



PROPUESTA METODOLOGICA PARA LA EVALUACIÓN DE SERVICIOS AMBIENTALES

Adaptado de: Metodología para la evaluación de servicios ambientales por Medina, Muñoz, Haggar y Aguilar, ANACAFE, 2006

Octubre del 2008

GUIA METODOLOGICA

La presente propuesta metodológica puede ser empleada para evaluar cuatro servicios ambientales a nivel de finca, diferenciando por uso de la tierra. En esta propuesta se evalúan CUATRO servicios ambientales, AGUA, BIODIVERSIDAD, CARBONO, y CONSERVACION DE SUELOS. El primero se evalúa sólo a nivel de finca, mientras los restantes se evalúan por uso de la tierra.

La metodología se basa en la evaluación de criterios e indicadores, se entiende por CRITERIO, *un aspecto considerado importante para la evaluación de un servicio ambiental*. Y por INDICADOR: *Una característica cuantitativa, cualitativa o descriptiva que, sí se mide o controla periódicamente, permite indicar la dirección de los cambios producidos*.

La evaluación de servicios ambientales, por medio del uso de criterios e indicadores facilita la definición del estado actual de los servicios ambientales, hacia donde van, la información generada ayuda a la toma de decisiones, a la reorientación de políticas ambientales, mide los impactos de los sistemas productivos, incentiva la investigación, entre otros aspectos.

En esta propuesta, se proponen los siguientes criterios e indicadores para la evaluación de los servicios ambientales agua, biodiversidad, carbono, y conservación de suelos:

SERVICIO AMBIENTAL	CRITERIO	No. indicadores	INDICADORES
BIODIVERSIDAD	CALIDAD DE HÁBITAT	5	• Número de estratos arbóreos.
			• Número de especies de árboles nativos por hectárea
			• Número de árboles y arbustos mayor a 5 cm DAP en una hectárea
			• Valoración cualitativa de incidencia de epifitas en los árboles
			• Porcentaje de cobertura de sombra
	USO DE AGROQUIMICOS	3	• Número de aplicaciones de herbicidas
			• Número de aplicaciones de pesticidas
			• Número de aplicaciones de fertilizantes
CARBONO	CARBONO FIJADO POR ÁRBOLES Y ARBUSTOS	2	• Toneladas de carbono fijado por los árboles por hectárea
			• Toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea
CONSERVACION DE SUELO	CONSERVACION DE SUELO	3	• Porcentaje de cobertura del suelo
			• Incidencia de erosión
			• Acciones correctivas de la erosión
AGUA	AGUA	3	• Manejo de contaminación del agua
			• Evidencia de erosión o deslizamientos en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos.
			• Obras de prevención o recuperación

Los pasos propuestos son:

Paso 1. Después de conocer al propietario o administrador y entrevistarlo. El equipo hace un recorrido por los caminos principales de la finca. En este recorrido se observa el manejo de las fuentes de agua, se ubican los lotes representativos de la finca, así como los usos de la tierra dentro de los mismos. Se ubican también las fuentes de agua, y se observan las obras de conservación de suelos y agua a lo largo de los caminos.

Paso 2. Realización del Croquis de la Finca a Evaluar: El equipo hace un croquis de la finca con la ayuda del administrador, para ubicar los lotes, usos de la tierra y el recorrido de los ríos y fuentes de agua. Se ubica así los puntos importantes dentro de la finca, para después evaluarla integralmente.

Cuadro 1. Usos de la tierra, áreas actual y en el 2000.

Uso de la tierra	Clasificación de sistema de producción	Area actual mz	Area hace 5 años	Numero de lotes	Lotes a evaluar

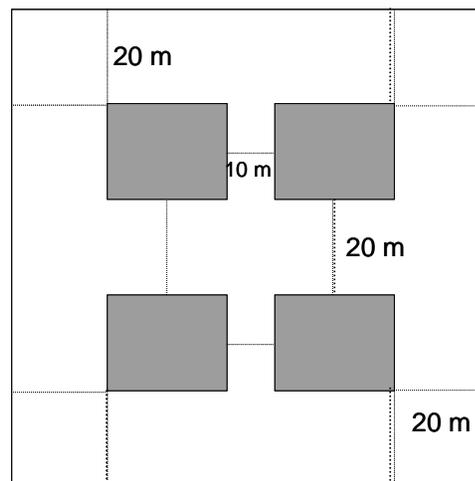
Paso 3. Ubicación y selección de lotes representativos para hacer Evaluación a nivel de Uso de la Tierra:

