



**MARN**

Ministerio de Medio Ambiente  
y Recursos Naturales

## **Guía Metodológica para el análisis, calculo y cumplimiento de compensación ambiental**

**Dirección General de Evaluación y Cumplimiento**  
**Fecha: 05 de marzo de 2019**

## Contenido

	Página
1. Introducción .....	2
2. Marco legal.....	2
3. Justificación .....	4
4. Objetivos.....	4
4.1 Objetivo General .....	4
4.2 Objetivos Específicos.....	4
5. Reducción de monto para medida de compensación ambiental cuando la actividad, obra, proyecto incluye medidas de prevención y atenuación.....	5
5.1 Aplicación de medidas de prevención y atenuación en el diseño de la actividad, obra o proyecto:.....	6
6 Pasos principales para la cuantificación de la compensación ambiental.....	9
6.1 Determinación de la viabilidad ambiental del proyecto .....	9
6.2 Identificación de los impactos al ambiente.....	10
6.3 Cuantificación de los impactos a compensar.....	10
6.3.1 Afectación a la cobertura vegetal.....	11
6.3.2 Impermeabilización del suelo .....	12
6.3.3 Aprovechamiento del recurso hídrico.....	13
6.3.4 Afectación al paisaje y vida silvestre.....	14
6.3.5 Cálculo de costos de la compensación ambiental.....	15
7 Opciones para el cumplimiento de la compensación ambiental.....	16
7.1 Reforestación.....	16
7.1.1 Por impactos a la Vegetación.....	17
7.1.2 Por impactos al recurso hídrico.....	17
7.2 Incrementar la infiltración de aguas lluvias en áreas de recarga hídrica. ....	18
7.3 Apoyo a la gestión de áreas naturales protegidas .....	19
7.4 Apoyo a la investigación .....	20
7.5 Medidas o acciones orientadas a reducir la contaminación de los acuíferos .....	20
8 Glosario.....	21
9 Referencias bibliográficas.....	24
10 Anexos.....	25

## I. Introducción

Toda actividad humana realizada dentro de un marco de desarrollo, causa impactos al medio ambiente, pero es necesario tener presente que todos los países del mundo necesitan realizar acciones y ejecutar diversos proyectos de progreso, orientados a mejorar las condiciones sociales y económicas de sus poblaciones. Por lo tanto, desde la perspectiva ambiental, se vuelve indispensable que todas las actividades relacionadas con los desarrollos nacionales de cada país, sean llevadas a cabo siempre en armonía con la naturaleza y ecosistemas, es decir, cumplir con criterios y directrices de sostenibilidad, de tal manera que el bienestar social de las generaciones presentes no vayan causar detrimentos en el bienestar de las futuras generaciones.

Por lo tanto, todo desarrollo social y económico que conlleve la realización de actividades, obras o proyectos que por su naturaleza causen o que causarán a futuro impactos negativos al ambiente, deben ir acompañados de la ejecución de medidas conservación, protección y compensación, según sea el caso:

- a) Caso 1. Cuando los impactos a los recursos naturales y a los ecosistemas son reversibles y que puedan ser contrarrestados, atenuados, de tal manera que exista la posibilidad y oportunidad de su recuperación. Deben ser realizadas acciones de Manejo, Rehabilitación y/o Restauración ambiental, ejecutando las medidas necesarias para equilibrar y cumplir con los requerimientos de conservación del medio ambiente.
- b) Caso 2. Cuando los impactos son irreversibles en el medio ambiente. En estos casos, debe recurrirse a la compensación, lo cual es objeto de esta Guía de Compensación Ambiental

## 2. Marco legal

Dentro de los principios en los cuales se fundamenta la política nacional del medio ambiente se citan en la Ley del Medio Ambiente en su Art. 2, los siguientes:

- a) Todos los habitantes tienen derecho a un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado. Es obligación del Estado tutelar, promover y defender este derecho de forma activa y sistemática, como requisito para asegurar la armonía entre los seres humanos y la naturaleza;
- b) El desarrollo económico y social debe ser compatible y equilibrado con el medio ambiente; tomando en consideración el interés social señalado en el Art. 117 de la Constitución de la República;
- c) Se deberá asegurar el uso sostenible, disponibilidad y calidad de los recursos naturales, como base de un desarrollo sustentable y así mejorar la calidad de vida de la población;

- d) Es responsabilidad de la sociedad en general, del Estado y de toda persona natural y jurídica, reponer o compensar los recursos naturales que utiliza para asegurar su existencia, satisfacer sus necesidades básicas, de crecimiento y desarrollo, así como enmarcar sus acciones, para atenuar o mitigar su impacto en el medio ambiente; por consiguiente, se procurará la eliminación de los patrones de producción y consumo no sostenible; sin defecto de las sanciones a que esta ley diere lugar.

La Ley del Medio Ambiente contempla entre algunos de sus conceptos y definiciones básicas:  
Art. 5.- Para los efectos de esta ley y su reglamento, se entenderá por:

Compensación Ambiental: Conjunto de Mecanismos que el Estado y la población puede adoptar conforme a la ley para reponer o compensar los impactos inevitables que cause su presencia en el medio ambiente. Las compensaciones pueden ser efectuadas en forma directa o a través de agentes especializados, en el sitio del impacto, en zonas aledañas o en zonas más propicias para su reposición o recuperación.

Obligación de reparar el daño como deber legal de restablecer el medio ambiente o ecosistema, a la situación anterior al hecho, que lo contaminó, deterioró o destruyó, cuando sea posible, o en dar una compensación a la sociedad en su conjunto, que sustituya de la forma más adecuada y equitativa el daño, además de indemnizar a los particulares por perjuicios conexos con el daño ambiental, según corresponda.

Otros Artículos de la Ley relacionados.

Art. 62.- Cuando el Ministerio otorgue licencias o permisos ambientales para el uso y aprovechamiento sostenible de un recurso natural, se tomarán en cuenta las medidas para prevenir, minimizar, corregir o compensar adecuadamente el impacto ambiental.

En el permiso ambiental de aprovechamiento de recursos naturales, deberán incluirse las disposiciones específicas de protección al medio ambiente.

Art. 71. - El Ministerio identificará las zonas de recarga acuífera y promoverá acciones que permitan su recuperación y protección

En el Capítulo IV de la Ley de Medio Ambiente, referente al sistema de evaluación ambiental, se hace mención a los procedimientos para la obtención del permiso ambiental, siendo la compensación ambiental, parte de este proceso.

El Reglamento General de la Ley de Medio Ambiente, en su Título III, capítulo II, se refiere a la evaluación ambiental en la cual se incluyen las medidas de compensación ambiental.

### 3. Justificación

Con el propósito de proveer de una herramienta estandarizada, que apoye en la preparación de las propuestas para la compensación ambiental de los impactos que generan o generarán los componentes de las obras, actividades o proyectos promovidos por los titulares, se ha preparado una guía metodológica para el análisis y cálculo de la compensación ambiental.

Esta guía se propone facilitar y armonizar criterios entre funcionarios del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, funcionarios públicos, consultores y prestadores de servicios ambientales, titulares y población en general interesada en el tema, sobre las herramientas metodológicas que permitan estimar la magnitud y cuantificación técnica y financiera de la compensación ambiental, de acuerdo a la legislación ambiental de El Salvador.

### 4. Objetivos

#### 4.1 Objetivo General

Cumplir con las disposiciones contenidas en la Ley del Medio Ambiente, relacionadas con la Compensación Ambiental, como una responsabilidad de la sociedad en general, del Estado y de toda persona natural y jurídica, a fin de reponer o compensar los recursos naturales que utiliza para asegurar su existencia, satisfacer sus necesidades básicas, de crecimiento y desarrollo, así como enmarcar sus acciones, para atenuar o mitigar su impacto en el medio ambiente y proporcionar los criterios básicos y procedimientos de cálculo, para estimar técnica y financieramente las medidas de compensación ambiental para los recursos naturales que resultaren afectados por la ejecución de actividades, obras o proyectos que estén en proceso de obtención del permiso ambiental, en cumplimiento de la legislación ambiental del país.

