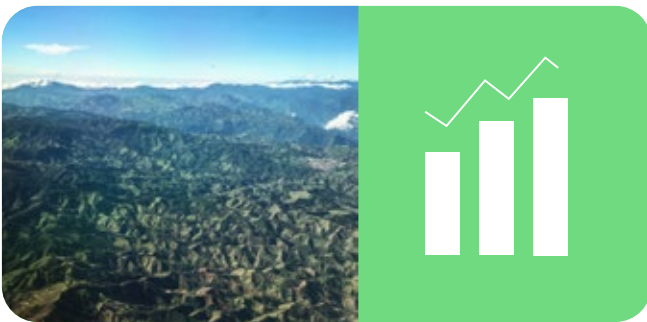




## Criterios, indicadores y cuantificadores para el monitoreo

Las metas deben considerar una serie de **criterios** que representen las características o atributos bióticos y físicos (criterios biofísicos) ideales de una población, comunidad, ecosistema o paisaje (Noss, 1990). Se recomienda que los criterios biofísicos incluyan características del ecosistema de referencia a nivel de biodiversidad, estructura, composición, función y de los procesos ecológicos (Ruiz y Aide, 2005a) y sociales (Rey Benayas et al., 2009; Calle et al., 2015).



Los criterios deben ser evaluados mediante una serie de **indicadores**, los cuales son aquellas variables cuya presencia, ausencia o fluctuación evidencian los cambios que está teniendo el ecosistema (Dale y Beyeler, 2001).

También existen los criterios socioeconómicos que representan los ideales de usos y beneficios que tendrán los seres humanos directamente, desde el proceso de restauración. En este caso, se recomiendan criterios relacionados con las nuevas oportunidades laborales y la participación de la comunidad social durante todo el proceso. Finalmente, están los criterios de gestión, los cuales reflejan los mecanismos, procesos o instrumentos de planificación que se deben ejecutar para garantizar el éxito de la restauración y la optimización en el uso de los recursos.

Los criterios deben ser evaluados mediante una serie de **indicadores**, los cuales son aquellas variables cuya presencia, ausencia o fluctuación evidencian los cambios que está teniendo el ecosistema (Dale y Beyeler, 2001).



## Características de los indicadores:

- Los indicadores siempre deben estar basados en datos verificables, es decir en datos que se encuentren en repositorios de datos, debidamente documentados y que permitan recalcular, si es necesario.
- Reactivos a los cambios en la variable de interés, deben ser acordes con los objetivos y metas, y suficientemente sensibles para emitir una alerta del cambio.
- Los indicadores deben poder usarse ampliamente en toda el área, mientras la duración del proceso de restauración.
- De fácil comprensión y uso. Se debe entender la incertidumbre asociada a los datos o al análisis que permitió el cálculo del indicador. Para hacer uso del indicador se deben conocer la procedencia de los datos y sus limitaciones.
- El indicador no debe emitir un juicio sobre su resultado, es decir, este NO debe ser redactado con palabras como: incremento de, reducción de, mejora de, etc., pues es justamente esta interpretación la que debe ser evidenciada por el cálculo del indicador y no ser una cualidad del indicador en sí mismo.
- Los indicadores no deben ser redundantes con otras variables utilizadas, deben ser fáciles de tomar y tener una buena relación costo-beneficio en los momentos de medir, coleccionar, probar y calcular.
- Deben ser capaces de diferenciar entre ciclos o tendencias naturales y los cambios inducidos por el hombre.
- Deben ser relevantes desde los criterios biofísicos.
- Es ideal que tales indicadores sean tomados de varios de los componentes y niveles de organización del sitio que se va a restaurar.
- Puede existir más de un indicador por meta.

Los valores de cada indicador están definidos por los cuantificadores o métricas: un cuantificador permite traducir en unidades específicas los procesos ecosistémicos y permite el análisis y la interpretación con respecto al alcance de los objetivos de restauración (Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2009).



## Recomendaciones para la selección y uso de los cuantificadores:

- 1 ¿Qué se va a evaluar?, ¿por qué y para qué?
- 2 Son coherentes, con el objetivo de restauración y las metas del proceso.
- 3 Seleccionar cuantificadores, dependiendo de cada tipo de ecosistema, proceso de restauración y tipo de disturbio.
- 4 Comparar los cuantificadores del sistema prerestauración, postrestauración y del ecosistema de referencia.
- 5 Para la toma de datos de los indicadores y cuantificadores se debe seguir un método estandarizado de registro y análisis de datos. Existen múltiples métodos de muestreo de la biodiversidad (fauna, suelo, vegetación, etc.), los cuales están debidamente explicados en varias publicaciones y suelen estar disponibles en internet o en bibliotecas especializadas. En Aguilar y Ramírez (2015a) se presentan métodos para algunos grupos.