Al hacer el croquis y el recorrido, se ubican y seleccionan los lotes representativos por cada uso de la tierra. Se debe ubicar el lote más representativo del uso de la tierra que se quiere evaluar no el más accesible. Generalmente se llama lotes a las áreas separadas por caminos internos de las fincas. Los lotes deben presentar condiciones de manejo parecidas p.e. tipo de sombra de café. Se clasifica el sistema de producción para cada uso de la tierra en el cuadro 2 se sugiere una clasificación para los sistemas de café agroforestal. Si dentro el lote hay un cambio en el tipo de sombra p.e de sombra de Inga a sombra de bosque se debe dividir en dos lotes. Según el objetivo del estudio se decide evaluar todos los sistemas de manejo o solo los lotes de café.

Paso 4. Recorrido del lote para definir la ubicación de las parcelas internas de medición. Deben hacer 4 parcelas internas. Seguidamente se trazan cuatro parcelas internas a partir de los bordes exteriores del lote. Las parcelas internas tienen dimensiones de 20 x 25 metros, dejando un borde de al menos 10 metros y preferiblemente 20 m o mas hacia los bordes externos del lote. Deben ser distribuidas para cubrir la variabilidad de sombra dentro el lote. Entre subparcelas las distancias mínimas entre parcelas son de al menos 10 metros, y preferiblemente 20 m, entre ellos (Figura 2)

Paso 5. Establecimiento de los mojones de las parcelas internas: Para delimitar las parcelas, se utilizan estacas de madera en cada esquinero. **No** se debe usar los mismos árboles como esquinas de las parcelas. Esto tiende a sobre-estimar el numero de árboles por área.

Fig. 2 Dibujo de las parcelas internas dentro el lote



Cuadro 2. Clasificación de sistemas de café agroforestal

Clasificación de sistemas café agroforestal	Descripción
Café pleno sol	Cafés con menos de 10 árboles por ha y menos de 10% de cobertura de sombra
Café con sombra leguminosa	Café con 90% o mas de los arboles de especies leguminosas tipicamente usados para sombra p.e. Ingas, Erythrina o Gliricidia
Café policultivo	Café con sombra de plantas predominante de otro cultivo p.e. Musacease, o frutales
Café con sombra de maderables	Café con sombra de plantas predominante de una especie sembrada para la producción de madera p.e. cedro, laurel,
Café con sombra diversificada	Café con una mezcla de tipos de sombra de al menos 3 tipos p.e. Inga, Musaceas y maderables
Café con sombra de bosque	Café con sombra que incluye al menos 30% de árboles originarios del bosque nativo

1. SERVICIO AMBIENTAL: BIODIVERSIDAD

La biodiversidad depende de la calidad del hábitat, es decir de las condiciones y recursos, como agua, luz, alimento que provee un lugar y satisfacen los requerimientos de los organismos. A partir de este concepto, se decidió evaluar la biodiversidad, evaluando la calidad del hábitat. No obstante, esta calidad se modifica por el manejo dado al agro ecosistema, por ejemplo el uso de plaguicidas. Por esta razón el valor de biodiversidad es la diferencia entre la calidad del hábitat y el uso de agroquímicos: **(indicador calidad del hábitat) – (uso de agroquímicos)**. Lo mejor es evaluar este indicador en un bosque natural del lugar donde se realiza el estudio para comparar contra los sistemas de producción.

1.1 CRITERIO UNO: CALIDAD DEL HABITAT

Este criterio pretende describir las características del sistema de producción como un hábitat para fauna y flora, se basa en los criterios establecidos por Rice *et al* del Smithsonian para hábitat de aves. El valor de este criterio es la suma de los cinco indicadores.