#### 4.2 Objetivos Específicos

- a) Proteger el equilibrio de los ecosistemas hídricos y terrestres, cuando sus componentes son utilizados con fines de desarrollo social y económico.
- b) Contribuir a hacer efectiva la compensación ambiental de los recursos naturales afectados directamente por la ejecución de actividades, obras o proyectos, de interés particular, para la comunidad y para el país.
- c) Uniformizar y disponer de criterios técnicos básicos, parámetros y procedimientos para estimar los costos de las medidas y las obras de compensación ambiental a realizar por los titulares de proyectos que requieran compensar.

## 5. Reducción de monto para medida de compensación ambiental cuando la actividad, obra, proyecto incluye medidas de prevención y atenuación

En la Ley del Medio Ambiente, se establecen en el Art. 2, los Principios de la Política Nacional del Medio Ambiente, en el que se define en el literal f) en la gestión de protección del medio ambiente, prevalecerá el principio de prevención y precaución. En ese sentido, las medidas de prevención y atenuación de los impactos, deben priorizarse sobre las medidas de compensación ambiental.

La medida de compensación podrá reducirse, al establecerse medidas de prevención o atenuación, que reduzcan el impacto previsto en cada factor ambiental, ya sea este: afectación a la cobertura vegetal, impermeabilización del suelo, uso del recurso hídrico, entre otros.

A manera de ejemplo se establecen algunas medidas ambientales que se pueden considerar, en la formulación de la actividad, obra o proyecto:

- Reuso de agua, bajo las condiciones establecidas por el Ministerio.
- Recirculación de agua dentro de un proceso de producción.
- Recolección de agua lluvia en techos y uso dentro de las actividades del titular.
- Implementación de reservorios de captación de agua.
- Pozos de infiltración de agua lluvia, cuya efectividad debe valorarse en función de la cantidad esperada de agua infiltrada por año ( $m^3$  infiltrada al año), cuyo valor debe tomar en cuenta el volumen de agua potencial anual para el área de recogimiento considerando la precipitación promedio anual (mm/año), la capacidad de captura de los pozos previo a su saturación, la máxima captura en los pozos por tormenta. No se considerará para la validez de los pozos de infiltración, un equivalente de monto económico de compensación.
- Acequias de infiltración, cuya efectividad debe valorarse igual que los pozos de infiltración.
- Instalación de una planta de tratamiento, que permita el uso del agua tratada.
- Uso de concreto permeable en zonas de circulación.
- Uso de gramoquin en zonas de parqueo.
- Entre otros.

Para considerar de forma efectiva el beneficio de las medidas ambientales de prevención. Se deberá realizar el cálculo de la medida de compensación tomando en cuenta, el impacto final esperado, con la implementación de las medidas de prevención y atenuación. Por ejemplo, en el caso de consumo de agua, se calculará sobre el máximo de consumo de agua previsto extraer del acuífero por la actividad, obra o proyecto por año.

Las medidas de prevención y atenuación complementarias a la compensación, deberán de ser incorporadas en el Programa de Manejo Ambiental.

## 5.1 Aplicación de medidas de prevención y atenuación en el diseño de la actividad, obra o proyecto:

Se detallada a continuación algunos casos ejemplificados que permiten describir la metodología a implementar:

### a) Reducción al impacto por consumo de agua

- Escenario sin medidas de prevención

Contabilidad de medidas ejecutadas	Uso de agua
Consumo total de agua previsto inicialmente	50,000 m <sup>3</sup> /año
Consumo de agua a compensar	50,000 m <sup>3</sup> /año

- Escenario con medidas de prevención y atenuación en el diseño de la actividad, obra o proyecto

Contabilidad de medidas ejecutadas	Uso de agua
+ Consumo total de agua previsto inicialmente	50,000 m <sup>3</sup> /año
- Implementación de medida de recirculación de agua, que reducen el consumo de agua en la etapa X	15,000 m <sup>3</sup> /año
- Recolección de agua lluvia de techos para uso en sanitarios	5,000 m <sup>3</sup> /año
- Implementación de un reservorio de captura de agua de escorrentía, que reduce la necesidad de agua de riego de áreas verdes.	10,000 m <sup>3</sup> /año
= Agua requerida para el proyecto	20,000 m <sup>3</sup> /año
Consumo de agua a compensar	<b>20,000 m<sup>3</sup>/año</b>

En el ejemplo antes planteado las medidas de prevención y atenuación reducen el impacto en 30,000 m<sup>3</sup>/año, cuyo impacto ya no es considerado dentro del calculo del monto de compensación ambiental, lo cual reducen los costos ambientales para realizar la actividad, obra o proyecto, que se traducen en inversión en infraestructura para el mismo proyecto.

### b) Reducción en el impacto por impermeabilización del suelo

- Escenario sin medidas de prevención

Contabilidad de medidas ejecutadas	Área	Material a utilizar	Porcentaje de infiltración	Área impermeable
= Área total del proyecto	10,000 m <sup>2</sup>	concreto	0%	10,000 m <sup>2</sup>
Área a compensar				<b>10,000 m<sup>2</sup></b>

- Escenario con medidas de prevención

Contabilidad de medidas ejecutadas	Área	Material a utilizar	Porcentaje de infiltración*	Área impermeable
+ Área de las naves industriales	3,000 m <sup>2</sup>	concreto	0%	3,000 m <sup>2</sup>
+ Área de circulación	4,000 m <sup>2</sup>	concreto permeable	95%	200m <sup>2</sup>
+ Área de parqueos	600 m <sup>2</sup>	gramoquín	30%	420m <sup>2</sup>
+ Áreas verdes	2,400 m <sup>2</sup>	grama	100%	0 m <sup>2</sup>
= Área total del proyecto	10,000 m <sup>2</sup>			3,440 m <sup>2</sup>
Área a compensar				<b>3,440 m<sup>2</sup></b>

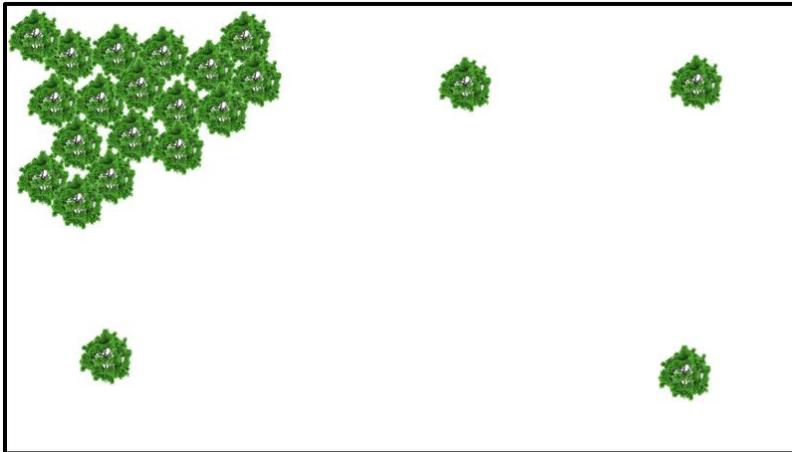
\*El porcentaje de infiltración esta referido a la comparación entre el nivel de infiltración del material comparado con la condición natural del suelo.

En el ejemplo antes planteado las medidas de prevención y atenuación reducen el impacto en 6,560 m<sup>2</sup> de área impermeable, cuyo impacto ya no es considerado dentro del cálculo del monto de compensación ambiental, lo cual reducen los costos ambientales para realizar la actividad, obra o proyecto, que se traducen en inversión en infraestructura para el mismo proyecto.

### C) Por tala de árboles y arbustos

Las medidas de prevención a la afectación a la cobertura vegetal, se refiere a considerar en el diseño del proyecto, la mejor distribución de las instalaciones que reduzcan los requerimientos de tala en el área de la actividad, obra o proyecto.

