

APÉNDICE I

Propuesta para la aplicación del método *Hectárea de Hábitat* (Parkes et al., 2003) en Costa Rica

El método *Hectárea de Hábitat* fue originalmente desarrollado por Parkes et al., (2003) para comparar la calidad de ambiente (basado en atributos estructurales) entre áreas discretas de vegetación constituidas por el mismo tipo de flora. El método identifica un *sitio de referencia* que es comparado a un potencial *sitio de compensación*, seleccionando para ello indicadores de calidad del ambiente. Los indicadores son calificados en relación a la condición en el sitio de referencia: este último exhibe el valor máximo posible para cada indicador. La sumatoria de los puntajes para cada indicador equivale al 100% de la condición de calidad del hábitat (o composición de comunidades) de la referencia, por lo que puede destilarse una equivalencia en área entre sitios.

En la propuesta original, Parkes et al. (2003) reconocen dos grupos de componentes: los que reflejan las evaluaciones de la “condición del sitio” y aquellos que reflejan el “contexto del paisaje”. En la presente modificación se incorporan “servicios ecosistémicos” como otros componentes de interés.

Una de las principales razones del desarrollo de esta metodología fue incorporar la cuantificación de condiciones ambientales en la planificación y gestión de hábitats (Department of Sustainability and Environment., 2004). Este enfoque no debe considerarse una medida de conservación en sí misma, pero puede ayudar a determinar la importancia de vegetación para la conservación en combinación con otros atributos de biodiversidad que pudieran evaluarse.

1. COMPONENTES Y SUS INDICADORES DE CALIDAD DE HÁBITAT

A continuación, describimos cada componente de calidad de ambiente, sus indicadores y puntajes.

1.1 Componente: Atributos geofísicos.

1.1.1 Indicador atributos geomorfológicos

Justificación: La matriz geológica y física es importante en la determinación de cobertura vegetal y hábitats. Los suelos determinan el tipo de asociaciones vegetales y la estructura de los bosques. La comparación de relieve, composición de suelo y los atributos geomorfológicos, permite determinar pérdidas o ganancias en el contexto de la posible compensación. *Puntaje:* Se sugieren los criterios señalados en el Tabla A1.

TABLA A1 / TABLE A1

Criterios y valores para el indicador atributos geomorfológicos. / Criteria and values for the geomorphological indicator attributes

Número de atributos geomorfológicos respecto a la referencia	Puntaje
< 30 % de la referencia	0.0
≥ 30 % pero < 70 % de la referencia	0.5
≥ 70 % pero < 100 % de la referencia	1.0
≥ 100 % de la referencia	2.0

1.1.2 Indicador caracterización edafológica

Justificación: La caracterización edafológica se realiza a partir de muestras representativas de cada sitio a comparar, tomadas tanto en la superficie como en el subsuelo. Para cada muestra se sugiere una caracterización granulométrica y química. **Puntaje:** Los criterios seguidos de este indicador se muestran en el Tabla A2.

TABLA A2 / TABLE A2

Criterios y valores para el indicador atributos edafológicos. / Criteria and values for the indicator of soil attributes.

Número de atributos edafológicos <i>distintos</i> respecto a la referencia	Puntaje
< 10 % de la referencia	3.0
≥ 10 % pero < 40 % de la referencia	2.0
≥ 40 % pero < 70 % de la referencia	1.0
≥ 70 % de la referencia	0.0

1.2 Componente: Contexto de paisaje.

1.2.1 Indicadores: Tipo de cobertura vegetal, área superficial, grado de conectividad

Justificación: La cobertura de vegetación juega un papel preponderante en la caracterización del paisaje. El tamaño de un fragmento de vegetación continua desempeña un importante papel en su viabilidad a largo plazo: fragmentos más grandes tienden además a relacionarse con mayor biodiversidad. La conectividad entre distintos tipos de bosque valoriza el sitio en materia de conservación.

TABLA A3 / TABLE A3

Proporción de coberturas forestales y puntaje en sitio de compensación respecto a sitio de referencia. / Proportion of forest cover and score in the compensation site with respect to the reference site.

