

# BENEFICIOS DE LA REFORESTACIÓN EN LA REGULACIÓN HÍDRICA EN COLOMBIA

Catherine Salazar López

Oliver Marín Cifuentes

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

Manizales, Colombia

2016

# BENEFICIOS DE LA REFORESTACIÓN EN LA REGULACIÓN HÍDRICA EN COLOMBIA

Catherine Salazar López

Oliver Marín Cifuentes

Trabajo presentado como requisito para obtener el título de

Ingenieros Ambientales

Director:

Zulma Lorena Duran Hernández

Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente

Programa de Ingeniería Ambiental

Manizales, Colombia

2016

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Jurado

### **Dedicatoria.**

Dedicamos la realización de este trabajo de investigación a Dios que nos dio sabiduría y nos permitió llegar hasta este punto y a nuestros padres y familias, quienes nos han apoyado en cada instante de nuestras vidas incondicionalmente.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a Dios por permitirnos llegar hasta este punto y de manera especial a la Universidad nacional abierta y a distancia, por habernos permitido dar este paso de avance en la senda del conocimiento y de la investigación.

También agradecemos de manera especial a la asesora de apoyo Zulma Lorena Duran, asignada por la universidad por su valiosa colaboración durante la construcción de este documento, a nuestras familias por su apoyo incondicional y a nuestros amigos y a todas aquellas personas que han intervenido para poder llevar este proyecto de investigación a feliz término.

## Contenido

	Pág.
Resumen.....	11
Introducción.....	13
1. Generalidades.....	14
1.1.Planteamiento del problema.....	14
1.1.1. Descripción del problema.....	14
1.1.2. Pregunta problema.....	14
1.2. Justificación.....	16
1.3. Objetivos.....	17
1.4.Hipótesis.....	17
1.5.Estado del arte.....	18
1.5.1. Antecedentes.....	18
1.5.2. Grupos de estudio de eco hidrología en Colombia.....	22
1.5.3. Temáticas más abordadas en esta investigación.....	23
1.5.4. Marco teórico conceptual.....	24
1.5.5. Marco legal.....	33
1.6. Metodología.....	35
1.6.1. Tipo de investigación.....	35
1.6.2. Población.....	35
1.6.3. Selección de documentos.....	35
1.6.4. Selección de indicadores de regulación hídrica.....	36
2. Resultados.....	37

2.1. Documentos seleccionados.....	37
2.2. Reforestación y deforestación en Colombia.....	42
2.2.1. Deforestación.....	42
2.2.2. Reforestación.....	45
2.2.3. Zonas del país con más área reforestada.....	51
2.2.4. Impactos de la reforestación.....	51
2.3. Indicadores de regulación hídrica.....	53
2.3.1. Escorrentía.....	58
2.3.2. Casos exitosos de regulación hídrica implementando reforestación..	64
Conclusiones.....	66
Recomendaciones.....	68
Referencias bibliográficas.....	69
Anexos.....	81

## Lista de Tablas

Tabla 1. Temáticas Abordadas.....	245
Tabla 2 Documentos seleccionados.....	377
Tabla 3. Deforestación en territorio colombiano.....	43
Tabla 3. Deforestación en Amazonia.....	44
Tabla 5. Cambios en la cobertura boscosa 1990-2014 .....	44
Tabla 6. Especies más usadas para la reforestación en Colombia. ....	47
Tabla 7. Especies idoneas para reforestación en Tolima .....	50
Tabla 8. Especies idoneas para reforestacion en Nariño.....	50
Tabla 9. Especies idoneas para reforestacion en Antioquia.....	51
Tabla 10. Indicadores de regulación hídrica .....	53
Tabla 11. Bosques de Roble, Patula y Cipres .....	60



### **Lista de figuras**

Figura 1. Representacion esquematica del sistema global del ciclo hidrológico.....	25
Figura 2. Características de calidad del agua.....	31
Figura 3. Distribucion espacial del bosque seco tropical en Colombia .....	57

**Lista de Anexos**

Anexo A: Regulación Hídrica (porcentaje fichas de estudio) .....	82
--	----

## Resumen

Para la investigación que se realizó se analizaron estudios sobre reforestación y deforestación en las diferentes zonas y territorios colombianos, en donde se encontró que en 1990 el bosque cubría un 56,5% del territorio nacional, y para 2010 alcanzo un 51,4%. (Ministerio de Ambiente, 2014, p, 15).