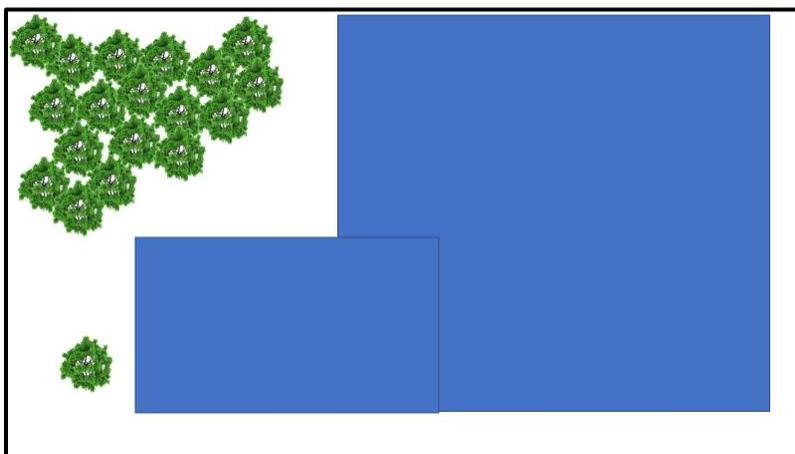
Se muestra a continuación un ejemplo en el cual se realiza una distribución que considera la prevención sobre la afectación en la cobertura vegetal; en la figura No.1, se muestra un ejemplo de condición natural del área de una actividad, obra y proyecto; en la figura No. 2 se muestra el terreno con un diseño y distribución de áreas que no consideran la prevención a la afectación en la cobertura vegetal; y en la figura No. 3 se muestra el terreno con un diseño y distribución de áreas que considera la prevención a la afectación en la cobertura vegetal.



*Figura No. 1 Ejemplo de condición natural.*



*Figura No. 2 Ejemplo de diseño sin considerar prevención de afectación.*



*Figura No. 3 Ejemplo de diseño considerando prevención de afectación.*

	Referencia	Árboles	Tala de árboles requerida	Árboles a compensar
Condición natural	Figura 1	400	---	
Diseño sin medidas de prevención	Figura 2	30	370	3,700
Diseño con medidas de prevención	Figura 3	380	20	200
Ahorros obtenidos por mejora del diseño			350	3,500

En el ejemplo antes planteado las medidas de prevención y atenuación reducen el impacto en 350 árboles, cuyo impacto ya no es considerado dentro del cálculo del monto de compensación ambiental, lo cual reducen los costos ambientales para realizar la actividad, obra o proyecto, que se traducen en inversión en infraestructura para el mismo proyecto.

## 6 Pasos principales para la cuantificación de la compensación ambiental

- d) La Compensación Ambiental depende y está en función de los impactos inevitables actuales o potenciales, previstos en los proyectos como afectación negativa al medio ambiente y su determinación o definición comprende los pasos o componentes siguientes:
- e) Determinación de la viabilidad ambiental favorable para la actividad, obra o proyecto.
- f) Identificación de todos los impactos del proyecto al medio ambiente.
- g) Cuantificación de los impactos a compensar.
- h) Cálculo de la compensación ambiental como respuesta y en correspondencia con la cuantificación de los impactos del proyecto al ambiente, según disposiciones de la Ley del Medio Ambiente.

### 6.1 Determinación de la viabilidad ambiental del proyecto

La viabilidad ambiental de una actividad, obra o proyecto, se determina tomando en consideración los criterios y restricciones establecidos en la Ley del Medio Ambiente y sus Reglamentos, así como de otros instrumentos legales aplicables tales como Ordenanzas Municipales, normativas de Ordenamiento Territorial, disponibilidad limitada del recurso a explotar y la capacidad de carga del ecosistema.

Se debe determinar la disponibilidad del recurso, considerando la capacidad de carga del ecosistema y la no afectación a otros usuarios, ni al medio ambiente, previo a la preparación de una propuesta de compensación ambiental. Por ejemplo, si para una actividad de

extracción de recurso hídrico de un acuífero, se determina que no existe suficiente disponibilidad de agua en dicho acuífero y que puede llevar al agotamiento, estrés hídrico o afectación a otros usuarios; no podrá definirse como viable y no podrá sustituirse dicha condición por medio de una medida de compensación ambiental.

## **6.2 Identificación de los impactos al ambiente**

Este proceso se realizará mediante la evaluación de la interacción del proyecto y el medio ambiente en el cual será desarrollado y que potencialmente puede verse afectado, para ello se evaluarán los impactos en general, a la vegetación, agua, suelo, aire, alteración de hábitats naturales de la vida silvestre, alteración de paisajes, alteración de corredores biológicos, para posteriormente identificarlos acorde a la reversibilidad del impacto, de la siguiente manera:

**IMPACTOS REVERSIBLES**, Requieren medidas de prevención o atenuación Los impactos al aire, suelo, ruido y otros (si los hay). Cada uno de ellos debe ser considerado dentro del Programa de Manejo Ambiental contemplado en el Estudio de Impacto Ambiental (o Programa de Adecuación Ambiental en caso de Diagnóstico Ambiental), describiendo con el detalle necesario, las medidas y acciones de prevención, protección, mitigación y manejo, incluyendo los costos correspondientes. Los cuales servirán para la definición de la Fianza de Cumplimiento Ambiental.

**IMPACTOS IRREVERSIBLES**, Requieren de compensación ambiental Que al igual que los anteriores deben ser incorporados dentro del Programa de Manejo Ambiental contemplado en el Estudio de Impacto Ambiental (o Programa de Adecuación Ambiental en caso de Diagnóstico Ambiental). Entre ellos se encuentran remoción de vegetación arbórea y arbustiva, pérdida de infiltración de aguas lluvias por la impermeabilización del suelo, consumo de agua, alteración de hábitats naturales de la vida silvestre, alteración de paisajes, alteración de corredores biológicos y otras que, de acuerdo al proceso de evaluación ambiental, sean consideradas por el MARN como sujetas de compensación.

Se debe tomar en cuenta que, acorde con la sinergia de impactos, puede llegar el punto en que el ecosistema ya no pueda soportar impactos adicionales, dificultando así la posibilidad de recuperar su condición natural –de manera similar a cuando un resorte se deforma sin recuperar su forma original–, aun cuando los impactos de un proyecto sean no significativos dentro del área de influencia directa.

## **6.3 Cuantificación de los impactos a compensar**

A efecto de cuantificar los impactos a compensar, se requiere definirlo de manera cuantitativa:

- a) Afectación a la cobertura vegetal: determinar el número de árboles y/o arbustos a talar. Indicar los nombres comunes y científicos, indicando el estado de extinción de las especies.
- b) Impermeabilización del suelo. Pérdida de infiltración de aguas lluvias por la impermeabilización del suelo (en hectáreas (ha)), debido a la construcción de viviendas, edificaciones, calles, aceras y otros. Determinación del volumen de agua lluvia que no se infiltrará (metros cúbicos anuales), este impacto está directamente relacionado con el caudal de escorrentía que será aumentado por la ejecución de la actividad, obra o proyecto.
- c) Aprovechamiento del recurso hídrico: como resultado del aprovechamiento del agua para el uso que la actividad, obra o proyecto haya determinado, el cual será estimado como volumen anual requerido (metros cúbicos anuales).
- d) Alteración de hábitats naturales de la vida silvestre, alteración de paisajes, alteración de corredores biológicos. Determinar el área (ha) a ser impactada producto de la implementación de la actividad, obra o proyecto. Como primera medida de control de este impacto, se deberá evitar la total ruptura o total fragmentación de la conductividad ecológica de la zona de influencia del proyecto

### 6.3.1 Afectación a la cobertura vegetal

La cuantificación de la afectación a la cobertura vegetal por efecto de la tala o remoción de árboles dentro del área de influencia del proyecto, deberá ser realizada mediante la cuantificación de individuos (árboles y arbustos), efectuando levantamiento de las especies y su ubicación en la topografía del sitio. En el caso de los árboles, se cuantificarán en los siguientes rangos: entre 10 y 20 centímetros de diámetro a la altura del pecho (DAP) y aquellos que son mayores a 20 centímetros de DAP.

Este levantamiento se resumirá en dos cuadros separados –para árboles y arbustos– que debe contener, como mínimo, la siguiente información:

Nombre de proyecto		(acorde a Formulario Ambiental)			
Ubicación					
Tipo de vegetación cuantificada			(indicar ARBOLES, según DAP y ARBUSTOS)		
No.	Nombre común	Nombre científico	Estatus*	Total de individuos encontrados	Total de individuos a talar
1					
2					
...					
Total de individuos a remover o talar					(SUMA)

\*: Estatus acorde con el Decreto de especies amenazadas y en peligro de extinción vigente y publicado en el Diario Oficial, o bien tratado internacional con vinculación legal en nuestro país.