% de coberturas respecto a referencia	Puntaje		
	Ambientes no fragmentados ¹	Ambientes poco fragmentados ²	Múltiples fragmentos ³
< 20 %	1.0	0.5	0.0
≥ 20 % pero < 50 %	2.0	1.0	0.5
≥ 50 % pero < 70 %	6.0	4.0	1.0
≥ 70 % pero < 90 %	8.0	6.0	2.0
≥ 90 % pero perturbados	10.0	8.0	4.0
≥ 90 % no perturbados	12.0	10.0	6.0

1. Cada tipo de cobertura en un solo fragmento. 2. Al menos alguna cobertura con 3 a 10 fragmentos. 3. Al menos alguna cobertura con más de 10 fragmentos.

Puntajes: Para cada cobertura forestal se sugiere cuantificar: la proporción de coberturas, el área del fragmento y su conectividad. El área del fragmento y su conectividad corresponden a variables

continuas, por lo que las comparaciones entre sitios pueden efectuarse empleando técnicas estadísticas tradicionales. Las Tablas A3 a A5 muestran los criterios empleados para asignar puntajes a cada indicador. El puntaje final para el componente Contexto de Paisaje se calcula como: Puntaje tipo cobertura + Puntaje área + Puntaje conectividad.

TABLA A4 / TABLE A4

Criterios y puntajes para el indicador área superficial del fragmento nominal*. / Criteria and scores for the nominal fragment surface area indicator*.

Área de fragmento	Puntaje:	
	Diferencia con cobertura en referencia	
	No significativa	Significativa
< 2 Ha	0.5	0.0
≥ 2 pero < 10 Ha	1.0	0.5
≥ 10 pero < 20 Ha	2.0	1.0
≥ 20 pero < 30 Ha	4.0	2.0
≥ 30 Ha pero perturbado	6.0	4.0
≥ 30 Ha pero no perturbado	8.0	6.0

*Se refiere a fragmento de vegetación del mismo tipo.

TABLA A5 / TABLE A5

Criterios y puntajes para el indicador distancia al núcleo*. / Criteria and scores for the distance to core indicator*.

Distancia a núcleo	Diferencia No significativa	Diferencia significativa	No información
> 5 km	1	0	0.0
2-5 km	2	1	1.0
1-2 km	3	2	1.5
<1 km	4	3	2.0
Contiguo	5	4	2.5

*Se refiere a cada tipo de cobertura o fragmento por separado.

1.3 Componente: Condición de sitio.

Una caracterización de la condición de sitio está íntimamente ligada a la estructura de la cobertura vegetal. Entre los indicadores más significativos se encuentran: número o densidad de árboles dominantes, cobertura de dosel, formas de vida de sotobosque, biomasa de especies leñosas, cobertura de hierbas, reclutamiento, cantidad de hojarasca, y cobertura de troncos.

1.3.1 Indicador: Árboles dominantes

Justificación: La estructura de ambientes boscosos está integrada principalmente por los componentes arbóreos, especialmente aquellos que dominan el dosel superior. Generalmente las especies dominantes en esos estratos poseen alometrías diferenciadas de aquellos que dominan estratos inferiores del dosel o el sotobosque. Árboles de gran talla suelen ser los más longevos y se considera que cumplen importantes funciones como productores de semillas (Clark, 1987), refugio y percha para vertebrados (Gillespie & Walter, 2001), núcleos para reclutamiento de plántulas (Hams & Paine, 2003). Las especies dominantes del dosel brindan estructura al bosque y son difíciles de ser reemplazados en caso de pérdida. Además, el dosel mantiene la mayor productividad del hábitat y conforma una barrera de protección de los efectos de la lluvia y rayos solares a estratos inferiores. *Puntaje:* Los criterios para el puntaje del número de árboles dominantes son descritos en la Tabla A6.

TABLA A6 / TABLE A6

Criterios y valores para el indicador cobertura de árboles dominantes. / Criteria and values for the dominant tree cover indicator.

Árboles dosel%	Porcentaje de especies arbóreas relativo a referencia			
	> 100 %	100-75 %	75-50 %	< 50 %
Ningún árbol presente	0	0	0	0
0-20 % del # árboles/Ha de la referencia	4	3	2	1
20-40 % del # de árboles/Ha de la referencia	7	6	5	2
40-70 % del # de árboles/Ha de la referencia	10	9	8	6
70-100 % del # de árboles/Ha de la referencia	13	12	11	8
> del # de árboles/Ha de la referencia	15	14	13	10

Árboles dominantes: definidos como aquellos con DAP > 40.