- 1.1.1 INDICADOR UNO: **Número de estratos arbóreos**. Se contabilizan los estratos de acuerdo a rangos en altura. Se asigna un punto por cada estrato. Los estratos son: Bajo (<5 m); Medio bajo (5-10m); Medio alto (10-15 m) y alto (>15 m). Se estima el número de estratos proyectando la parcela de 20x25 metros verticalmente, se estima visualmente el si hay presencia de las copas de los arboles en cada una de los estratos indicados.
- 1.1.2 INDICADOR DOS: **Número de especies de árboles nativos**. Se calcula el promedio de número de especies de árboles en cada parcela. Se asigna un punto por cada especie de árbol o arbusto nativo presente en la parcela. Las especies de árbol exótica no cuentan en la suma por el supuesto que no ofrecen buen hábitat para insectos y por lo tanto las aves y reptiles etc que los comen.
- 1.2.3 INDICADOR TRES: **Número de árboles y arbustos mayores a 5 cm de DAP en una hectárea**, incluyendo las especies exóticas. Se promedia el número de árboles en las parcelas internas el indicador corresponde a éste número dividido entre cien.
- 1.2.4 INDICADOR CUATRO: **Valoración cualitativa de la incidencia de epifitas en los árboles** Se cuenta al número de árboles en las parcelas internas que tienen epifitas. El indicador es el número de árboles con epifitas dividido entre el número total de árboles.
- 1.2.5 INDICADOR CINCO: **Porcentaje de cobertura de sombra**. Para evaluar este indicador se recomiendan dos metodologías el densímetro o estimación de porcentaje de plantas de café debajo la cobertura de sombra

Opción 1. Densímetro: Se mide la sombra en el centro de cada parcela. El densímetro se orienta hacia N, S, O y E. En cada cuadrado del espejo se imagina 4 puntos igualmente espaciados. Se cuenta el número de puntos cubiertos por los doseles. El densímetro tiene 24 cuadros, y cada cuadro 4 puntos, entonces son 96 puntos. A multiplicar la suma de los puntos por 1.04 da el porcentaje de cobertura. Luego se promedia las 4 mediciones (N,S,E,O) del punto

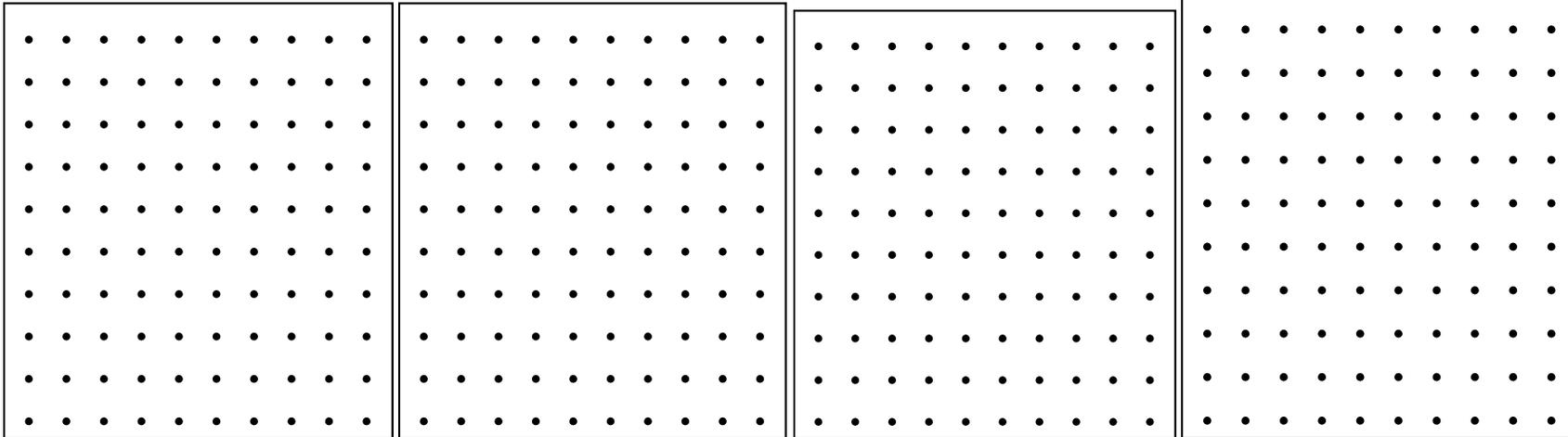
Opción 2: Aquí se monitorea la sombra por planta de café. El método consiste en seleccionar un área (10 plantas por 10 surcos) dentro de la hectárea. En total se debe contar con 100 cafetos, Éstos están representados en la figura 1. Luego se camina al lado de cada cafeto y se observa si existe ramas que le cubre dando sombra a media-día. Si es así se hace un círculo en el punto respectivo que representa ese cafeto. El valor de este INDICADOR se determina dividiendo el porcentaje de sombra entre 100.