### 6.3.2 Impermeabilización del suelo

El análisis de la pérdida de infiltración por impermeabilización del suelo o reducción de su capacidad de infiltración partirá de la determinación de las características de infiltración potencial del área de proyecto, tanto para la condición actual como para la condición proyectada. El cálculo se realizará por medio de un **BALANCE HÍDRICO ELEMENTAL**, utilizando información climática local de las variables lluvia y evapotranspiración real (ETR), y mediante el cálculo del escurrimiento con metodologías técnicamente aceptables y aplicables a nuestro medio.

Se pretende con este cálculo, determinar el volumen de infiltración potencial del terreno en la condición sin proyecto (actual) y el volumen de infiltración potencial del mismo terreno para la condición con proyecto. Del análisis anterior podrá determinarse un volumen anual de agua que dejará de infiltrarse en el terreno por el desarrollo de la actividad, obra o proyecto, dicho volumen será el volumen anual de agua a compensar.

Los valores de lluvia y de evapotranspiración real, podrán obtenerse de la información oficial del Observatorio Ambiental del MARN o de otra fuente válida disponible.

El escurrimiento será determinado considerando:

- Uso actual de suelo. Cobertura vegetal
- Pendiente del terreno
- Permeabilidad, según textura

Para esta determinación puede utilizarse la Tabla para el cálculo del escurrimiento o escorrentía superficial del Anexo de esta Guía. Pueden utilizarse otras metodologías válidas, incluyendo tablas y gráficos (valor "C"). Si la topografía del suelo no es uniforme, este valor debe definirse en forma ponderada.

Finalmente, la infiltración de aguas lluvias puede ser calculada:

Por metodologías técnicas válidas disponibles o por diferencia, cuando ya se tienen los valores de lluvia, ETR y C

$$\text{Lluvia} = \text{Evapotranspiración Real (ETR)} + \text{Escurrimiento (C)} + \text{Infiltración (I)}$$

$$\text{Infiltración} = \text{Lluvia} - \text{ETR} - \text{Escurrimiento}$$

El cálculo del balance hídrico también deberá ser realizado en la zona donde se realizará la compensación ambiental total, sí esta compensación será hecha en la misma zona o lugar. El balance hídrico a utilizar será el mismo, siempre y cuando las características del suelo sean similares (pendiente y permeabilidad).

El cálculo del Balance Hídrico será en cada una de las zonas donde se llevará a cabo la compensación ambiental a fin de determinar el volumen de infiltración que dicha compensación impartirá al terreno con la nueva condición del terreno, la cual debe ser igual o mayor al volumen anual de agua a compensar.

### 6.3.3 Aprovechamiento del recurso hídrico

Afectación al recurso hídrico.

El volumen de agua a compensar a través de la infiltración de aguas lluvias ( $m^3/año$ ) será igual al volumen de agua extraído o a extraer de una fuente superficial (río, arroyo, lago, laguna, manantial) o subterránea (acuífero, a través de pozos)

Volumen de agua a infiltrar ( $m^3/año$ ) = Volumen de agua extraída o a extraer ( $m^3/ha$ )

Para efectos de compensación ambiental, se requiere cuantificar el área (ha) necesaria para infiltrar el volumen de agua a compensar ( $m^3/año$ ), según la tasa de infiltración (mm/año) del lugar a compensar

La tasa de infiltración

En el sitio a compensar, ya sea dentro o fuera del área de la actividad, obra o proyecto

Para el cálculo de la lámina de infiltración (mm/año), se debe realizar el balance hídrico correspondiente, con información climática del lugar:

Lluvia = Evapotranspiración Real (ETR) + Esguerrimiento (C) + Infiltración (I)

Infiltración = Lluvia – ETR – Esguerrimiento

1 mm de infiltración = 10  $m^3/ha$

Lluvia y Evapotranspiración Real. Esta información puede ser obtenida en el MARN

Esguerrimiento: puede usarse tablas o gráfcos que consideren los componentes de cobertura vegetal, pendientes, permeabilidad del suelo del área a compensar

También puede hacerse pruebas directas de infiltración con metodologías técnicas reconocidas y determinar la infiltración, calculada para fines de compensación, en  $m^3/año$ , considerando el área (ha) de infiltración en el sitio a compensar.

Si la ejecución de la compensación ambiental será realizada a través del Fondo de la Iniciativa para las Américas (FIAES), o por el Fondo Ambiental de El Salvador (FONAES), la tasa de infiltración a utilizar es la infiltración media nacional de 295 mm/año (FORGAES, 2005), equivalente a 2950  $m^3/ha$ . Es decir, no es necesario realizar el balance hídrico.

El recurso hídrico podrá ser aprovechado mediante un uso consuntivo o no consuntivo.

Uso consuntivo: corresponde a aquellas obras, actividades o proyectos que requieren de un consumo directo del recurso. Ejemplos de este uso del agua son los abastecimientos de agua a la población, riego agrícola y actividades productivas industriales.

En el caso que la fuente de agua utilizada sea un río, los usos y usuarios situados aguas abajo del sitio de toma, dependen de manera crítica de la cantidad y calidad que quede disponible, por lo tanto, la regulación y controles de todos usos de la fuente de agua son indispensables.

La cuantificación del impacto se realizará, de acuerdo al caso que aplique, tomando en consideración los siguientes criterios:

Volumen de agua por consumo de la población, para el caso, proyectos urbanísticos ( $m^3$  anuales). Este cálculo debe hacerse considerando inicialmente la dotación diaria por persona (litros) y el volumen anual será calculado sobre la base de la demanda media diaria.

Volumen de agua por consumo en actividades productivas industriales, ( $m^3$  diarios, mensuales y anuales), sobre la base de consumos pasados ya realizados o de las proyecciones de operación de sus actividades.

Volumen de agua por consumo en riego agrícola (cultivos en general) y pecuario (pastizales para ganadería) Determinación de caudales y volúmenes diarios, mensuales y anuales de agua utilizados o a utilizar

Uso no consuntivo. Agua utilizada para un determinado fin pero que no es consumida. Es devuelta al cuerpo de agua en iguales condiciones de cantidad y calidad; para el caso, proyectos hidroeléctricos (aprovechamiento hidráulico de los ríos), proyectos o actividades de recreación (turismo, esparcimiento) y acuicultura

El Uso No Consuntivo del agua también es objeto de compensación ambiental, puesto que, de acuerdo al marco normativo nacional, las aguas superficiales y subterráneas son bienes nacionales. Por lo tanto, debe haber “un pago compensatorio” por el uso o aprovechamiento del recurso agua, que sirve para generar beneficios económicos a los titulares de proyectos.

#### 6.3.4 Afectación al paisaje y vida silvestre

Las medidas o acciones de compensación por alteración a las condiciones naturales deben estar ligadas a la estabilidad de los ecosistemas y del medio ambiente, y sus implicaciones en la alteración del bienestar social.

Afectación al paisaje y vida silvestre = área total del proyecto (ha)

Para que haya compatibilidad de la actividad, obra o proyecto con el medio ambiente, se deberá cumplir:

Como primera medida de control y manejo de este impacto, se deberá evitar la total ruptura o total fragmentación de la conductividad ecológica de la zona de influencia del proyecto

El Titular deberá proponer las medidas o acciones de compensación ambiental por la alteración a estas condiciones naturales ligadas a la estabilidad de los ecosistemas y del medio ambiente y sus implicaciones relacionadas con la alteración del bienestar social.

### 6.3.5 Cálculo de costos de la compensación ambiental

Para el cálculo de los costos de las medidas de compensación, podrá realizarse:

A través de una metodología relacionada con la cuantificación de bienes y servicios ambientales prestados por los ecosistemas, ó

Uso del valor de contabilización de bienes y servicios ambientales que brindan los bosques secundarios: \$ 980.00/ha. (Méndez A. 2011. Colombia)

Compensación ambiental por aprovechamiento permanente de agua para proyectos de vida útil de 20 años con opción reforestación con árboles forestales

Aplicables a actividades, obras o proyectos que utilizan agua como materia prima o insumo para transformación o elaboración de productos comerciales

- Base técnica de costos: según módulos de reforestación de 10 ha del MARN:

Distanciamientos de siembra:  $4 \times 4 \text{ m} = 16 \text{ m}^2 = 625 \text{ árboles/ha}$

Años 1 a 3. Plan de reforestación. Establecimiento

Costos de plantación y mantenimiento 3 años: \$ 3,211.40/ha.

