific Assessment of Coastal Wetland Loss, Restoration and Management in Louisiana. Journal of Coastal Research, Special Issue No. 20.

Bomar, Ch. R., P. Fitzgerald, and C. Geist. 1999. Ritual in Restoration: A model for building Communities. Ecol. Rest. 17:1 y 2 Spring/Summer. 67-74.

Botkin, D.B.; Peterson, D.L.; and J.M. Calhoun, technical editors, 2000. *The Scientific Basis for Validation Monitoring of Salmon for Conservation and Restoration Plans*. Olympic Natural Resources Technical Report. University of Washington, Olympic Natural Resources Center, Forks, Washington.

Boyce, S.G., McNab, W.H., 1994. Management of forested landscapes: simulations of three alternatives. *Journal of Forestry* 92(1): 27-37.

Bradshaw, A.D. 1987. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. In: *Restoration Ecology*; Eds. W.R. Jordan, M.E. Gilpin y J.D. Aber. pp: 53-74. Cambridge: Cambridge University Press.

Bradshaw, A. 1993. Restoration ecology as a science. Department of Environmental and Evolutionary Biology. University of Liverpool. *Restoration Ecology*. 2 (1): 71-73.

Cassanoves, F. 2004. Curso Análisis Estadístico de Datos e Interpretación de Resultados (Documento guía). CATIE-UTP. Pereira. Marzo.

Caughley, G., and A.R.E. Sinclair. 1994. *Wildlife ecology and management*. Blackwell Scientific Publications, Boston, 334 pp.

CCBA. 2005. Climate, Community and Biodiversity Project Design Washington DC. May 2005. At: www.climate-standards.org

Christensen, L.B. 1980. *Experimental Methodology*. Boston: Allyn and Bacon. Second Edition.

Cipollini, K.A., A. L. Maruyama, and Ch. L. Zimmerman. 2005. Planning for Restoration: A Decision Analysis Approach to Prioritization. *Restoration Ecology* Vol. 13, No. 3, pp. 460–470

Clewell, A. and J.P. Rieger. 1997. What practitioners need from restoration ecologists. *Restoration Ecology* 5: 350-354.

Clewell, A. 1993. Ecology, restoration ecology, and ecological restoration. *Society for Ecological Restoration. Restoration Ecology*. 2 (1):14.

Clewell, A. J. Rieger and J. Munro. 2000. Guidelines for Developing and Managing Ecological Restoration Projects. A Society for Ecological Restoration Publication. 11 p.

Collins, B.W. (editor). 2003. Interim Restoration Effectiveness and Validation Monitoring Protocols, California Coastal Salmonid Restoration Monitoring and Evaluation Program. March 2003, p. 320. California Department of Fish and Game, Fortuna, California.

CONIF, Minambiente y BIRF. 1999. Manual de métodos y procedimientos: Sistema de monitoreo de áreas forestales del pacífico colombiano. Bogotá.

Crumley, C.L. 1994: Historical ecology: a multidimensional ecological orientation. In Crumley, C.L., editor, Historical ecology. Santa Fe NM: School of American Research Press, 1–16

Dale, V.H. and S. C. Beyeler. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. Ecological Indicators 1: 3–10.

Doorman, P. 1998. Developing Frameworks for Restoration a Planning Perspective. Environment B·O·P. September. 8 pp.

Durán, E., L. Galicia, E. Pérez García y L. Zambrano. 2002. El paisaje en Ecología. Ciencias No. 67: 44-50 pp.

Ehrenfeld, J. G y Toth, L. A. 1997. Restoration ecology and ecosystem perspective. Restoration Ecology. 5(4): 307 – 317.

Ehrenfeld, J. G. 2000. Defining the limits or restoration: the need for realistic goals. Restoration Ecology. 8(1): 2–9.

Elzinga, Caryl L., D. W. Salzer, and J. W. Willoughby. 1998. Measuring and monitoring plant populations. BLM Tech. Reference 1730-1. BLM/RS/ST-98/005+1730.

Espinoza, G. 2002. Documento: Gestión y Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental. Cooperación Técnica N° ATN/JF-6618-RG "Programa de Apoyo para el Mejoramiento de la Gestión Ambiental en los Países de América Latina y el Caribe". BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO – BID - CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO – CED. Chile. 259 pp.

FISRWG, 1998. Stream Corridor Restoration: Principles, Processes, and Practices. By the Federal Interagency Stream Restoration Working Group (FISRWG).GPO Item No. 0120-A.