Los valores de cada indicador están definidos por los cuantificadores o métricas: un cuantificador permite traducir en unidades específicas los procesos ecosistémicos y permite el análisis y la interpretación con respecto al alcance de los objetivos de restauración (Pacto pela Restauração da Mata Atlântica, 2009).



Para continuar, cabe recordar que uno de los aspectos más importantes en el programa de monitoreo es la coherencia entre los objetivos, metas, criterios, indicadores, cuantificadores y métodos para la toma y análisis de la información.



A continuación, se presenta un listado con algunos aspectos que se recomiendan considerar, en el momento de plantear el programa de monitoreo (SER, 2004; Herrick et al., 2006; Hobbs, 2007; Barrera, et al., 2010):

- Las metas y objetivos de restauración deben plantearse desde el inicio del proceso de restauración y deben dar una respuesta clara sobre el cumplimiento de los mismos.
- Se debe contar con un diagnóstico de restauración, en el cual se establezca con claridad el estado inicial del ecosistema, las características del ecosistema de referencia y los diferentes posibles estados transicionales de la trayectoria de recuperación.
- Se deben establecer con claridad las tipologías de áreas que se van a restaurar, las técnicas que se deben aplicar y los objetivos de restauración para cada una de ellas.
- La toma de datos y su análisis deben emplear métodos sencillos, económicos, eficientes y replicables.
- Los datos deben registrarse de manera continua y deben estar disponibles a largo plazo.
- Los datos deben ser acumulativos.
- La eficiencia de los datos registrados debe ser alta, los costos mínimos y debe ser bajo el esfuerzo de muestreo.
- Se debe contar con un grupo de cuantificadores fáciles de medir e indicadores que en conjunto den cuenta clara del éxito o fracaso del proceso de restauración, y que además puedan ser medidas a corto, mediano y largo plazo.
- Se deben plantear criterios de evaluación con umbrales que permitan dar una alerta temprana sobre las decisiones posteriores de manejo.
- Se debe plantear el seguimiento a las diferentes escalas espacio-temporales y el proceso de evaluación se debe hacer a corto, mediano y largo plazo.
- Se deben establecer diseños de muestreo y formatos para la toma de datos claros y útiles a largo plazo.
- Se deben establecer indicadores para cada criterio y criterios para cada meta de restauración, estos deben ser viables, verificables y eficientes. Dichos indicadores deben describirse de acuerdo con: 1) Las fuentes o medios de verificación (unidades de medición y tipos de variables que lo integran), 2) Periodicidad (frecuencia y temporalidad de las mediciones), 3) Responsables de la toma de datos, 4) Instrumentos para la toma de datos y 5) Descripción de los análisis de los indicadores.
- Constituir un equipo idóneo para la toma y análisis de datos de acuerdo con las variables que se van a evaluar y con los métodos que se deben seguir.



En las siguientes tablas se encuentra información de apoyo para determinar los criterios, indicadores y cuantificadores para el monitoreo; basados en: Aguilar y Ramírez (2015a), en Noss (1990), Dale y Beyeler (2001) y Cabrera (2014).

Anexo 1. Criterios, indicadores y cuantificadores para el monitoreo a los procesos de restauración ecológica en ecosistemas terrestres.

Tomado de: Aguilar y Ramírez (2015a).

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR	
<b>Monitoreo a escala paisaje: tomado de Isaacs y Ariza (2015)</b>			
Composición del paisaje	Composición	Tipo de coberturas presentes	
Configuración	Presencia de parches	Número de parches	
	Extensión o tamaño	Área	
	Áreas transformadas o disturbadas		Número de parches
			Área del parche
	Fragmento más grande	Área del parche	
	Forma	Valor de forma	
	Núcleo	Área del núcleo	
Conectividad		Distancia ente parches	

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR
<b>Suelo: tomado de Pizano y Curiel (2015)</b>		
Físicos	Textura del suelo	Porcentaje de arena, limo y arcilla
	Densidad aparente	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
	Profundidad del suelo	Profundidad (cm)
	Estabilidad de agregados	Porcentaje de estabilidad
	Infiltración	Velocidad (mm/h)
	Materia orgánica	Porcentaje de materia orgánica
Químicos	pH	pH de 0 a 7
	Conductividad eléctrica	ds/m
	Capacidad de intercambio catiónico	Cmol/kg
Biológicos	Biomasa microbiana	Biomasa microbiana de carbono
	Diversidad y composición de la comunidad microbiana	Índice de diversidad
<b>Escarabajos coprófagos: tomado de Cultid y Medina (2015)</b>		
Composición	Composición de especies de ecosistemas de referencia	Incidencia de especies típicas de ecosistemas de referencia
	Composición de especies de áreas disturbadas	Incidencia de especies típicas de áreas disturbadas
	Especies exóticas	Incidencia de especies exóticas
Estructura	Riqueza	Diversidad verdadera
	Diversidad general	Índice de diversidad de Shannon
	Diversidad especies abundantes	Recíproco índice de diversidad de Simpson
	Cambio en la diversidad	Razón de cambio en la diversidad
Función	Incidence de grandes y pequeños escarabajos rodadores	Riqueza, abundancia y biomasa del gremio de rodadores
<b>Hormigas: tomado de Jiménez et al. (2015)</b>		
Composición y estructura	Ensamblaje de especies	Riqueza de especies
		Frecuencia de captura
	Especies indicadoras	Proporción de especies invasoras, endémicas, típicas del ecosistema de referencia o de áreas disturbadas