Costos de ejecución del Plan: imprevistos (10%), administración (12%) y asistencia técnica (25%) = \$ 1,509.36

TOTAL: \$4,721.00/ha.

- Período años 4 al 20 (17 años). Manejo de la plantación ya establecida:

Base de Compensación requerida: costos de administración (12%) y asistencia técnica (25%) = 37 % de los costos de Plantación, y mantenimiento/3 años:

Costo plantación y mantenimiento 3 años: \$ 3,211.40/ha

Administración: 12% + asistencia técnica: 25% = 37%

Compensación años 4 al 20:  $\$3,211.40/\text{ha} \times 0.37 = \$1,188.22/\text{ha}$

Costo total período 4-20 años =  $\$1,188.22/\text{ha/año} \times 17 \text{ años} = \$20,199.74/\text{ha}$

## 7 Opciones para el cumplimiento de la compensación ambiental

Para ejecutar la compensación, el Titular de la actividad, obra o proyecto, tendrá dos formas alternativas para su realización:

- a) Ejecución de la compensación a través de FONAES o FIAES, depositando la Fianza de Garantía correspondiente, emitida por el Titular. Bajo esta figura la responsabilidad de la ejecución de las medidas, será de FONAES o FIAES, según el caso.
- b) Ejecución de las medidas de compensación por parte del titular o por la persona natural o jurídica que contrate al respecto. Bajo esta figura el Titular continúa siendo el responsable de la ejecución de las medidas de compensación.

El MARN o Entidad Competente vigilará su cumplimiento a través de inspecciones y auditorías.

### 7.1 Reforestación

La compensación se realiza por medio de cambio en la cobertura vegetal de un área específica, de forma tal que se genere aumento en la infiltración de aguas lluvias, creación o expansión de hábitat, recuperación de ecosistemas, ecoturismo, entre otros.

Para esta compensación deberá calcularse el área de reforestación necesaria para compensar, de acuerdo a los impactos de las actividades, obras o proyectos al medio ambiente y a la sociedad.

*El área donde sea realizada la compensación ambiental a través de reforestación, implica que este nuevo uso del suelo no podrá ser modificado a través del tiempo, para mantener su función ecosistémica permanente.*

En caso de que el titular, tome la opción b), se presentan dos casos:

Caso No.1. La compensación ambiental se realiza en el mismo lugar del proyecto, con características similares de suelo (pendiente y permeabilidad), el balance hídrico es el correspondiente al utilizado en la cuantificación de impactos para el sitio del proyecto, si las condiciones del terreno donde se realizará la compensación no varían, en caso que las características del suelo sean diferentes, se deberá elaborar otro Balance Hídrico.

Caso No. 2. La compensación ambiental se realiza en un área fuera del proyecto. Describir las características biofísicas actuales del área en donde se realizará la compensación, considerando las condiciones climáticas y edáficas del lugar. El procedimiento de cálculo es el mismo del caso No.1

La compensación ambiental con opción reforestación y será determinada con base en los siguientes impactos:

#### 7.1.1 Por impactos a la Vegetación

La compensación se realizará bajo los siguientes criterios:

- Plantación de 10 árboles por cada árbol talado con DAP mayor a 20 cm.
- Plantación de 1 árbol por cada árbol talado con DAP entre 10 y 20 cm.
- Plantación de un arbusto por cada arbusto talado

La propuesta de compensación ambiental deberá presentar la información detallada referida a las especies arbóreas y arbustivas a plantar, distanciamientos, mantenimiento (3 años cuando menos), incluyendo los costos parciales y totales. Se incluirá un cuadro donde se presente la cantidad de árboles a plantar por especie, el nombre común y científico, el estatus y la forma de plantación, de acuerdo al desarrollo del apartado 5.3. de este mismo documento.

En caso de que el titular, tome la opción b), éste debe verificar previamente que el área destinada para realizar la compensación, tenga las condiciones y la capacidad para permitir el desarrollo de las especies arbóreas y arbustivas acorde a lo planificado. Para poder realizar inspecciones y auditorías ambientales, el Titular deberá presentar un plano de ubicación del área, a escala adecuada, que detalle los accesos que permitan llegar a ella.

#### 7.1.2 Por impactos al recurso hídrico.

- **Pérdida de infiltración de aguas lluvias por efecto de la impermeabilización del suelo:**

Se realizará el cálculo para compensar el 100% del volumen anual ( $m^3$ ) de aguas lluvias que, por efecto de la ejecución de la obra, actividad o proyecto a futuro, ya no serán infiltradas

El cálculo de la pérdida de infiltración (mm y  $m^3$  anuales) se hará considerando el área a impermeabilizar (ha) y la lámina de infiltración obtenida a través del cálculo del balance hídrico realizado con información climática del lugar o de sitios cercanos representativos.

- **Aprovechamiento del recurso hídrico**

Corresponde al 100% del volumen de aprovechamiento anual de agua que será requerido por el proyecto para cada una de sus etapas. Aplica para aquellos casos en que el sistema utilice una fuente de abastecimiento de agua como: pozo, manantial, río, lago, laguna. El volumen de compensación por consumo de agua se estima anualmente,

es decir para un año hidrológico. La forma de cuantificación de este impacto está desarrollada en el apartado 5.3. de esta guía.

El volumen total de agua a compensar por impactos al recurso hídrico viene dado por la adición del volumen anual no infiltrado con el volumen anual de aprovechamiento que tendrá el proyecto, ambos volúmenes al 100% de su valor estimado.

$$V_{\text{compensación agua}} = V_{\text{no infiltrado}} + V_{\text{consumido}}$$

Donde:

$V_{\text{compensación agua}}$ :	volumen total anual a compensar por impactos al recurso hídrico.
$V_{\text{no infiltrado}}$ :	volumen total anual que dejará de infiltrarse por la ejecución del proyecto (impermeabilización del suelo).
$V_{\text{consumido}}$ :	volumen total anual de consumo de la actividad, obra o proyecto.

Para efectos de COMPENSACIÓN con reforestación, el titular deberá estimar el área a reforestar necesaria para infiltrar el volumen de agua total anual calculado previamente.

Este volumen deberá ser convertido posteriormente en número de árboles que será necesario plantar para lograr el objetivo de la compensación. Se deberá determinar los costos correspondientes a efecto de valorar económicamente la medida ambiental.

## **7.2 Incrementar la infiltración de aguas lluvias en áreas de recarga hídrica.**

Pueden ser realizadas en áreas de producción agrícola, pecuaria, agropecuaria o en otras áreas que permitan la infiltración de aguas lluvias y la correspondiente recarga hídrica.

Pueden ser obras mecánicas o vegetativas para la captación e infiltración de aguas lluvias, que posibilite la recarga hídrica ya sea en forma subsuperficial o subterránea, de tal manera que sirvan para favorecer la existencia y conservación de nacimientos de agua y enriquecer o mantener la recarga de mantos acuíferos.

Estas obras pueden ser:

- a) Acequias de absorción (a nivel),
- b) Pozos de absorción en sitios estables
- c) Cajuelas (similar a las hechas en cafetales)
- d) Barreras vivas como hijos de piña, zacates de macollas, entre otras.
- e) Barreras de piedra. Obviamente, esta práctica es recomendable en terrenos con presencia de piedras sueltas en su superficie

- f) Implementación de sistemas agroforestales, cultivos en terrazas, rotación de cultivos en tierras agrícolas manejadas por cooperativas legalmente constituidas.
- g) Otras obras de captación e infiltración de aguas lluvias.
- h) Ejecución de obras mecánicas y vegetativas para la estabilización de drenajes, tales como: construcción de diques transversales, siembra de musáceas, zacate de macollas.
- i) Establecimiento de bosques de galería en márgenes de ríos inestables, utilizando especies forestales adaptadas a las condiciones edáficas y climáticas de la zona. Principalmente a aquellos ríos que hidráulicamente presentan condiciones de inestabilidad provocando desbordamientos, o que presentan este tipo de amenazas.
- j) Protección de nacimientos de agua utilizados por comunidades rurales dentro de la zona de influencia del proyecto.
- k) Reforestación de las áreas recarga hídrica y alrededores, hechura de cercos perimetrales de protección.
- l) Podrá presentarse medidas ambientales con una sola opción o con la combinación de varias. Para todos los casos anteriores deberá estimarse el volumen de recarga a la que equivale la medida ambiental propuesta de forma que se logre la compensación deseada.