Colombia tiene alrededor de 67 millones de hectáreas con vocación forestal, de las cuales 25 millones son considerados aptas e idóneas para la reforestación. El pino pátula, ciprés y roble, son las especies más utilizadas al igual que el eucalipto, los cuales se adaptan a las condiciones ambientales de cada territorio, para cada reforestación se tienen en cuenta diferentes características determinadas según la erosión, suelo, precipitación, escorrentía y sus indicadores, así como la vegetación y la hidrografía. De esta caracterización de especies se obtuvo que las mayores áreas con capacidad de reforestación son las que oscilan entre los 7°C y los 35°C.

Colombia ha plantado aproximadamente 9.908.927 hectáreas de bosque en transición y 35.603 de bosques plantados. De estos estudios se obtiene que los beneficios que causa la reforestación están en proceso de desarrollo, ya que los proyectos que se han estipulado para revertir los daños causados ambientalmente por la deforestación son de tiempos presentes, sin embargo, los daños causados son identificables.

**Palabras Clave:** Regulación hídrica, Reforestación, Deforestación, Escorrentía, Evapotranspiración, Infiltración, Balance hídrico, Zonas reforestadas, Pino Pátula, Ciprés, Roble, Zona tropical, Paramos.

### Abstract

For research conducted studies on reforestation and deforestation we were analyzed in different areas and Colombian territories, where it was found that in 1990 the forest covered 56.5% of the country, and by 2010 reached 51.4%. (Ministry of Environment, 2014, p 15).

Colombia has about 67 million hectares of forest land, of which 25 million are considered fit and proper for reforestation. The patula pine, cypress and oak are the most commonly used species like eucalyptus, and adapt to the environmental conditions of each territory for each reforestation are considered different characteristics determined by erosion, soil, rainfall, runoff and indicators, as well as vegetation and hydrography. This characterization of species was obtained that the largest reforestation areas are capacity ranging between 7° C and 35° C.

Colombia has planted approximately 9,908,927 hectares of forest in transition and 35,603 of planted forests. Of these studies it is obtained that the benefits because reforestation are under development, as projects that have been provided to reverse the damage caused by deforestation are environmentally of present times, however, the damage caused are identifiable.

Keywords: Water regulation, Reforestation, Deforestation, Runoff, Evapotranspiration, Infiltration, water balance, reforested areas, patula pine, cypress, oak, tropical area, stopped.

## **Introducción**

La necesidad de investigación de los beneficios que tiene la reforestación en la regulación hídrica, parte del hecho fundamental de observar los cambios ambientales que ha ido provocando la deforestación masiva y el descuido o deterioro de las fuentes hídricas en Colombia.

Miles de hectáreas de bosques talados, falta de mantenimiento de los recursos hídricos, ríos en proceso de sequía, cambios y desastres climáticos, inundaciones, y una serie de consecuencias son resultado del mal manejo de los recursos naturales. Diferentes estudios han demostrado que en los últimos años la tala de árboles ha aumentado y que el tráfico de madera ilegal no ha podido ser controlado.

Motivos como desastres ambientales y los miles de damnificados que se encuentran por todo el mundo han logrado concientizar en un pequeño grado a la población mundial que se debe intentar revertir el daño provocado durante más de 2000 años.

Pensando en los factores que han llevado a que las cuencas hídricas se sequen, el gobierno ha implementado leyes y normas que aportan hacia el mantenimiento de los bosques y de los ecosistemas que los rodean, estimulando así la reforestación de aquellas áreas que han sufrido la tala de árboles.

Así las cosas, este proyecto realiza una investigación de los efectos de la reforestación en la regulación hídrica a partir de estudios en diferentes zonas de Colombia, donde se han identificado una situación anterior y posterior a la reforestación o donde se han comparado indicadores de regulación hídrica en cuencas con cobertura vegetal de plantaciones forestales versus otras taladas.