Farina, A. 1994. Principles and Methods in Landscape Ecology. Chapman and Hall, Londres.

Forman, Richard T. T. and Michel Godron. 1986. Landscape Ecology. New York: John Wiley.

Fowler, J. y Cohen, L. 1992. Practical statistics for field biology. Wiley y Sons, Chichester.

Fulé, P.Z., A. E.M. Waltz, W. W. Covington. and T. A. Heinlein. 2001. Measuring forest restoration effectiveness in reducing hazardous fuels. Journal of Forestry, Vol 99, No. 11, November 2001.

Furman, W. R. 2002. Pautas para la selección de instrumentos de seguimiento. Tomado de la Memoria del Programa Intensivo en Seguimiento y Evaluación (PRISE). Módulo II: El sistema de seguimiento en los proyectos, desarrollado del 30 de junio al 06 de julio del 2002 en Antigua, Guatemala. PREVAL y RUTA.

Furze, B., DeLacy, T. and Birkhead, J. 1996: Culture, conservation, and biodiversity. New York: John Wiley and Sons.

Galicia, L. y A.E. Zarco A. 2002. El concepto de escala y la teoría de las jerarquías en ecología. Ciencias No. 67: 44-50 pp.

Galindo-Leal, C. 1992. Overestimation of deer densities in Michilia Biosphere Reserve. Southwest. Nat. 37:209-212.

Gibbs, J. P., H. L. Snell, and C. E. Causton. 1999. Effective monitoring for adaptive wildlife management: lessons from the Galapagos Islands. *Journal of Wildlife Management* 63 (4):1055-1065.

Gómez Orea, D. 1999. *Evaluación del Impacto Ambiental*. Ed. Agrícola. España.

Gross, J. E. 2003. *Developing Conceptual Models for Monitoring Programs*. NPS Inventory and Monitoring Program, Oak Ridge Drive, Ft Collins, CO, (970) 267-2111.

Haney, A., and R. L. Power. 1996. Adaptive management for sound ecosystem management. *Environmental Management* 20:879–886.

Harris, G.P. 1994. Pattern, process and prediction in aquatic ecology. A limnological view of some general ecological problems. *Freshwater Biol.* 32: 143–160.

Heath, O.V.S. 1977. *La estadística en la investigación experimental*. Cuadernos de Biología. Omega, Barcelona.

Heath, D. 1995. *An Introduction to Experimental Design and Statistics for Biology*. University College London. London. 372 pp.

Hellawell, J.M. 1991. Development of rationale for monitoring. 1-14 p. In: *Monitoring for conservation and ecology*; Ed. F.B. Goldsmith. Conservation Biology Series. Chapman y Hall.

Hernández, R., C.F. Collado y P. Baptista. 1998. *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill. Segunda edición.

Hobbs, R.J. and D.A. Norton. 1996. Towards a conceptual framework for restoration ecology. *Restoration Ecology* 4: 93-110.

Hobbs, R.J. and Harris, J.A. 2001. Restoration ecology: Repairing the Earth's damaged ecosystems in the new millennium. *Restoration Ecology*. 9, 239 – 246

Holl, K.D. 1996. Restoration Ecology: Some New Perspectives. In: A. Breymeyer And R. Noble (Eds.). Preservation of Natural Diversity in Transboundary Protected Areas: Research Needs/Management Options. Nat. Aca. Press. 25-35 pp.

Holl, K.D., Loik, M.E., Lin, E.H.V. y Samuels, I.A. 2000 .Tropical forest restoration in abandoned pastures in Costa Rica: obstacles and opportunities. *Rest. Ecol.* 8, 339–349.

Holl, K.D. and J. Cairns Jr.2002. Monitoring and appraisal In: Perrow M.R And A.J. Davy (Eds.). Handbook of Ecological Restoration. Vol I. Cambridge University. 411-432 pp.

Holl, K.D., Crone, E.E. y Schultz, C.B. 2003. Landscape restoration: moving from generalities to methodologies. *Bioscience*, 53, 491–502.

Holling C. S. (1978) *Adaptive Environmental Assessment and Management* . John Wiley y Son, Chichester.

Horner, R.R., and K.J. Raedeke. 1989. *Guide for Wetland Mitigation Project Monitoring*. Report No. WA-RD 195.1. Washington State Department of Transportation, Olympia, Washington.