### **7.3 Apoyo a la gestión de áreas naturales protegidas**

Comprende la realización y ejecución de medidas de vigilancia, protección, conservación, mejoramiento y enriquecimiento de especies vegetales nativas y adaptadas a la zona, enmarcadas dentro de un Plan de Manejo.

La selección de esta opción estará limitada a la disponibilidad de áreas que requieran apoyo de manejo, cuya propuesta debe ser aceptada por el MARN y puede darse la intervención de las municipalidades y/o ONG.

Esta opción requerirá la suscripción de un Convenio entre el titular del proyecto y el MARN, para la definición de las actividades a ejecutar.

Se deberá delimitar específicamente el área intervención, cuya área no podrá duplicar actividades asociadas a otras actividades de manejo o compensación. El titular será el responsable de ejecutar las medidas requeridas en el área establecida, por la vida útil del proyecto.

Debe mencionarse que la responsabilidad del cumplimiento de la compensación, siempre es del Titular.

#### **7.4 Apoyo a la investigación**

- a) Investigaciones hidrogeológicas relacionadas con temas de contaminación del agua subterránea, vulnerabilidad acuífera, delimitación de zonas de recarga acuífera, agotamiento de acuíferos, interacción agua superficial – agua subterránea, intrusión salina, entre otros.
- b) Perforación y equipamiento de pozos de monitoreo de acuíferos, como apoyo a la investigación de acuíferos de alta importancia en términos de sostenibilidad del recurso. Esta medida de compensación debe ser previamente discutida con el MARN para evaluar su viabilidad. No se considera medida de compensación por extracción de recurso hídrico un pozo de monitoreo que sea necesario como medida de control propio del funcionamiento del proyecto.

#### **7.5 Medidas o acciones orientadas a reducir la contaminación de los acuíferos**

Estas medidas deben tener como prioridad, la intervención de las zonas de recarga acuífera relacionadas con la fuente de agua que será aprovechada por la obra, actividad o proyecto. En su defecto, las medidas de intervención pueden ser realizadas en otras zonas acuíferas que se hayan identificado como zonas prioritarias para el incremento de la recarga acuífera y la disminución de la contaminación de los recursos hídricos.

Las medidas de intervención pueden ser:

- a) Ejecución de proyectos de saneamiento básico adecuados a las condiciones del sitio, en comunidades de escasos recursos económicos.
- b) Proyectos de captación de aguas lluvias, del tipo techo – agua y su correspondiente sistema de saneamiento.

Dentro de la propuesta de compensación, el titular podrá presentar al MARN la opción seleccionada o una combinación de opciones que compensen el volumen total de agua a ser aprovechado. En el caso de que la compensación se proponga por medio de obras que no correspondan a la infiltración de aguas lluvias, se deberá calcular con un costo equivalente al costo por reforestación. El titular deberá presentar un desglose de los diferentes tipos de compensación a ser ejecutados y la memoria de cálculo correspondiente, en caso aplique. Los costos de compensación servirán para la fijación de la Fianza de Cumplimiento Ambiental

El MARN evaluará la propuesta de compensación y decidirá sobre la aceptación o no aceptación parcial o total de la misma.

## 8 Glosario

La Ley del Medio Ambiente contempla entre algunos de sus conceptos y definiciones básicas:

Art. 5.- Para los efectos de esta ley y su reglamento, se entenderá por:

**ÁREA NATURAL PROTEGIDA:** Aquellas partes del territorio nacional legalmente establecida con el objeto de posibilitar la conservación, el manejo sostenible y restauración de la flora y la fauna silvestre, recursos conexos y sus interacciones naturales y culturales, que tengan alta significación por su función o sus valores genético, históricos, escénicos, recreativos, arqueológicos y protectores, de tal manera que preserven el estado natural de las comunidades bióticas y los fenómenos geomorfológicos únicos.

**CAUCE:** Áreas cubiertas por aguas continuas o discontinuas, incluyendo las cubiertas en las máximas crecidas ordinarias.

**CONSERVACIÓN:** Conjunto de actividades humanas para garantizar el uso sostenible del ambiente, incluyendo las medidas para la protección, el mantenimiento, la rehabilitación, la restauración, el manejo y el mejoramiento de los recursos naturales y ecosistema.

**DAÑO AMBIENTAL:** Toda pérdida, disminución, deterioro o perjuicio que se ocasione al ambiente o a uno o más de sus componentes, en contravención a las normas legales. El daño podrá ser grave cuando ponga en peligro la salud de grupos humanos, ecosistema o especies de flora y fauna e irreversible, cuando los efectos que produzca sean irreparables y definitivos.

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL:** Proceso que permite determinar los impactos y daños que la construcción, el funcionamiento o el cierre de operaciones de una actividad, obra o proyecto que se encuentre funcionando a la entrada en vigencia de la Ley, esté causando en el ambiente. Este estudio debe culminar con un programa de adecuación ambiental.

**DIVERSIDAD BIOLÓGICA:** Variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres y marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte. Comprende la diversidad de genes, especies y ecosistemas.

**ECOSISTEMA:** Es la unidad funcional básica de interacción de los organismos vivos entre sí y de éstos con el ambiente, en un espacio y tiempo determinados.

**EDUCACIÓN AMBIENTAL:** Proceso de formación ambiental ciudadana, formal no formal e informal, para la toma de conciencia y el desarrollo de valores, concepto y actitudes frente a la protección, conservación o restauración, y el uso sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente.

**ESPECIE:** Conjunto de plantas y animales que en forma natural se reproducen entre si para producir crías fértiles y similares a sus progenitores

**ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL:** Instrumento de diagnóstico, evaluación, planificación y control, constituido por un conjunto de actividades técnicas y científicas realizadas por un equipo multidisciplinario, destinadas a la identificación, predicción y control de los impactos ambientales, positivos y negativos, de una actividad, obra o proyecto, durante todo su ciclo vital, y sus alternativas, presentado en un informe técnico; y realizado según los criterios establecidos legalmente.

**HABITAT.** Ambiente o condiciones naturales en que viven los individuos de una especie.

**IMPACTO AMBIENTAL:** Cualquier alteración significativa, positiva o negativa, de uno o más de los componentes del ambiente, provocadas por acción humana o fenómenos naturales en un área de influencia definida.

**MEDIO AMBIENTE:** El sistema de elementos bióticos, abióticos, socio económicos, culturales y estéticos que interactúan entre si, con los individuos y con la comunidad en la que viven, determinando su relación y sobrevivencia, en el tiempo y el espacio.

**OBLIGACIÓN DE REPARAR EL DAÑO:** deber legal de restablecer el medio ambiente o ecosistema, a la situación anterior al hecho, que lo contaminó, deterioró o destruyó, cuando sea posible, o en dar una compensación a la sociedad en su conjunto, que sustituya de la forma más adecuada y equitativa el daño, además de indemnizar a particulares por perjuicios conexos con el daño ambiental, según corresponda.

**PERMISO AMBIENTAL:** Acto administrativo por medio del cual el Ministerio de acuerdo a esta ley y su reglamento, a solicitud del titular de una actividad, obra o proyecto, autoriza a que estas se realicen, sujetas al cumplimiento de las condiciones que este acto establezca

**PROGRAMA DE ADECUACIÓN AMBIENTAL:** Conjunto de acciones e inversiones, que el titular propone realizar programáticamente, en un plazo determinado, para evitar, corregir, atenuar y/o compensar los daños ambientales causados por una actividad, obra o proyecto, en funcionamiento y por el cierre de operaciones.