## **1. Generalidades**

### **1.1 Planteamiento del Problema**

#### **1.1.1 Descripción del Problema**

Es importante estudiar la regulación hídrica o la capacidad de retención de humedad que tienen las zonas boscosas para captar, infiltrar y retener el agua; ésta es una de las capacidades que se le han atribuido a la reforestación y en general a los bosques, sin embargo, en el país esta área de estudio es reciente y no se cuentan con las evidencias científicas suficientes para todo el país.

Existen numerosos estudios internacionales y algunos nacionales que han comprobado las relaciones entre los bosques y la regulación hídrica; las cifras sobre el mal manejo de los recursos hídricos y en general sobre el daño ambiental son aterradoras, en 1990 el territorio colombiano estaba cubierto aproximadamente de un 56,5% de árboles, en 2010 el porcentaje bajó de manera considerable a un 51,4%, convirtiendo los terrenos deforestados en lugares para la ganadería y la agricultura (Ministerio de Ambiente, 2014, p, 15).

Según el estudio realizado por varias instituciones entre ellas el IDEAM (2014) se obtiene que las hectáreas deforestadas en 2014 en Colombia son aproximadamente 140.356 cifra que supera a la de 2013 en un 16%, en este año se obtuvieron 120.934 hectáreas deforestadas. Dentro de los territorios con más alto porcentaje de deforestación se encuentra la Amazonia con 63.280 hectáreas correspondientes a un 45,08%. El área Andina con 33.679 ha y el Pacífico con 13.855 ha. La Orinoquia presentó cifras bajas, pero igual significativas, con un 7,6% o sea 10.639 hectáreas deforestadas. El territorio del Caribe ha aumentado de manera considerable los terrenos deforestados, convirtiéndose en 2014 en la mayor zona con hectáreas deforestadas con 18.903 que incluyen la pérdida de bosque seco tropical (IDEAM, 2015, p, 1).

En Colombia se tiene como reporte que en 1996 las hectáreas de bosque eran un total de 53.832.989, los bosques en transición correspondían a 9.908.927 y los bosques plantados a 35.603 hectáreas (FAO, 1996, p, 1).

Según el DANE, IDEAM & MADS (2015, p, 38) el único registro sobre crecimiento arbóreo es el de crecimiento natural en el 2000 que corresponde a 100.357,74 hectáreas. Por lo que se evidencia que el seguimiento que se le da a la reforestación es prácticamente nulo, y con eso se ve afectado el análisis de las variables y de los estudios de la regulación hídrica en Colombia. No hay un monitoreo continuo a proyectos que evidencien el impacto real de la reforestación dentro de los bosques colombianos.

1.1.2 **Pregunta Problema.** Acorde a los hechos anteriormente descritos, esta monografía busca responder a la pregunta ¿Cómo beneficia la reforestación en la regulación de los recursos hídricos en Colombia?

## **1.2 Justificación**

Este proyecto de investigación se enfocará primero en describir las prácticas de reforestación y deforestación, también se analizará la normatividad existente a nivel internacional y nacional para posteriormente hacer una revisión de los estudios que relacionan la reforestación con la regulación hídrica, para que sirva como una fuente confiable de información para futuros trabajos que propendan por el fortalecimiento de las prácticas de reforestación y protección de cuencas hidrográficas.

Siendo Colombia uno de los países en los que presentan diferentes tipos de actividades como la agricultura, minería, tala de árboles ilegal, entre otras, que afectan el ecosistema de los bosques y cuencas que son fuente de la producción de agua potable, surge la importancia de este proyecto a nivel nacional, puesto que se presentará a través de la literatura consultada y el análisis que se realizará a los proyectos de reforestación en el país, lo que evidenciará los beneficios que se están obteniendo ambientalmente. A lo largo del texto se establecerá la importancia de la reforestación en la regulación hídrica a nivel nacional, y los beneficios en el equilibrio ambiental que se puede lograr.

Para la Universidad Nacional Abierta y a Distancia es un trabajo importante ya que servirá de referencia para otros proyectos de restablecimiento ambiental en cuencas regionales de sus zonas de influencia.