HOJA DE EVALUACION
CRITERIO CALIDAD DEL HABITAT

Parcelas	Numero de estratos en la parcela	Especies	Número de individuos	No de árboles con presencia de epifitas y bejucos
1				
2				
3				
4				
Calculo	Promedio de numero de estratos entre parcelas	Suma de especies nativas en las 4 parcelas =	No árboles por ha = suma de árboles en las 4 parcelas x 5 =	Numero de árboles con epifitas dividido entre el numero total de árboles
Indicador	Indicador 1 No. Estratos =	Indicador 2: No. Especies nativas =	Indicador 3: No. Árboles y arbustos/100 =	Indicador 4: Proporción de árboles con epifitas o bejucos =

INDICADOR DE SOMBRA

Cuatro parcelas de 100 plantas de café para registro de sombra



Numero de plantas con sombra
Parcela 1=

Parcela 2=

Parcela 3=

Parcela 4=

Registro usando densímetro

Puntos	Orientación de la medición				Promedio
	N	S	E	O	
1					
2					
3					
4					

Indicador 5: Indicador de sombra:
(Promedio de las cuatro parcelas / 100) =

VALOR DEL CRITERIO CALIDAD DEL HABITAT:
SUMA de INDICADORES 1 a 5 = _____

CRITERIO USO DE AGROQUIMICOS

1.2 CRITERIO DOS: **USO DE AGROQUIMICOS**. Se calcula sumando los tres indicadores y dividiéndolos entre 10. Cada indicador se calcula multiplicando el número de aplicaciones por un valor dado a la toxicidad del producto; por ejemplo, los de la etiqueta verde se califican con -1, etiqueta azul con -2, etiqueta amarilla con -3 y etiqueta roja con -4. Si el producto es uno de la docena sucia se aplica automáticamente un -4, independiente de su toxicidad. Por ejemplo: Glifosato es de banda verde, toxicidad baja, se califica con -1; Thiodan es un de la docena sucia entonces se califica con -4.

1.2.1 INDICADOR UNO: **Número de aplicaciones de herbicidas**: Se multiplica el número de aplicaciones por la calificación dada a la toxicidad del producto. Cuando se usan mezclas se selecciona el producto con mayor toxicidad.

1.2.2 INDICADOR DOS: **Número de aplicaciones de pesticidas**. Se multiplica el número de aplicaciones por la calificación dada a cada producto.

1.2.3 INDICADOR TRES: **Número de aplicaciones de fertilizantes**. Se considera que los fertilizantes químicos dañan en cierto grado la biología del suelo, se asignan un valor de -1 por cada aplicación independiente del producto.

USO	PRODUCTO	Calificación Toxicidad	No. APLICACIONES	No. Aplicaciones * calificación de la toxicidad	SUMA De las diferentes productos
Indicador 1: HERBICIDAS					
Indicador 2: PLAGUICIDAS					
Indicador 3: FERTILIZANTES					
VALOR DEL CRITERIO USO DE AGROQUIMICOS: (SUMA INDICADORES 1 a 3) / 10:				<input type="text"/>	

Calculo de índice de Biodiversidad

Indice BIODIVERSIDAD: CRITERIO HABITAT + CRITERIO USO DE AGROQUIMICOS :

DONDE ENCONTRAR LA TOXICIDAD DE LAS PLAGUICIDAS

DIRECCIONES

<http://www.protecnet.go.cr/InsumoSys/Principal.htm>

http://www.who.int/ipcs/publications/pesticides_hazard_rev_3.pdf

Aquí se puede consultar el ingrediente activo de los plaguicidas mas conocidos.
Aquí se consulta la lista de ingredientes activos y su toxicidad.