**PROGRAMA DE MANEJO AMBIENTAL:** Es el instrumento que contiene el conjunto de medidas propuestas para la prevención, atenuación y compensación de los impactos negativos al ambiente, así como la potenciación de los positivos. En éste se incluyen los componentes siguientes: implementación de medidas de prevención, atenuación y compensación, monitoreo, cierre de operaciones, y rehabilitación. El programa de manejo ambiental es una parte integrante del estudio de impacto ambiental.

**RECURSOS NATURALES:** Elementos naturales que el hombre puede aprovechar para satisfacer sus necesidades económicas, sociales y culturales.

**TITULAR PROPONENTE:** La persona natural o jurídica propietaria de una actividad, obra o proyecto propuesto y que lo ejecuta o manifiesta la intención de llevarlo a cabo

**ZONA DE RECARGA ACUÍFERA:** Lugar o área en donde las aguas lluvias se infiltran en el suelo, las cuales pasan a formar parte de las aguas subterráneas o freáticas.

Otras definiciones:

**ÁRBOL:** es una planta perenne, de tallo leñoso, que se ramifica a cierta altura del suelo. El término hace referencia habitualmente a aquellas plantas cuya altura supera un determinado límite, La planta será considerada como árbol si ya en su madurez su altura supera los 6 metros de altura y además produce ramas secundarias año tras año, diferenciándose por estas condiciones de los arbustos. Los árboles son plantas longevas, como demuestran las diversas especies capaces de vivir varios siglos

Además, producen ramas secundarias nuevas cada año, que parten de un único fuste o tronco, con claro dominio apical, dando lugar a una nueva copa separada del suelo. Las plantas leñosas que no reúnen estas características por tener varios troncos o por ser de pequeño tamaño son consideradas arbustos.

**ARBUSTO:** planta cuyo tallo principal (leñoso) se ramifica a poca altura sobre el suelo en varios troncos delgados y aproximadamente iguales. Suelen medir menos de 6 metros de altura.

**BALANCE HÍDRICO ELEMENTAL.** De manera general considera una ecuación de entradas y salidas. El valor de entrada es la lluvia y las salidas son la Evapotranspiración Real, el escurrimiento sobre la superficie del terreno y la infiltración en el suelo

**COPA.** f. Conjunto de ramas y hojas que forma la parte superior de un árbol.

**FIAES.** Fondo de la iniciativa para las Américas

**FONAES.** Fondo Ambiental de El Salvador

**FUSTE.** Madera (parte sólida de los árboles).

**PLANTA.** f. Árbol u hortaliza que, sembrada y nacida en alguna parte, está dispuesta para trasplantarse en otra.

**USO CONSUNTIVO.** El agua es consumida y no es devuelta al cuerpo de agua original en iguales condiciones de cantidad o calidad

**USO NO CONSUNTIVO.** El agua es aprovechada con determinado propósito y es devuelta al cuerpo de agua original en iguales condiciones de cantidad y calidad

**TRONCO.** Tallo fuerte y macizo de los árboles y arbustos.

## 9 Referencias bibliográficas

Ley del Medio Ambiente y sus Reglamentos

Ley de Áreas Naturales Protegidas

Ley de Vida Silvestre

Decreto No. 50. Reglamento Especial para la Compensación Ambiental

## 10 Anexos

Anexo 10.1 Tabla para el cálculo del escurrimiento o escorrentía superficial

COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA SUPERFICIAL						
COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUNCIADA	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPRECIABLE
		>50%	20%-50%	5%-20%	1%-5%	<1%
SIN VEGETACIÓN	Impermeable	0.80	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.70	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.50	0.45	0.4	0.35	0.3
CULTIVOS	Impermeable	0.70	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.60	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.40	0.35	0.3	0.25	0.2
PASTOS VEGETACIÓN LIGERA	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
HIERBA, GRAMA	Impermeable	0.60	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.50	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.30	0.25	0.2	0.15	0.1
BOSQUES DENSA VEGETACIÓN	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05
NOTA: Para zonas que se espera puedan ser quemadas se debe aumentar los coeficientes así:						
Cultivos: multiplicar por 1.1						
Hierba, Pastos y vegetación ligera, Bosques y densa vegetación: multiplicar por 1.3						

Fuente: Manual de Riego y Avenamiento. Universidad de Los ANDES, Venezuela.

## **Anexo 10.2 Ejemplos Sobre Estimación De Costo De Compensación Ambiental Equivalente Para Actividades, Obras O Proyectos**

### Costos De Compensación Ambiental Equivalente

Impactos a la flora (tala de árboles y arbustos), suelo (impermeabilización) y agua (consumo).

Establecimiento Con Especies Forestales Y Arbustivas

### **Módulo Base De Cálculo: 10 Hectáreas Especies Forestales**

Estas plantaciones no deben ser de la misma especie sino que debe ser realizada con diversas especies adaptadas a los sitios a reforestar, o sea que sean de carácter mixto.

Condicionantes

Distanciamiento de siembra entre árboles: 4x4 metros

Número de árboles por hectárea: 625; 6250 árboles/10 hectáreas

Cálculos

Precio de plántula de un metro de altura: \$2.50

Precio de 6250 plántulas:

\$15,625.00

Trazo y estaquillado a nivel de campo (4 días):

\$1,000.00

Transporte de 6250 plántulas (1 viaje: 200 plántulas): 32 viajes

1 viaje: \$50.00; costo 32 viajes:

\$1,600.00

Plantación

Ahoyado de 0.40 m x 0.40 m x 0.40m (0.064 m<sup>3</sup>)

Abonado: aplicación de 1 onza de abono orgánico por planta

Precio abono orgánico: \$15.00 qq

Aplicación: 1 onza/planta: 16 plantas/libra: 1600 plantas/qq

Costo abono orgánico:  $6250/1600 = 3.91$  qq = 4.0 qq :

\$60.00

Tarea/día: 20 plántulas cada trabajador

(longitud de 80 metros; remoción y relleno de 1.28 m<sup>3</sup> de suelo)

Días/hombres necesarios:  $6250$  plántulas/ $20$  plantas día:  $312.5$  días hábiles

Tiempo de ejecución: 28 días calendario

(20 días de trabajo y 8 días fines de semana no trabajados)

Número de trabajadores:  $312.5$  días hábiles/ $20$  días trabajados:  $15.625 = 16$

Costo jornales:

Salario mínimo diario rural: \$3.50 actual; \$ 3.64 futuro (4% mayor):

Con ISSS:  $10\% = 16 \times 3.64 \times 28 = \$1631 + 163 =$

\$ 1,794.00

Herramientas:

\$ 640.00

16 piochas, \$15 c/u: \$240; 16 palas dúplex, \$25 c/u: \$400

**Total plantación =**

**\$20,719**

<b>Mantenimiento 3 años</b>	<b>\$ 11,395.00</b>
Remoción maleza alrededor de plántula	
Resiembra de plantas perdidas	
Control de plagas y enfermedades	
Mantenimiento año 1 (25%)	
Mantenimiento año 2 (15%)	
Mantenimiento año 3 (15%)	

**Costo De Plantación Y Mantenimiento Por 3 Años: \$ 32,114.00**

#### **Costos De Ejecución**

Imprevistos en planeación (10%) =	\$3,211.00
Gastos de administración (12%) =	\$ 3,854.00
Asistencia técnica (25%)	\$ 8,029.00

**Gran Total módulo 10 hectáreas forestales = \$ 47,208**  
**Costo por hectárea = \$ 4,721.00**

#### **Módulo Base De Cálculo: 10 Hectáreas Arbustos**

Referencia de cálculo: reforestación con especies arbustivas. Estas plantaciones no deben ser de la misma especie sino que debe ser realizada con diversas especies adaptadas a los sitios a reforestar, o sea que sean de carácter mixto.