1.3.2 Indicador: Cobertura de dosel

Justificación: La cobertura de dosel se relaciona con el número de estratos superiores en bosques, con la cantidad de luz que llega al sotobosque y con el estado de salud de árboles dominantes. La densidad de cobertura de dosel se puede estimar mediante medidas puntuales tomadas con densiómetro refractario cóncavo tradicional posicionado en la misma dirección o mediante el contraste de píxeles sobre fotografías digitales hemisféricas tomadas con lente angular cóncavo “ojo de pez” (Rich, 1989). *Puntaje:* Para el puntaje del indicador cobertura de dosel se considera la densidad de árboles dominantes en relación con la referencia (Tabla A7).

TABLA A7 / TABLE A7

Criterio y puntaje para el indicador cobertura de dosel. / Criteria and score for the canopy cover indicator.

Porcentaje de variación de cobertura	% árboles dominantes relativo a referencia			
	> 90 %	60-90 %	30-60 %	< 30 %
> 90 % variación respecto a la referencia	0	0	0	0

50-90 % variación respecto a la referencia	3	2	1	0
< 40 % variación respecto a la referencia	5	4	3	2

1.3.3 Indicador: Formas de vida sotobosque

Justificación: La mayor diversidad de especies así como el mayor número de hábitos de plantas ocurre en el sotobosque. Algunas formas de vida brindan estructura al sotobosque, como es el caso de bejucos y lianas. Otras formas cubren áreas y son cuantificadas por su nivel de cobertura, como es el caso de gramíneas, bejucos y plantas rastreras. La cuantificación de formas de vida presentes ha sido empleada como una aproximación para evaluar la complejidad del entorno (Parkes et al., 2003) y puede también ser empleada como indicativo de perturbación del hábitat. *Puntaje:* Los criterios para asignar el puntaje de formas de vida se muestran en la Tabla A8.

TABLA A8 / TABLE A8

Criterios y puntaje para el indicador formas de vida de la vegetación presente. / Criteria and score for the indicator forms of life of the present vegetation.

Primera decisión	Segunda decisión	Valor
Todos los estratos y formas de vida efectivamente ausentes ¹		0
Hasta el 50 % de las formas de vida presentes		2
>50-90 % de formas de vida presentes	De los presentes, ≥ 50 % modificados ²	4
	De los presentes, <50 % modificados	5
> 90 % de formas de vida presentes	De los presentes, ≥ 50 % modificados	8
	De los presentes, <50 % modificados	8
	De los presentes, ninguno modificados	10

1.3.4 Indicador: Biomasa en pie

Justificación: La biomasa en pie por hectárea es una manera de cuantificar la integración de las estructuras leñosas de un rodal y es afectada por la frecuencia de árboles; incluir este indicador permite cuantificar el aporte de árboles no dominantes en la estructura del hábitat, así como la contribución de arbustos. De esta forma, se cuantifica el aporte de clases diamétricas menores así como el aporte de arbustos. La densidad y biomasa pueden estimarse de las medidas dasométricas cuantificadas en cada parcela de vegetación. *Puntaje:* Para asignar el puntaje a este componente, se sigue los criterios especificados en la Tabla A9.

Sotobosque: se excluye aquí todos los árboles dominantes, por haber sido considerados en dos atributos previos. Hábitos en sotobosque: árbol, arbusto, hierbas, bejuco/liana, gramíneas, epífitas, palmas. ¹Efectivamente ausente: cuando la cobertura de un hábito en la referencia es ≥ 10 %, entonces “efectivamente ausente” si < 10 % de la diversidad de referencia. Si la cobertura de un hábito en la referencia es < 10 %, entonces “efectivamente ausente” si no hay especímenes maduros observables. ²Modificado: si la cobertura del hábito en la referencia es ≥ 10 %, entonces “modificado” si < 50 % de la cobertura del hábito en la referencia o < 50 % de la riqueza de

especies. Si la cobertura en la referencia para un hábito es < 10 %, entonces “modificado” si el hábito está presente y tiene < 50 % de la riqueza de especies.

TABLA A9 / TABLE A9

Criterio y puntaje para el indicador biomasa en pie. / Criteria and score for the standing biomass indicator.