Hurlbert, S.H. 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monog.* 54 NO. 2:187-211.

International Fund for Agricultural Development (IFAD). En línea. Gestión orientada la impacto en el desarrollo rural. Guía para el SyE: Anexo A (Glosario de conceptos y términos de SyE). 12 pp. www.ifad.org

Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH). 2005. Documento del curso-taller: Manejo de *INFORMAR Andes* y su aplicación en los procesos de estimación de indicadores relacionados con biodiversidad. 97 pp.

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2000. Ley General de Vida Silvestre. SEMARNAP, México.

Jackson, L.E., J. C. Kurtz, and W.S. Fisher, (eds). 2000. Evaluation Guidelines for Ecological Indicators. EPA/620/R-99/005. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development, Research Triangle Park, NC. 107 p.

Jeffers, J. N. R. 1991. Modelos en ecología. Traducido por Javier Retana. Vilassar de Mar, Barcelona : Oikos-tau. 96 p.

Jiménez, P. J., O. Aguirre C., E. Treviño G., E. J. Garza, S. Medellín., G. Alanís F. Y E. Canales. 2002. Priorización: Grados de Riesgo y Daño en el Área y Vegetación. En: Curso de Restauración de Áreas Quemadas para ONG'S Conservacionistas. Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza. Agencia para el Desarrollo Internacional de Estados Unidos. 20 p.

Jordan, W., Gilpin, M y Aber, J. 1987. Restoration ecology. Ecological restoration as a technique for basic research. In: Applying Ecology. Alan Beeby. Cambridge University. pp 3-21.

Kentula, M.E., R.P. Brooks, S. Gwin, C. Holland, A.D. Sherman, and J. Sifneos. 1992. *An Approach to Improving Decision Making in Wetland Restoration and Creation*. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Corvallis, Oregon.

Kondolf, G. M. and E. R Micheli. 1995. Evaluating Stream Restoration Projects. *Environmental Management* 19(1): 1-15.

Kondolf, G. M. 1995. Five elements for effective evaluation of stream restoration. *Restoration Ecology* 3(2): 133-136.

Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology* (2nd Edition). Addison Wesley, Menlo Park, CA.

Kremen, C., Merenlender, A.M. and Murphy, D.D. 1994: Ecological monitoring: a vital need for integrated conservation and development programs in the tropics.

Kremen, C., Raymond, I. and Lance, K. 1998: An interdisciplinary tool for monitoring conservation impacts in Madagascar. *Conservation Biology* 12(3), 549-63.

Labovitz, S. y R. Hagedorn. 1976. Introducción to social research. Nueva York: McGraw-Hill. Segunda edición.

Lamb, D., y D. Gilmour. 2003. Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF, Gland, Switzerland. x +110 pp.

Landin, M.C. 1995. The role of technology and engineering in wetland restoration and creation. In Proceedings of the National Wetland Engineering Workshop, August 1993, ed. J.C. Fischenich et al. Technical Report WRP-RE-8. U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Mississippi.

Lewis C.A., N.P. Lester, A.D. Bradshaw, J.E. Fitzgibbon, K. Fuller, L. Hakanson, and C. Richards. 1996. Considerations of scale in habitat conservation and restoration. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 53 (Suppl. 1): 440–445.

Loeb, S.L., and A. Spacie. 1994. Biological monitoring of aquatic systems. Papers presented at a symposium held Nov. 29- Dec. 1, 1990, at Purdue University. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida.

Loreau, M., S. Naeem, P. Inchausti, J. Bengtsson, J. P. Grime, A. Hector, D. U. Hooper, M. A., Huston, D. Raffaelli, B. Schmid, D. Tilman, and D. A. Wardle. 2001. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Current Knowledge and Future Challenges. SCIENCE Vol. 294: 804 – 808 pp.

Luken J.O. 1990. Directing Ecological Succession. Department of Biological Sciences, Northern Kentucky University, USA. Chapman and Hall. Pp 1-211.

Machmer, M and Ch. Steeger. 2002. Effectiveness Monitoring Guidelines For Ecosystem Restoration. Final Report. Submitted to: Habitat Branch, Ministry of Water, Land and Air Protection. Victoria, B.C. 22 p.

Machmer, M.M., H. Page and C. Steeger. 2002. An effectiveness monitoring plan for NDT4 ecosystem restoration in the Rocky Mountain Trench. Report prepared for Habitat Branch, Ministry of Water, Land and Air Protection, Victoria. 56 p.