2. SERVICIO AMBIENTAL: CARBONO

2.1 CRITERIO UNICO: CARBONO FIJADO POR ÁRBOLES Y ARBUSTOS

2.1.1 INDICADOR UNO: Toneladas de carbono fijado por los árboles por hectárea

Para la fijación de carbono, las mediciones se realizan a nivel de uso de la tierra. En las mediciones se emplean las cuatro parcelas ubicadas en la parcela. En sistemas donde los árboles son muy dispersos, se miden todos los árboles una hectárea. En las cuatro parcelas se evalúa el diámetro al pecho de todos los individuos arbóreos. Si cuentan con una cinta diamétrica (lo cual mide directamente el diámetro del tronco del árbol), se pueda medir el circunferencia con una cinta normal, y luego se calcula el diámetro dividiendo entre el varlor de "pi" (3.142). Si el árbol esta bifurcado hay que medir todas las ejes a esta altura. Para algunas de las especies es necesario también medir altura (p.e. Eucalipto o Palmas). Hay que revisar las ecuaciones en el Anexo 2 para ver si hay especies que requieren medir altura. En base a estas mediciones, se utilizan ecuaciones de biomasa presentes en la literatura, para calcular el carbono fijado. Es necesario realizar el calculo de carbono para cada árbol individualmente. En el caso de árboles bifurcados se pueda calcular para cada eje como si fuera un arbol separado, o **mejor** calcular el área de cada eje, sumar el área de cada eje, y luego derivar el diámetro del árbol como si fueron unificados los ejes. Luego se suma el carbono fijado en los árboles dentro de la parcela, y el aportado por el cultivo. Se suma el carbono de las 4 parcelas y se multiplica por 5 para obtener el C por hectárea.

En el anexo 1. Se encuentran las formulas sugeridas para el calculo de C. Para comparación los Sistemas agroforestales puedan tener entre 10 a 50 ton/ha de carbono, y los forestales hasta o mayor a 100 ton/ha.

2.1.1 INDICADOR DOS: Toneladas de carbono fijado por los cultivos perennes por hectárea

Café: Dentro las mismas parcelas se mide en 20 plantas (5 plantas en 4 filas) su altura y diámetro a la altura de recepa (a 15 cm de altura desde la base). Si hay fallas en la siembra, se registra como planta muerta. Cuando de las plantas son de multiples ejes, o multiples plantas por posición, se mide a cada tallo y luego se calcula biomasa por eje separado o se unifica en un solo planta como se explica arriba para los árboles.

Banano o Plátano: Se hace el mismo muestreo pero solo se mide la altura de todos los tallos en cada parcela interna.

(Suma carbono en los arboles de las cuatro parcelas) x 5 = Kg C/ha

(promedio de carbono Kg por planta) x densidad de siembra (no. cafetos por ha) = Kg C/ha

VALOR CRITERIO CARBONO = Suma de C árboles y C cafetos

HOJA DE EVALUACION: CAPTURA DE CARBONO y INVENTARIO DE ARBOLES

P	Indicador 1: ÁRBOLES			Indicador 2: CAFETOS, Musaceas o otros perennes								
	Especie	DAP ¹ cm	Epifitas o bejucos	Cafeto	Diametro ²	Altura	Cafeto	Diametro	Altura	Musaceae	Altura	
PARCELA 1				1			11			1		
				2			12			2		
				3			13			3		
				4			14			4		
				5			15			5		
				6			16			6		
				7			17			7		
				8			18			8		
				9			19			9		
				10			20			10		
PARCELA 2				1			11			1		
				2			12			2		
				3			13			3		
				4			14			4		
				5			15			5		
				6			16			6		
				7			17			7		
				8			18			8		
				9			19			9		
				10			20			10		
PARCELA 3				1			11			1		
				2			12			2		
				3			13			3		
				4			14			4		
				5			15			5		
				6			16			6		
				7			17			7		
				8			18			8		
				9			19			9		
				10			20			10		
PARCELA 4				1			11			1		
				2			12			2		
				3			13			3		
				4			14			4		
				5			15			5		
				6			16			6		
				7			17			7		
				8			18			8		
				9			19			9		
				10			20			10		