% Biomasa respecto a referencia	Porcentaje de especies arbóreas relativo a referencia	
	> 70 %	< 70 %
< 20 % de la biomasa/Ha	0	0
20-40 % de la biomasa/Ha	3	2
40-60 % de la biomasa/Ha	5	4
60-80 % de la biomasa/Ha	7	6
80-100 % de la biomasa/Ha	9	7
>100 % de la biomasa/Ha	10	8

1.3.5 Indicador: Cobertura de pastos

Justificación: Los pastos modifican las características del suelo de un sitio, retrasan el reclutamiento de especies dominantes por competencia, y pueden actuar como fuente de combustible para incendios. Se puede estimar el número de individuos de especies herbáceas y/o el porcentaje medio de cobertura en cuadrantes o parcelas de muestreo. *Puntaje:* Los criterios para asignar puntaje a este indicador se muestran en la Tabla A10.

TABLA A10 / TABLE A10

Criterios y puntajes para el indicador cobertura de hierbas presente. / Criteria and scores for the weed cover present indicator.

Cobertura de hierbas	% cobertura debida a la alta amenaza		
	Ninguno	≤ 50 %	> 50 %
> 50 % cobertura	2	1	0
25-50 % cobertura	3	2	1
5-25 % cobertura	4	3	2
< 5 % cobertura	5	4	3

% cobertura debida a la alta amenaza se refiere al porcentaje de hierbas que son exóticas y/o Invasivas.

1.3.6 Indicador: Reclutamiento

Justificación: Parkes et al. (2003) proponen el empleo de indicadores del potencial de reclutamiento de especies de plantas de interés como una manera de aproximar la viabilidad del bosque a largo plazo. Para tal fin es preferible enfocarse en especies leñosas perennes, especialmente aquellas cuyos hábitos son árboles o arbustos, debido a que estas formas de vida las

que definen mejor la estructura de bosques tropicales. Reconocemos que la mayor mortalidad de plántulas ocurre en estadios tempranos de germinación, pero sugerimos incorporar una evaluación de la abundancia de plántulas germinando como aproximación para reclutamiento en monitoreos rápidos. *Puntaje*: La indicación de reclutamiento corresponde a la proporción de especies leñosas presentes con evidencia de germinación (Tabla A11).

Se refiere solo a especies leñosas perennes. Cohorte de reclutamiento = grupo de plántulas de una especie de similar tamaño.¹ Se refiere a si ocurrió o no un evento de reclutamiento.

TABLA A11 / TABLE A11

Criterios y puntajes para el indicador reclutamiento de especies nativas leñosas presentes. /

Criteria and scores for the recruitment indicator of native woody species present

Primera decisión ¹	Segunda decisión	Tercera decisión	Similitud con comunidad de árboles de la referencia	
			> 60 %	≤ 60%
No evidencia de una cohorte de reclutamiento			0	0
Clara evidencia de al menos una cohorte de reclutamiento en al menos una especie leñosa	Proporción de especies nativas leñosas presentes que tienen un adecuado reclutamiento	< 30 %	3	1 [*]
		30-70 %	6	3
		>70 %	10	7

1.3.7 Indicador: Cantidad de hojarasca en mantillo

Justificación: La cobertura de hojarasca en bosques tropicales suele ser indicativo del grado de perturbación del sitio e influye en importantes procesos como microclima del suelo, degradación de materia orgánica (Powers et al., 2009), reclutamiento de plántulas, además de servir como refugio de fauna (Folt & Reider, 2013). Es difícil establecer un valor de referencia para la cantidad de hojarasca en mantillo, especialmente si se considera que no es claro cuál es la biomasa de hojarasca que se acumula en diferentes estadios de bosques tropicales. Por esta razón, se requieren múltiples mediciones puntuales en distintos ambientes a lo largo de los sitios de estudio para estimar mantillo. *Puntaje*: En la Tabla A12 se muestran valores sugeridos a categorías relativamente amplias para este indicador.

TABLA A12 / TABLE A12

Criterios y puntajes para el indicador cobertura de hojarasca presente en mantillo. / Criteria and scores for the litter cover indicator present in mulch.