MacDonald, L.H., A.W. Smart, and R.C. Wissimar. 1991. Monitoring guidelines to evaluate effects of forestry activities on streams in the Pacific Northwest and Alaska. EPA/910/9-91-001. Seattle, WA: U.S. Environmental Protection Agency and University of Washington. 166p.

MacMahon, J.A. 1997. Ecological Restoration. In: Meffe, G.K. and Carroll, C.R. (Eds.). Principles of Conservation Biology. Second edition. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, Massachusetts, USA, pp. 479-511.

Magurran, A. E. (1988). Ecological Diversity and Its Measurement. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Manley, P. N., W. J. Zielinski, C. M. Stuart, J. J. Keane, A. J. Lind, C. Brown, B. L. Plymale, and C. O. Napper. 2000. Monitoring ecosystems in the Sierra Nevada: The conceptual model foundations. Environmental Monitoring and Assessment 64:139-152.

Marcot, B. G., W. E. McConnaha, P. H. Whitney, T. A. O'Neil, P. J. Paquet, L. Mobrand, G. R. Blair, L. C. Lestelle, K. M. Malone, and K. I. Jenkins, 2002, *A multi-species framework approach for the Columbia River Basin: integrating fish, wildlife, and ecological functions*, Northwest Power Planning Council, Portland, Oregon.

Margoluis, R. and N. Salafsky. 1998. Measures of Success: Designing, Managing, and Monitoring Conservation and Development Projects. Island Press, Washington, D.C.

Mayr, E. 1991. One Long Argument. Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought. Harvard Univ. Press, Cambridge, Mass.

Meffe, G. K. y C. R. Carroll. (eds.). 1994. Principles of Conservation Biology. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massachusetts.

Ministry of Water, Land and Air Protection (MWLAP). Ecological Restoration Guidelines For British Columbia. <http://www.gov.bc.ca/wlap/>. 2005, en línea.

Moir W. H. and Block W. M. (2001) Adaptive management on public lands in the United States: Commitment or rhetoric? *Environmental Management* **28**, 141–148.

Montgomery, D.C. (1991). *Diseño y Análisis de Experimentos*. Grupo Editorial Iberoamérica.

Morales, G., M. Andrade H., y A. Hernández Y. 1999. Guía para la elaboración de programas de manejo para áreas naturales. Basada en experiencias en América Latina. The Natural Conservancy. 53 p.

Morrison, M.L. y B.G. Marcot. 1995. An evaluation of resource inventory and monitoring program used in national forest planning. *Environmental Management* 19: 147-156.

Morrison, M.L. 2001. Introduction: concepts of wildlife and wildlife habitat for ecological restoration. *Restoration Ecology* 9: 251-252.

National Academy of Sciences (NAS). 2004. Adaptive Monitoring And Assessment For The Comprehensive Everglades Restoration Plan. The National Academies Press. 122 pp.

National Park Service (NPS). En línea (2005). Guidance for Designing an Integrated Monitoring Program en: <http://science.nature.nps.gov/im/monitor/GoalsObjectives.htm>. U.S. Department of the Interior.

Noss, R. F., y A. Y. Cooperrider. 1994. Saving Nature's Legacy: Protecting and Restoring Biodiversity. Island Press, Washington, D.C. 416 pages.

Noos, R. 1990. Indicators for monitoring Biodiversity: A Hieratical Approach. *Concerv. Biol.* 4(4): 355-364.

NRC (National Research Council). 1992. Restoration of Aquatic Ecosystems. National Academy Press, Washington, D.C.

NRC (National Research Council). 1995. Review of EPA's environmental monitoring and assessment program: Overall evaluation. National Academy Press, Washington, D.C.

NRC (National Research Council). 2004. Adaptive Management for Water Resources Project Planning. Panel on Adaptive Management for Resource Stewardship, Committee to Assess the U.S. Army Corps of Engineers Methods of Analysis and Peer Review for Water Resources Project Planning, 138 p.

ONRC. 2000. The scientific basis for validation monitoring of salmon for conservation and restoration plans. Report of the validation Monitoring Panel to the Olympic Natural Resources Center, College of Forest Resources, University of Washington, Seattle.

Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). 1994. Environmental Indicators: Environment Monographs No. 83. Paris.