1. El diámetro al pecho DAP se mide a altura 1.3 m. 2. Diámetro de café se mide a 15 cm sobre el suelo. Si

3. SERVICIO AMBIENTAL TRES: CONSERVACION DE SUELO

3.1.1 INDICADOR UNO: Porcentaje de **cobertura del suelo**, se estima el porcentaje de cobertura de las diferentes hierbas, hojarasca y suelo. El indicador se calcula por sumar la cobertura de hierbas, a este valor se le resta el área de suelo desnudo. El resultado se divide entre 10.

3.2.3 INDICADOR DOS: **Acciones correctivas de la erosión**. Se clasifica las acciones para reducir la erosión en cuatro tipos: barreras vivas para reducir escorrentía; obras físicas de control de erosión como terrazas, o muros de piedra; acciones de recuperación donde hubo erosión como muros de retención en las cárcavas o siembras en zonas deslizadas; obras de captura o intercepción de agua como acequias o cajuelas. Para acciones en cada clase se asignan un punto, luego se suma entre las cuatro acciones.

3.1.2 INDICADOR TRES: **Incidencia de erosión**. Se busca calcular un estimado de la cantidad de suelo perdido en metros cubicos por erosión en el lote por cuantificar la erosión. Bucamos cuantificar diferentes tipos de erosión:

- i. Erosión laminar, es la mas difícil de detectar, pero se de cuenta a ver raices o piedras expuestos al aire. Se busca al menos estimar el área afectada por este tipo de erosión
- ii. Surcos o cárcavas, son fáciles de identificar: se busca contar el numero de surcos y medir sus dimensiones su largo, ancho y profundidad promedio. Se recomienda mediarlas en tres puntos y promediar. En caso que son muchos se las puedan clasificar según las categorías abajo.
- iii. Deslizamientos, generalmente los mas serios, pero diferentes a las cárcavas, donde el suelo se lleva del sitio por la escorrentia, en las deslizamientos el suelo se mueve en un solo bloque.
- iv. Sedimentación: de repente aunque las señas de erosión son difíciles de identificar se encuentra áreas de acumulación de sedimento, generalmente en las partes bajas de los lotes.

En general se considera perdidas de suelo menor a un tonelada por hectárea como aceptable, mayor a diez toneladas son altos. Así se pueda calificar las perdidas en Alta mayor a $10\text{m}^3/\text{ha}$, media entre 1 a $10\text{m}^3/\text{ha}$, y baja menor a 1m^3 por ha.

INDICADOR COMPUESTA DE CONSERVACION DE SUELO: INDICADOR UNO + INDICADOR DOS – m^3 suelo perdido. Si el indicador en negativo, hay un problema en la conservación de suelos.

Clasificación	Anchura (cm)	Profundidad (cm)
Surco poco profundo (SSP)	< 25	< 15
Surco poco profundo y ancho (SSPA)	25 - 200	< 15
Surco profundo (SP)	< 50	15 – 100
Surco profundo y ancho (SPA)	50 - 200	15 – 100
Surco ancho (SA)	> 200	< 100
Cárcava (C)	Todas	> 100

HOJA DE EVALUACIÓN CONSERVACION DE SUELOS

INDICADOR UNO: COBERTURA DE SUELO

Tipo de cobertura	Puntos	Porcentaje
Zacates		
Hierba hoja ancha		
Coberturas (rastreras)		
Hojarasca		
Suelo desnudo		
Helechos		
VALOR INDICADOR: ((PUNTOS ZACATES + HOJA ANCHA + RASTRERAS) – SUELO DESNUDO) /10		

METODO: Hacer muestreo de punto de zapato sobre las coberturas al suelo. Se camina entre los surcos del lote cada 5 pasos, se para y anota con una rayita el tipo de cobertura sobre el suelo. Se repite hasta tener 100 puntos dentro la **hectárea** de muestreo.