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR
	Relaciones de dominancia	Relación de la abundancia de una especie con la riqueza de otras especies de hormigas en el recurso alimenticio
Función	Gremio o grupo funcional	Riqueza, composición y abundancia del gremio o del grupo funcional
	Remoción secundaria de semillas por hormigas	Número de especies que dispersan semillas
		Tasa de remoción de semillas nativas mirmecócoras y no mirmecócoras
<b>Herpetofauna: tomado de Urbina et al. (2015)</b>		
Composición	Abundancia	Tasas de encuentro
	Riqueza	Porcentaje de similitud de curvas del área en restauración respecto al ecosistema de referencia
	Especies exóticas	Número de especies exóticas
	Condición corporal de especies clave	Incremento en el índice de condición corporal
		Incremento en la similitud del índice de condición corporal con respecto al ecosistema de referencia
	Biomasa de especies clave	Incremento de la biomasa
Composición de ensamblajes	Diversidad beta entre el área restaurada y el ecosistema de referencia	
Estructura	Curvas de rango-abundancia	Número de especies raras
	Dinámica temporal de la abundancia de especies clave	Tasa de cambio per cápita de densidad poblacional a lo largo del tiempo
	Demografía y detectabilidad de especies clave	Cambio en los parámetros demográficos
	Estructura trófica	Cambio o similitud en la estructura, cohesión y conectividad del área restaurada respecto al ecosistema de referencia

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR
	Éxito reproductivo de especies clave	Tasa de supervivencia en aumento hacia la existente en el ecosistema de referencia
Función	Diversidad funcional	Número y tasa de cambio de grupos funcionales
<b>Aves: tomado de Contreras y Peralta (2015)</b>		
Estructura	Machos y hembras	Proporción de machos y hembras
	Diversidad/Equidad	Tasa de cambio en el índice de Shannon
	Diversidad de aves frugívoras	Tasa de cambio -Índices de Shannon y Simpson
Composición	Abundancia relativa	Tasa de cambio en la abundancia relativa
		Crecimiento poblacional
		Tasa de cambio en la frecuencia de detección
	Riqueza específica	Tasa de cambio en la riqueza
	Aves frugívoras, predadoras de semilla, nectarívoras, ladronas de néctar, insectívoras y rapaces	Porcentaje de aves frugívoras, predadoras de semilla, nectarívoras, ladronas de néctar, insectívoras y rapaces
Función	Anidación	Número de nidos
	Grupos alimenticios	Número de grupos alimenticios diferentes
		Tasa de cambio en la proporción de grupos alimenticios
Tamaño corporal: aves frugívoras, predadoras de semilla	Tamaño corporal	
<b>Mamíferos: tomado de Díaz et al. (2015)</b>		
Composición	Abundancia relativa (nivel población)	Relación entre los registros por especie y el esfuerzo de muestreo y su tasa de cambio
	Presencia (nivel población)	Tasa de cambio en la presencia de especies

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR
	Riqueza (comunidades)	Tasa de cambio en el número de especies y estimadores Chao 2, ICE y Jackknife 2
Estructura	Estructura poblacional	Tasa de crecimiento poblacional, número de individuos, crías, machos y de hembras
	Dominancia y diversidad	Tasa de cambio en el Índice de Simpson y Simpson
	Homogenización biótica	Tasa de cambio del índice de homogenización biótica
Función	Grupo funcional	Número y tipo de grupos funcionales
		Tasa de cambio de los grupos funcionales
	Dispersión potencial de semillas	Proporción de registros de semillas potencialmente dispersadas
	Dispersores de semilla	Cambio en la abundancia y composición de dispersores de semilla
<b>Vegetación: tomado de González et al. (2015)</b>		
Composición	Especies	Número de familias, géneros y especies
	Origen	Proporción nativas y exóticas
	Índice de riqueza de especies	Riqueza y tasa de cambio en la riqueza
	Índice de disimilaridad	Porcentaje de disimilaridad
Composición/Estructura	Índice de riqueza de especies	Tasa de cambio del índice
	Índice de equidad	Tasa de cambio en el índice de diversidad/equidad
	Índice de dominancia	Tasa de cambio en el índice de diversidad/dominancia
	Índice de valor de importancia de las especies (IVI)	Tasa de cambio en el IVI y similitud con respecto al ecosistema de referencia
	Índice de predominio fisionómico (IPF)	Tasa de cambio en el IPF y similitud con respecto al ecosistema de referencia