Cobertura de hojarasca	% árboles dominantes respecto a referencia	
	≥ 70 %	< 70 %
< 20 % de cobertura esperada	0.5	0
< 50 % de cobertura esperada	1	0.5
< 80 % o > 150 % de cobertura esperada	2	1
≥ 80 % o ≤ 150 % de cobertura esperada	3	2

1.3.8 Indicador: Troncos y refugios

Justificación: Los troncos y ramas caídos tienen gran influencia en las comunidades de bosques, al afectar la humedad del suelo, así como su estructura y nutrición. Además, influyen en el reclutamiento (sobrevivencia cerca de troncos caídos suele diferir de la sobrevivencia en sitios abiertos o con vegetación densa, Harmon & Franklin, 1989). La presencia de troncos puede ser indicativo además de perturbaciones pasadas, y sin duda los troncos constituyen importantes refugios para fauna. Se sugiere cuantificar los troncos caídos (diámetros > 10 cm), así como sus dimensiones (diámetro en punto más ancho y longitud total), que estuvieran enteros o parcialmente dentro de la parcela de muestreo. *Puntaje:* El puntaje para este indicador se asignaría directamente en relación al de la referencia (Tabla A13).

TABLA A13 / TABLE A13

Criterios y puntajes para el indicador cobertura de troncos en suelo. / Criteria and scores for the trunk cover indicator on the ground.

Volumen Total Tronco	Puntaje asignado
< 20 % del volumen de troncos de la referencia	0
< 50 % o > 200 % de volumen tronco de la referencia	0.5
< 80 % o > 150 % de volumen tronco de la referencia	1
≥ 80 % o ≤ 150 % de volumen tronco de la referencia	2

1.4 Componente: Servicios ecosistémicos

Los servicios ecosistémicos suelen ser considerados beneficios que la gente obtiene del ecosistema (Kolstad et al, 2000), entre ellos la producción de bienes de interés: agua, alimentos, control de plagas o incluso la regulación de ciclos como inundaciones, desecación, etc. Así mismo, los servicios ecosistémicos pueden relacionarse al funcionamiento de procesos del ecosistema como la formación y almacenamiento de materia orgánica, el ciclo de nutrientes, la creación y asimilación del suelo, etc. Se sugiere que los servicios seleccionados sean: (1) productos o beneficios claramente distinguibles y cuantificables en escalas métricas; (2) no tener relación directa entre sí, para evitar redundancia; (3) que tengan impactos discernibles sobre poblaciones de flora o fauna silvestre; (4) que tengan impactos indirectos sobre poblaciones humanas. Aunque el número de servicios ecosistémicos es caso-dependiente, como ejemplo sugerimos aquí tres de ellos: (1) producción de agua; (2) descomposición de materia orgánica; y (3) fijación potencial de CO₂.

1.4.1 Indicador: Fuentes de agua

Justificación: El recurso hídrico es sin duda uno de los insumos más relevantes en ecosistemas naturales, especialmente en aquellos que disponen de él de manera más estacional. Para este indicador, se sugiere buscar fuentes de agua superficiales en los sitios de estudio, medir caudales de agua a lo largo de un periodo razonable de tiempo en cada sitio de estudio. Este indicador recibe un puntaje máximo de 3 puntos en el contexto de calidad de hábitat (ver Tabla 1). *Puntaje:* La Tabla A14 muestra el puntaje asignado para distintas condiciones de este indicador.

TABLA A14 / TABLE A14

Criterios y valores para el indicador Producción de Agua. / Criteria and values for the Water Production indicator.

Producción de agua	Número de fuentes de agua	
	< 50 %	≥ 50 %
< 40 % del volumen de agua de la referencia	0	0
40 % a 70 % del volumen de agua de la referencia	1	2
> 70 % del volumen de agua de la referencia	2	3

1.4.2 Indicador: Descomposición de materia orgánica

Justificación: La descomposición de materia orgánica en la superficie y bajo la superficie del suelo es función de las comunidades de descomponedores existentes en un sitio, así como de parámetros abióticos como temperatura y humedad. Pueden compararse tasas de descomposición de materia orgánica entre los sitios de estudio, a partir de ensayos de degradación. Las tasas de degradación son calculadas como la reducción en peso a lo largo del periodo de estudio.

Puntaje: Los criterios y valores para el puntaje sugeridos para este indicador se muestran en la Tabla A15. El valor máximo para este indicador es 2 pts que se asigna cuando no hay diferencias con la referencia en términos de la función de degradación (la tasa de degradación es la pendiente de la función). Debido a que medidas incluyen degradación tanto en el subsuelo como en la superficie, los valores asignados a este componente se realizan sumando ambas columnas en la Tabla A15.