INDICADOR DOS: OBRAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO (un punto por cada obra):

ACCIONES	SI(1)	NO (0)
Barreras vivas o muertas dentro el plantío:		
Obras de retención de suelo como terrazas, diques, muros de piedra o madera donde hubo formación de cárcavas		
Recuperación de áreas donde hubo deslizamientos por siembras de plantas.		
Captación de agua en los plantíos por medio de acequias, cajuelas o cubetas		
SUMA		

METODO: recorrido por cada uso de la tierra.

4. SERVICIO AMBIENTAL 4: AGUA

En los indicadores de agua se busca identificar las acciones que contaminan el agua, además de las acciones que lo protegen. Al inicio se hace un inventario de las fuentes de agua en la finca y cuales de estas fuentes se usan por la finca y sus habitantes. Luego los indicadores que se estiman son:

4.1 INDICADOR UNO: Manejo de contaminación de agua. Esto incluye manejo de aguas mieles, combustibles y aceites, lavados de equipos, desechos de la finca, aguas negras y aguas grises. Para cada tipo de contaminación el indicador negativo es botándola a algún cuerpo de agua, un indicador neutral será un manejo adecuado mínimo, y un indicador positivo es un manejo mas adecuado o de aprovechamiento del recurso.

4.2 INDICADOR DOS: Evidencia de erosión o deslizamientos en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos. Los caminos incluyen a los caminos de vehículos internos a la finca para los que tiene o los senderos peatonales para todas las fincas. Al encontrar evidencia de alguna evidencia de ellos se considera un indicador negativo -1. Sino se encuentra se califica con 0, ya que este debe ser la condición correcta.

4.4 INDICADOR TRES: Obras de prevención de contaminación de las fuentes de agua. Se evalúa si hay evidencia de siembra de vegetación para proteger las fuentes de agua y los ríos u obras de retención en los bancos de los ríos. En los caminos se evalúa si hay cunetas para llevar el agua, y si hay desagües que lleva el agua a zonas de infiltración para que no contaminan los ríos. La falta de obras se califica como 0, la presencia se califica positivo +1. Asi se balancea el indicador 2.

HOJA DE EVALUACION AGUA

INDICADOR UNO: Manejo de contaminación del agua (marcar con una X)

Manejo de aguas mieles				
Al río (-1)	Pozo de infiltración (0)	Laguna de aeración (1)	Otro (especificar) (1)	CALIFICACIÓN
Manejo de contaminación de combustibles, aceites				
Se tira en el río (-1)	Se deposita lejos de fuentes de agua (0)	Colectada y llevado fuera de la finca (1)	Otro (especificar) (1)	No corresponde (0)
Donde lavan los equipos usados para aplicación de agroquímicos				
Se lava en el río (-1)	Se deposita lejos de fuentes de agua (0)	Colectada y llevado fuera de la finca (1)	Otro (especificar) (1)	No corresponde (0)
Desechos de la finca (basura orgánica, pulpa de café, desechos de otros cultivos)				
Al río (-1)	Amontonado (0)	Compostado (1)	Otro (especificar) (1)	No corresponde (0)
Aguas negras de los habitantes				
Al río o aire abierto (-1)	Letrina con pozo de infiltración (1)	Sanitarios con tanque de tratamiento (2)	Sanitario de composteo(2)	
Aguas grises de los habitantes (de lavado)				
Al río (-1)	Pozo de infiltración (1)			
SUMA				

INDICADOR DOS: Evidencia de erosión o deslizamientos en los nacimientos, ríos, caminos y sedimentación en las partes bajas de los caminos.

		Presencia	
		NO = 0	SI = -1
En los nacimientos y los ríos	Deslizamientos en las orillas		
	Evidencia de erosión		
En los caminos	Cárcavas o canalillos en la orilla de los caminos		
	Áreas de acumulación de sedimentos en las partes bajas		
SUMA			

INDICADOR TRES. Obras de prevención o recuperación (SI = 1 y NO = 0) Describir las obras realizadas

	En los nacimientos y ríos		En los caminos		
	Siembra vegetación de protección	Obras de retención	Cunetas en los caminos vehiculares	Obras de retención en los senderos peatonales	Desagües que llevan el agua a zonas de infiltración
SUMA					