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR
Estructura	Densidad de individuos	Número de individuos/Unidad de área
	Desarrollo del tallo	Incremento de diámetro
	Crecimiento vertical	Incremento en altura
	Ocupación del espacio	Incremento en la cobertura de la copa
	Índice de densidad	Individuos/Área
	Mortalidad y reclutamiento	Tasa de mortalidad y de reclutamiento
	Desarrollo del tallo	Incremento del diámetro
	Factor ocupación del espacio	Incremento en la cobertura de la copa
	Relación crecimiento vertical	Incremento en altura
	Indicador- Posición sociológica	Distribución por clases diamétricas, alturas y coberturas
	Índice de adelanto floral	Tasa de maduración fenológica
	Estratificación vertical	Incremento en el número y tipos de estratos
Función	Estado fitosanitario	Síntomas sanitarios o afecciones físicas
	Forma de crecimiento	Valor de existencia
	Fenología	Valor de existencia
	Grupos funcionales	Incremento y similitud de grupos funcionales con relación al ecosistema de referencia

Anexo 2. Criterios, indicadores y cuantificadores socioeconómicos para la restauración ecológica, basados en Rey Benayas et al. (2009); Aronson et al. (2010); Pacto pela Restauração da Mata Atlântica (2013); Cabrera, 2014 y Calle et al. (2015).

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR
Participación colaborativa	Personas involucradas o representadas en el proyecto	Número de individuos y grupos de beneficiados o involucrados en el proyecto

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR	
Sostenibilidad comunitaria	Organización territorial y sistemas productivos sostenibles	Número, tipo y porcentaje de prevalencia de fincas con sistemas productivos sostenibles.	
		Número de fincas o predios con ordenamiento territorial y porcentaje de prevalencia de fincas ordenadas en el tiempo.	
		Incremento de ingresos mensuales y anuales, a partir de la organización predial o de los sistemas productivos sostenibles.	
	Generación de oportunidades de negocio		Número de empresas locales creadas
			Ingresos generados a partir de los negocios
			Número de personas beneficiadas
			Número y tipo de negocios que persisten en el tiempo
			Número de miembros de la comunidad de empleados
	Generación de empleo		Número de jornales generados
			Número y tipo de empleos generados
			Número y tipo de empleos o jornales que persisten en el tiempo
	Eficiencia energética		Número de hogares con estufas ahorradoras de combustible
			Tasa de disminución por finca en el consumo de leña como combustible
			Tasa de disminución en el consumo de gas o energía eléctrica
			Número de hogares con sistemas energéticos eficientes
	Apoyo a la restauración	Compromiso de la comunidad local	Número de mingas comunitarias para la implementación de la restauración
			Número de personas que participan voluntariamente en las mingas
			Número de compromisos socioambientales realizados

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR
Apoyo a la restauración	Compromiso de la comunidad local	Número de iniciativas comunitarias de protección, educación, uso sostenible o de restauración
Fortalecimiento de capacidades	Participación comunitaria	Número de personas por grupo etario que participan
		Número de trabajadores y miembros de la comunidad entrenados
		Número de actores sociales que participan en el monitoreo
		Número de personas que cambian su modo de generación de ingresos, gracias a las capacitaciones
		Número de personas o de grupos en capacidad de asesorar a otras comunidades para realizar restauración ecológica
Servicios ecosistémicos (regulación y provisión)	Disponibilidad de agua	Número de beneficiarios que reciben agua potable
		Caudal disponible a lo largo de todo el año
	Deslizamientos	Número de deslizamientos en épocas lluviosas
		Pérdidas anuales en dólares por deslizamientos
	Inundaciones	Área inundadas en épocas lluviosas
		Pérdidas anuales en dólares por inundaciones
		Gasto anual y mensual para gestionar las áreas inundadas
	Incendios	Número de incendios en épocas secas
		Gasto anual para apagar y gestionar áreas incendiadas
		Pérdidas anuales en dólares por incendios
	Calidad del suelo	Gasto mensual y anual de insumos agrícolas

CRITERIO	INDICADOR	CUANTIFICADOR
Servicios ecosistémicos (culturales, recreativos, espirituales y de ocio)	Áreas destinadas a usos culturales, recreativos, espirituales y de ocio	Número y tamaño de las áreas destinadas a usos culturales, recreativos, espirituales y de ocio
		Número de personas beneficiadas al año
		Número de eventos al año
		Número de visitas al año