TABLA A15 / TABLE A15

Criterios y valores para el indicador descomposición de materia orgánica. / Criteria and values for the organic matter decomposition indicator.

Diferencia de función de descomposición respecto a la referencia	Sobre superficie	Bajo superficie
Significativa y más lenta que la referencia	0	0
Significativa y más rápida que la referencia	0.5	0.5
No diferencias respecto a la referencia	1	1

1.4.3 Indicador: Fijación potencial de CO₂

Justificación: La preocupación por los efectos de gases de invernadero y sus consecuencias en el cambio climático ha incrementado el interés por registrar la cantidad de dióxido de carbono (CO₂) que es absorbido por el suelo y la vegetación, así como por reducir sus emisiones. El CO₂ es considerado almacenado en plantas mientras forme parte de los tejidos de hojas, tallos, troncos y raíces. En el momento de su liberación a la atmósfera o al suelo (ya sea por descomposición de materia orgánica, y/o quema de biomasa) el CO₂ nuevamente entra al ciclo del carbono (Palacios et al., 2019). La cantidad de carbono almacenado en distintos tipos de hábitat constituye por lo tanto un servicio del ecosistema a la reducción global del efecto de ese gas de invernadero.

La cuantificación de la tasa de fijación del carbono por parte de un bosque requiere conocimiento de su estructura así como de tasas de crecimiento de las especies arbóreas que lo constituyen, información que suele estar fuera del alcance de estudios a corto plazo. Sin embargo, es posible estimar la cantidad de carbono que es almacenada por la vegetación dominante durante un

momento determinado, a partir de estimaciones de su biomasa seca. Existen varios métodos para estimar biomasa en sistemas forestales, pero aquellos que emplean estimaciones específicas son los preferidos en estudios que involucren inventarios forestales (Vásquez, 1988; Andrade & Ibrahim, 2003).

Puntaje: Los criterios y valores para el puntaje de la cantidad potencial de CO₂ acumulado se muestran en la Tabla A16. El valor máximo para este indicador es de 5pts en términos del puntaje global de calidad de hábitat. Este valor máximo se asigna cuando no hay diferencias con la referencia en términos de la masa estimada de carbono.

TABLA A16 / TABLE A16

Criterios y valores para el indicador cantidad de CO₂ acumulado/Ha. / Criteria and values for the indicator quantity of accumulated CO₂/Ha.

Masa de CO ₂ estimada respecto a la referencia	Puntaje
< 30 % de la referencia	0
≥ 30 % pero < 50 % de la referencia	1
≥ 50 % pero < 80 % de la referencia	2
≥ 80 % pero < 100 % de la referencia	4
≥ 100 % de la referencia	5

2. ESTIMACIÓN DE CALIDAD DE HÁBITAT BASADO EN REFERENCIA

La puntuación final de *calidad de hábitat* en relación a la referencia se determina sumando todas las puntuaciones de cada indicador de los componentes incluidos en la evaluación. Esta puntuación corresponde a la condición del ambiente en el sitio potencial de compensación en relación a la que existe en el sitio a impactar. El valor final de la hectárea de hábitat es una medida tanto de la calidad (puntuación) como de la cantidad (hectáreas) de la vegetación y, por lo tanto, requiere la consideración del número total de hectáreas presentes. Se determina multiplicando la puntuación de hábitat (como decimal) por el número de hectáreas en la zona de hábitat.

3. INCERTIDUMBRE EN EL MÉTODO

La cuantificación de calidad de hábitat en el sitio de compensación se realiza asignando valores a cada uno de los indicadores involucrados y realizando una sumatoria para obtener el puntaje final. El cálculo del error global (incertidumbre q) de dicha cuantificación se determina a partir de la **regla de propagación de errores**, que en el caso de una suma de dos o más magnitudes (x , y) se define como la suma de los errores absolutos de esas magnitudes:

$$q = x + y \quad \Rightarrow \quad \delta q \approx \delta x + \delta y$$

Los sitios a comparar incluyen varios tipos de cobertura, por lo que para algunos indicadores de calidad se promediaron los valores asignados a cada uno de ellos. Para el cálculo de la incertidumbre global, nosotros empleamos la sumatoria el error típico de los valores asignados a cada uno de esos indicadores.

$$\sum_{j=1}^n \frac{\sum_{i=1}^k \frac{(x_i - \bar{x}_j)^2}{k}}{\sqrt{k}}$$

Donde x_i es el valor asignado a la cobertura i , $\bar{x}_j$ es la media de valores para el indicador j y k es el número de tipos de cobertura.