Valor criterio AGUA = SUMA DE INDICADOR 1, 2, y 3

FORMULAS PARA CALCULO DE CARBONO

Para convertir de biomasa a carbono se divide entre 2. (Penman et al 2002)

CULTIVO/ESPECIE	FORMULA PARA EL CALCULO DE BIOMASA	REFERENCIA	Comentarios
ÁRBOLES EN CAFETALES	$\text{Log}_{10}B = -0.9578 + 2.3408 \text{Log}_{10}(D)$, Donde B = biomasa aérea total (kg/árbol); D = diámetro a la altura del pecho (cm)	(Suárez et.al., 2004) R^2 adj = 0.94	Arboles de hasta 50 cm diámetro al pecho. Generalmente Ingas o arboles de regeneración p.e. laurel
BOSQUES TROPICALES HUMEDAS (1000-4000 mm de lluvia)	$B = \exp[-2.289 + 2.649 \ln D - 0.021(\ln D)^2]$, Donde B = biomasa en kg; D = diámetro a la altura de pecho en cm; exp [...] significa "e elevado a la potencia de"	(Brown, 1977)	r^2 ajustado = 0.98 Arboles con diametro desde 5-150 cm
PINO	$\text{Log } B = 0.08859 + (2.235 \cdot \text{Log} D)$ Donde B = biomasa en kg; D = diámetro a la altura de pecho en cm;	Ritson & Sochacki 2003	Hasta 50 cm Diámetro
ESPECIES DURAS TROPICALES – generalmente nativo a zonas mas secas	$B = \exp[-2.289 + 2.649 \ln(\text{DBH}) - 0.021 \cdot (\ln(D))^2]$ Donde B = materia seca arriba del suelo en kg por árbol; D = diámetro a altura del pecho, cm; ln = logaritmo natural; exp = "e elevado al poder de"	(IPCC, Good Practice Guidance for LULUCF, 2003)	
CAFÉ	$\text{Log}_{10}B = -1.15 + 1.66 \cdot \text{Log}_{10}(D15) + 0.54 \cdot \text{Log}_{10}(h)$, Donde B = biomasa aérea total (kg/planta); D15 = diámetro del tronco a 15 cm del suelo (cm) y h es la altura total (m)	(Suárez et.al., 2004)	(R^2 adj = 0.95)
PALO BLANCO	$y = 0.15401646(D^2 H)^{0.84644015}$ Donde D es diámetro a la altura del pecho (cm) H es la altura.	(modificada a partir datos Lee, 2002)	
PLATANO	$B = (185.1209 + 881.9471 \cdot (\text{Log}(H)/H^2))/1000$ Donde H altura en m B = biomasa en kg	Marquez 1998	$R^2 = 0.99$
CITRICOS	$B = -6.64 + 0.279(BA) + 0.000514(BA^2)$ Donde B = Biomasa arriba del suelo kg; BA = área basal en cm^2 $BA = (D/2)^2 \cdot \pi$	(Schroth, et. Al, 2002 en IPCC, Good Practice Guidance for LULUCF, 2003)	
HULE	$B = -3.84 + 0.528(BA) + 0.001(BA^2)$ Donde B = biomasa arriba del suelo kg BA = área basal en cm^2 . $BA = (D/2)^2 \cdot \pi$	(Schroth, et. Al, 2002 en IPCC, Good Practice Guidance for LULUCF, 2003)	
TECA	$B = \exp(-2.45 + 2.42 \cdot \ln(D))$ Donde D es diámetro a la altura del pecho (cm) Ln es logaritmo natural exp = "e elevado al poder de"	Arreaga, 2004.	
PALMA AFRICANA	$B = 10.856 + 176.76(H) - 6.898(H)^2$ Donde B = biomasa arriba del suelo en kg por árbol; H = altura del tronco en metros (para palmas este es el tallo principal excluyendo las frondas)	(Delaney, et. Al., 1999; Brown, et. Al., 2001 en IPCC, Good Practice Guidance for LULUCF, 2003)	
EUCALIPTO	$B = 1.22D^2 \cdot 0.01H$ Donde D es diámetro a la altura del pecho (cm) H es la altura en m		