Ortiz N., Betancourth J.C., Bernal N.R. y López M.O. 2004. Sistema de Indicadores de Seguimiento de la Política de Biodiversidad en Colombia: aspectos conceptuales y metodológicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Serie: Indicadores de Seguimiento y Evaluación de la Política de Biodiversidad. 57 p.

Palmer, M. A., Ambrose, R. F y Poff, N. L. 1997. Ecological theory and community restoration ecology. Restoration Ecology. 5 (4): 291 – 300.

Parker, R.E. 1981. Estadística para biólogos. Cuadernos de Biología. Omega, Barcelona.

Parma, A. M., and NCEAS Working Group on Population Management. 1998. What can adaptive management do for our fish, forests, food and biodiversity? Integrative Biology 1:16–26.

Parrish, J. D., D. P. Braun, and R. S. Unnasch. 2003. Are we conserving what we say we are? Measuring ecological integrity within protected areas. Bioscience 53:851–860.

Patil, G.P, R. P. Brooks, W.L. Myers,D.J. Rapport and Ch. Taillie 2001. Ecosystem Health and Its Measurement At Landscape Scale: Towards The Next Generation Of Quantitative Assessments. Ecosystem Health Vol. 7 No. 4. 307-316 pp.

Perrow, M.R. y A.J. Davy. 2002. Eds.: Handbook of ecological restoration. Volume 1: Principles of restoration. Cambridge University Press.

Pielou, E. C. 1977. Mathematical Ecology. Wiley, New York.

Pickett, S.T.A., Kolasa, J., Armesto, J.J., and Collins, S.L. 1989. The ecological concept of disturbance and its expression at various hierarchical levels. *Oikos*, 54: 129–136.

Pickett, S.T.A. and M.J. McDonnell. 1989. Changing Perspectives In Community Dynamics: A Theory Of Successional Forces. *Trends In Ecology And Evolution* 4:241-245.

Poiani, K., B. Ritcher, .G. Anderson, and H. E. Ritcher. 2000. Biodiversity conservation at multiple scales. *Functional Sites, Landscapes, and Networks*. Bioscience. Vol. 50 No. 2 113 – 146 p.

Poiani, K., y B. Ritcher. 2000. Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad. Documentos de trabajo para la ciencia de la conservación no. 1. The Nature Conservancy. 12 pp.

Prabhu, R., C. J. P. Colfer and R.G. Dudley. 1999. Guidelines for Developing, Testing and Selecting Criteria and Indicators for Sustainable Forest Management, A Cyl Developer's Reference. ¹The Criteria y Indicators Toolbox Series. Center for International Forestry Research (CIFOR). 183 p.

Prado-Castillo, L.F y S. Montoya. 2004. Diseño de experiencias piloto como estrategias de restauración ecológica en potreros abandonados e invadidos por retamo espinoso (*Ulex europaeus L.*), en la subcuenca media y alta del Río Teusacá, Cerros Orientales de Bogotá D.C., Colombia. En: memorias del Simposio Internacional de Restauración Ecológica. Cuba. Noviembre.

Rapport, D.J., Regier, H.A. and Hutchinson, T.C. (1985) Ecosystem behaviour under stress. *The American Naturalist* 125(5): 617-640.

Rapport, D.J., Costanza, R., Epstein, P., Gaudet, C. y Levins, R. (eds) (1998) *Ecosystem Health*. Blackwell Science, Oxford, UK. 372pp.

Real Academia Española (RAE). En línea. Diccionario en línea. www.rae.es

Ricklefs, R.E. 1987. Community diversity: relative roles of local and regional processes. *Science*, New series, Vol. 235, No. 4785: 167-171 pp.

Ringold, P. L., J. Alegria, R.L. Czaplewski, B.S. Mulder, T. Tolle, K. Burnett. 1996. Adaptive Monitoring Design for ecosystem management. *Ecol. Appl.*, 6 (3), 745-747 pp.

Risser, P.G. 1995. Biodiversity and Ecosystem function. *Conservation Biology*. Vol. 9 No. 4: 742-746 pp.

Ritchlin, Jay. 2001. Healing the Land... Healing Ourselves. A Guide to Ecological Restoration Resources for BC. BC Environmental Network Educational Foundation, March 2001.

Robles, T. y R. Luna. 1999. Elaboración de Indicadores para proyectos ambientales-PROARCA/CAPAS. Proyecto financiado por la Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). 42 p.