En términos generales, a partir de la incertidumbre se puede estimar un intervalo alrededor del valor resultante de una medida. Sin embargo, para nuestros efectos la incertidumbre nos permite determinar el **valor mínimo posible esperado (VMP)** de calidad de hábitat según los resultados observados. Como se menciona en la sección 1.1.2.5., la incertidumbre en la evaluación de la equivalencia ecológica justifica el que la compensación deba ser mayor que el impacto o pérdida estimada por efecto de un proyecto de desarrollo.

Por esta razón, aquí reportamos el valor mínimo posible esperado de calidad de hábitat como:

$$VMP = \text{valor del puntaje final} - \text{valor de la incertidumbre.}$$

El VMP es interpretado como la calidad de hábitat mínima que tiene el área potencial de compensación y sería empleado como coeficiente para estimar el número de hectáreas que serían necesarias de esa propiedad para compensar las pérdidas en la Reserva Biológica.

Referencias

Andrade, H. & M. Ibrahim. (2003). ¿Cómo monitorear el secuestro de Carbono en los sistemas silvopastoriles? *Agroforestería en Las Américas, Turrialba* 10(39–40):109–116.

Clark, D. A. (1987). Análisis de la regeneración de árboles del dosel en bosque muy húmedo tropical; aspectos teóricos y prácticos. *Revista de Biología Tropical*, 35 (Supl. 1), 41–54.

Department of Sustainability and Environment. (2004) *Vegetation Quality Assessment Manual—Guidelines for applying the habitat hectares scoring method* (Version 1.3). Victorian Government Department of Sustainability and environment.

Folt, B., & K. E. Reider. (2013). Leaf-litter herpetofaunal richness, abundance, and community assembly in mono-dominant plantations and primary forest of northeastern Costa Rica *Biodiversity and Conservation*, 22(9), 2057–2070.

Gillespie, T. W., & Walter, H. (2001). Distribution of bird species richness at a regional scale in tropical dry forest of Central America. *Journal of Biogeography*, 28(5), 651–662.

Harmon, M. E., & Franklin, J. F. (1989). Tree seedlings on logs in Picea-Tsuga forests of Oregon and Washington. *Ecology*, 70, 48–59.

Harms, K. E., & Paine, C. T. (2003). Regeneración de los árboles tropicales e implicaciones para el manejo de bosques naturales. *Revista Ecosistemas*, 12(3). <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/226>

Kolstad, C. D., Zuleta del Solar, C., Kometter, R., Tobón, M., Aguirre, C., Ortiz, D., ... & Gálmez, V. (2000). *Environmental economics* (No. P01 142). IICA.

Palacios, I., Castro, S., & Rodríguez, F. (2019). Almacenamiento de carbono como servicio ambiental en tres reservas naturales del Ecuador. *Revista Geoespacial*, 16, 1–14.

Parkes, D., Newell, G., Cheal, D. (2003). Assessing the quality of native vegetation: The ‘habitat hectares’ approach. *Ecological Management and Restoration* 4, S29–S38

Powers, J. S., Montgomery, R. A., Adair, E. C., Brearley, F. Q., DeWalt, S. J., Castanho, C. T., Chave, J., Deinert, E., Ganzhorn, J. U., Gilbert, M. E., González-Iturbe, J. A., Bunyavejchewin, S., Grau, H. R., Harms, K. E., Hiremath, A., Iriarte-Vivar, S., Manzane, E., de Oliveira, A. A., Poorter, L., Ramanamanjato, J. B., Salk, C... & & Lerdau, M. T. (2009). Decomposition in tropical forests: a pan-tropical study of the effects of litter type, litter placement and mesofaunal exclusion across a precipitation gradient. *Journal of Ecology*, 97(4), 801–811.

Rich, P. M. (1989). *A manual for analysis of hemispherical canopy photography* (No. LA-11733-M). Los Alamos National Lab.

Vásquez, G. (1988). Crecimiento de un bosque de guandal explotado en el litoral pacífico colombiano: estudio del crecimiento diamétrico. *Crónica Forestal y del Medio Ambiente. Medellín*, 5, 35-62.