#### Condiciones

Distanciamiento de siembra entre árboles: 3x3 metros

Número de árboles por hectárea: 1,111; 11,110 arbustos/10 hectáreas

#### Cálculos

Precio de plántula de un metro de altura: \$2.00	
Precio de 11,110 plántulas:	\$22,220.00
Trazo y estaquillado a nivel de campo (5 días):	\$1,250.00
Transporte de 11,110 plántulas (1 viaje: 200 plántulas): 56 viajes	
1 viaje: \$50.00; costo 56 viajes:	\$2,800.00

#### Plantación

Ahoyado de 0.40 m x 0.40 m x 0.40m (0.064 m<sup>3</sup>)

Abonado: aplicación de 1 onza de abono orgánico por planta

Precio abono orgánico: \$15.00 qq

Aplicación: 1 onza/planta: 16 plantas/libra: 1600 plantas/qq

Costo abono orgánico: 11,110/1600 = 6.94 qq = 7 qq: \$ 105.00

Tarea/día: 20 plántulas cada trabajador

(longitud de 60 metros; remoción y relleno de 1.28 m<sup>3</sup> de suelo)

Días/hombres necesarios: 11,110 plántulas/20 plantas día: 555.5 días hábiles

Tiempo de ejecución: 28 días calendario

(20 días de trabajo y 8 días fines de semana no trabajados)  
 Número de trabajadores:  $555.5 \text{ días hábiles} / 20 \text{ días trabajados} = 27.77 = 28$   
 Costo jornales:  
 Salario mínimo diario rural: \$3.50 actual; \$ 3.64 futuro (4% mayor):  
 Con ISSS:  $10\% = 28 \times 3.64 \times 28 = \$ 1631 + 163 =$  \$ 2,8544.00  
 Herramientas: \$ 1,1120.00  
 28 piochas, \$15 c/u: \$420  
 28 palas dúplex, \$25 c/u: \$700

**TOTAL PLANTACION = \$30,349**

**Mantenimiento 3 años \$16,692.00**  
 Remoción maleza alrededor de plántula  
 Resiembra de plantas perdidas  
 Control de plagas y enfermedades  
 Mantenimiento año 1 (25%)  
 Mantenimiento año 2 (15%)  
 Mantenimiento año 3 (15%)

**Costo De Plantación Y Mantenimiento Por 3 Años: \$ 47,042.00**

**COSTOS DE EJECUCION**

Imprevistos en planeación (10%) = \$ 4,704.00  
 Gastos de administración (12%) = \$ 5,645.00  
 Asistencia técnica (25%) = \$ 11,761.00

**Gran Total módulo 10 hectáreas especies arbustivas = \$ 69,152.00**  
**Costo por hectárea = \$ 6,915.00**

## Anexo 10.3 Ejemplo de cálculo de la compensación ambiental (Proyecto urbanístico)

### Pasos para su determinación

Área total: 20.00 ha  
Áreas verdes (10%): 2.00 ha  
Accesos, circulación, aceras (20%): 4.00 ha  
Área útil: 14.00 ha. Impermeabilización de cada lote: 30%  
Área promedio por lote: 400 m<sup>2</sup>  
Número de lotes: 350  
Habitantes/lote: 4. Total habitantes: 350 x 4 = 1,400 personas

Impactos del proyecto al medio ambiente:  
Tala de 100 árboles y 400 arbustos  
Impermeabilización del suelo: 8.2000 ha  
Accesos, circulación: 4.00 ha  
Área útil: 14 ha. Impermeabilización de cada lote: 30% = 4.20 ha  
Total = 8.2000 ha

Afectación al paisaje y vida silvestre: 20.00 ha (área del proyecto)

Aprovechamiento de recurso agua: 1,400 habitantes. Dotación de agua: 150 l/p/d = 210 m<sup>3</sup>/día = 76,650 m<sup>3</sup>/año

### Por tala de Vegetación

Tala de 100 árboles. Compensación: 1,000 árboles. Distanciamientos: 4 m x 4 m  
= 16 m<sup>2</sup>/árbol = 1.6000 ha

Tala de 400 arbustos. Compensación: 400 arbustos. Distanciamientos: 3 m x 3 m  
= 9 m<sup>2</sup> /arbusto = 0.3600 ha

Nota: No habrá tala de especies arbóreas o arbustivas en amenaza o en peligro de extinción.

Por impermeabilización del suelo

Total de área a impermeabilizar = 8.2000 ha.

Área a compensar: 8.2000 ha

Afectación al paisaje y vida silvestre = área total del proyecto

Área del proyecto = 20.00 ha a compensar

Por afectación o aprovechamiento del recurso hídrico. (Consumo doméstico):

Población: 1,400 personas = 76,650 m<sup>3</sup>/año

### Cálculo del costo de la compensación ambiental

#### Vegetación

Costos. De acuerdo a Módulos 10 ha MARN árboles y arbustos

El plan de reforestación. Establecimiento: plantación y mantenimiento/3años

Ejecución del Plan: imprevistos, administración y asistencia técnica:

Costos totales:

\$ 4,721.00/ha para árboles forestales. (distanciamiento: 4x4 m = 625/ha)

\$ 6,915.00/ha para arbustos. (distanciamiento: 3x3 m = 1,111/ha)

Cálculo:

Por tala de 100 árboles. Compensación: 1,000 árboles. Distanciamientos: 4 m x 4 m (625/ha) = 1.6000 ha

Costo: 1.6000 ha x \$ 4,721.00/ha = \$ 7,553.60

Por tala de 400 arbustos. Compensación: 400 arbustos. Distanciamientos: 3 m x 3 m (1111/ha) = 0.3600 ha

Costo: 0.3600 ha x \$ 6,915.00/ha = \$ 2,489.40

Aclaración: no se permitirá realizar cambios de uso de los suelos, una vez se haya establecido las plantaciones de árboles y arbustos por razones de compensación ambiental.

Impermeabilización del suelo

Total área a impermeabilizar = 8.2000 ha.

Área a compensar: 8.2000 ha

Módulo MARN (equivalente a reforestación con árboles = 625/ha)

Costo: 8.20000 ha x \$ 4,721.00/ha = \$ 38,712.20

Afectación al paisaje y vida silvestre. Se tiene dos opciones

Propuesta del Titular, mediante la utilización de una metodología válida para realizar este tipo de cálculo.

Utilizar el valor de \$ 980.00/ha ( fuente: Méndez Rodríguez, Colombia, 2011 )

Costo del ejemplo: 20.00 ha x \$ 980.00/ha = \$ 19,600.00

Recurso hídrico. Compensación

Extracción de 76,650 m<sup>3</sup> de agua/año = infiltración de 76,650 m<sup>3</sup> de agua/año

Para realizar la compensación requerida, el Titular tendrá dos opciones en cuanto a la infiltración de aguas lluvias:

Deberá proponer las medidas ambientales que permitan la infiltración de aguas lluvias en áreas de recarga hídrica con el fin de reponer la cantidad extraída (m<sup>3</sup>/año) de la fuente superficial o subterránea (Ver opciones de compensación en esta guía)

El titular deberá presentar un Plan de ejecución y mantenimiento de las medidas ambientales propuestas considerando el diseño, los costos correspondientes con los detalles de cálculo (memoria de cálculo), para la vida útil de la actividad, obra o proyecto.

De ser necesario, indicar las fuentes de información consideradas para tal efecto.

Reforestación con árboles forestales o con especies arbustivas, según módulos de 10 ha, sugeridos por el MARN en esta guía

Opción utilizada para el ejemplo: reforestación con árboles forestales y arbustos, según módulos de 10 ha, del MARN

Balance hídrico utilizado. Ejemplo:

Lluvia: 1900 mm, Evapotranspiración Real: 1,000 mm, Escurrimiento: 500 mm  
Infiltración: 400mm = 4,000 m<sup>3</sup>/ha

Compensación (ha) = afectación agua (m<sup>3</sup> año / infiltración m<sup>3</sup> ha)

Compensación: 76,650 m<sup>3</sup> año/4000 m<sup>3</sup> ha = 19.1625 ha

Módulo MARN (equivalente a reforestación con árboles = 625/ha):

Costo = 19.1625 ha x \$ 4,721.00 ha= \$ 90,466.62

Valor total de la compensación ambiental

Tala árboles: \$ 7,553.60

Tala de arbustos: \$ 2,489.40

Impermeabilización: \$ 38,712.20

Agua: \$ 90,466.16

Paisaje y vida silvestre: \$ 19,600.00

TOTAL: US\$ 158,821.36 (para 3 años)