Ross, D. y G. McRobie. 1989. A Feasibility Study for a Centre for Community Economic Development at Simon Fraser University. Burnaby: Community Economic Development Centre, Simon Fraser University. <http://www.sfu/cedc>

Sabine, E., G. Schreiber, A. R. Bearlin, S. J. Nicol y Ch. R. Todd. 2004. Adaptive management: a synthesis of current understanding and effective application. *Ecological Management y Restoration* Vol. 5, No. 3. December. 177 – 182 pp.

Saval, S. 1998. La reparación del daño. Aspectos técnicos: Remediación y restauración. <http://www.bibliojuridica.org>

Society for Ecological Restoration International Science y Policy Working Group. 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration. www.ser.org y Tucson: Society for Ecological Restoration International.

Soberón, J., Rodriguez, P. and Vazquez-Dominguez, E. 2000: Implications of the hierarchical structure of biodiversity for the development of ecological indicators of sustainable use. *Ambio* 29(3), 136–42.

SRFB. 2003. Assessment of Monitoring Methods and Benefits for Salmon Recovery Funding (SRF) Board Projects and Activities. Prepared to: Taylor Associates, Inc., Cascadia Consulting Group, R2 Resource Consultants, Inc. WA. 169 pp.

Taylor, B., L. Kremstaer, and R. Ellis. 1997. Adaptive Management of Forests in British Columbia. Forest Practices Brnach, BC Ministry of Forests, Victoria, BC. 93pp.

The Nature Conservancy. 1999. Vegetation monitoring in a management context. A workshop coordinated by The Nature Conservancy. Indiana Dunes National Lakeshore, IL.

Thom R.M. and K. F. Wellman. 1996. Planning Aquatic Ecosystem Restoration Monitoring Programs. Evaluation of Environmental Investments Research Program. IWR for U.S. Army Corps of Engineers - Report 96-R-23. 128 pp.

Tilman, D. 1996. Biodiversity: Population versus ecosystem stability. *Ecology*, Vol. 77 No. 2: 350-363 pp.

Tilman, D. 1999. The ecological consequences of changes in biodiversity: A search for general principles. *Ecology*, Vol. 80 No. 5: 1455-1474 pp.

Turner, M.G., 1989. Landscape ecology: the effect of pattern and process. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 20:171-197.

UNEP. 2001. "Indicators and environmental impact assessment". Convention on Biological Diversity. Subsidiary Body on Scientific, Technical and Technological Advice. Montreal.

USDA. 2004. Multiparty Monitoring Handbook 4 – Monitoring Ecological Effects (PDF). Forest Service's Inventory and Monitoring Institute. published by the Ecological Restoration Institute at NAU. 76 p. <http://www.fs.fed.us/institute>

Walters, C. J. 1986. Adaptive management of renewable resources. Macmillan, N.Y.

Walters, C. J., and C. S. Holling. 1990. Large-scale management experiments and learning by doing. *Ecology* 71(6):2060-2068.

Washington Salmon Recovery Funding (SRF) Board, 2002. Draft Monitoring and Evaluation Strategy for Habitat Restoration and Acquisition Projects. 24 pp.

Wyant, J. G., R. A. Meganck, and S. H. Ham. 1995. A planning and decision making framework for ecological restoration. *Environmental Management* 19:789–796.

Winograd, M., M. Aguilar, A. Farrow, L. Segnestam, M. Linddal, and J. Dixon. 1999. Conceptual framework to develop and use water indicators. CIAT/WORD BANK/UNEP Project. Rural sustainability indicators: Outlook for Central America. Technical Note. Cali –Colombia.

Yoccz, N.G. 1991. Commentary: Use, Overuse, and Misuse of Significance Tests in Evolutionary Biology and Ecology. *Bull. Ecol. Soc. Am.* 72:106-111.

Young, T.P. 2000. Restoration ecology and conservation biology. *Biol. Cons.* 92: 73-83.

Zar, J.H. 1984. Biostatistical analysis, 2nd edition. Prentice-Hall, New Jersey.

Zonneveld, I. 1979. Land Evaluation and Landscape Science. ITC. Textbook VII-4. Enschede, Holland.

Zonneveld, I. 1995. Land Ecology. An introduction to landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation. SPB Academic Publishing, Amsterdam.

Zunino M.A. y A. Zullini. 2003. Biogeografía: la dimensión espacial de la evolución. Fondo de Cultura Económica. México. 359 p.