Así las cosas, la importancia como profesionales con la realización de este proyecto parte del hecho fundamental de que se obtendrá un conocimiento más profundo con relación a las causas que pueden ser favorables para la regulación hídrica y el restablecimiento ambiental que se puede lograr a partir de la aplicación de las mismas dentro en el proceso de reforestación.



### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar los beneficios de la reforestación en la regulación hídrica en Colombia a partir del estudio de fuentes bibliográficas nacionales e internacionales.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

1. Describir las características principales de la reforestación en Colombia.
2. Determinar los indicadores de regulación hídrica que mejor representan los beneficios de la reforestación.
3. Identificar los estudios recientes existentes que relacionan la reforestación y la regulación hídrica en Colombia.

### **1.4. Hipótesis**

La reforestación en diferentes ecosistemas de Colombia permite la efectiva regulación hídrica, especialmente en cuanto al control de caudales extremos y el mantenimiento de la calidad del agua, posicionando la reforestación como una estrategia de conservación y protección del agua.

## 1.5. Estado del Arte

### 1.5.1 Antecedentes

**Internacional.** Dentro de los antecedentes internacionales que registra la literatura, se encuentra el estudio titulado “Conservación de los bosques nativos de Chile: Un análisis al Informe FAO sobre la Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales”, de Giselle Bergh y Álvaro Promis (2011), en el que se representa la importancia de conservar los bosques nativos, las causas y los beneficios que consigue la región y la posibilidad de convertir las semillas de las especies nativas en la opción para iniciar la reforestación de los lugares que han sido dañados por la industrialización y el mal cuidado. Este proyecto aporta a esta investigación, la posibilidad de conocer el porcentaje de bosque que ha sido dañado, así como las consecuencias que tiene este mismo hecho al momento de analizar los resultados de los daños provocados por la tala extrema e ilegal de árboles y la no restitución de estos.

*La tasa de aumento de la superficie de plantación forestal durante este quinquenio, según datos obtenidos de INFOR, se proyecta en 64 mil ha al año, correspondiendo principalmente a plantaciones de especies introducidas. Sin embargo, esto se contrasta con la tasa de reducción de aproximadamente 27 mil ha de bosque nativo al año, de las cuales 9,6 mil ha corresponden a bosque primario y 16,8 mil ha a bosque nativo regenerado de manera natural (especialmente de renovals). Bajo este contexto se puede citar a Donoso y Lara (1995), quienes indican que, en sectores de la Cordillera de la Costa en Valdivia, varios rodales de bosques secundarios de bosques siempre verdes y de *Nothofagus obliqua* fueron clasificados como*

*“matorrales” y entonces sustituidos por plantaciones comerciales, especialmente de Pinus radiata (Bergh y Promis, 2011, p, 2).*

Dentro de las consideraciones que tiene presente el gobierno de Chile en tanto a la conservación de los bosques nativos, tiene como referente leyes y artículos dentro de su constitución que sostienen cada una de las actividades de reforestación que se quieran y se puedan implementar dentro de cada región del país.

*En Chile, como primer paso, desde el año 2008 se encuentra vigente la Ley 20.283 sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal, la cual tiene como objetivo la protección, recuperación y mejoramiento de los bosques nativos con el fin de asegurar la sustentabilidad forestal y la política ambiental. Sin embargo, esta ley no hace una indicación explícita sobre la reglamentación de sustitución de bosque nativo por plantaciones, ni tampoco la habilitación de terrenos agrícolas a partir de bosque nativo. (Bergh y Promis, et al, 2011, p, 2)*

En el Perú, el Programa de Cooperación FAO/Banco Mundial Servicio de América Latina y el Caribe División del Centro de Inversiones (2007), realiza un proyecto titulado: “Evaluación del Potencial de Consorcios para la Reforestación en la Sierra Peruana”, en el que se estipula la productividad que puede tener el invertir en la reforestación de una región. Lo que aporta todo este estudio para el avance del proyecto es que los consorcios y las alianzas que pueden llegar a realizar con los diferentes gobiernos, no van enfocados solamente al estudio y conservación de un territorio o de las cuencas hídricas, sino a la posibilidad de encontrar una fuente de ingresos económicos a través del ejercicio anteriormente descrito.

*La rentabilidad de las inversiones marginales en plantaciones en la sierra peruana es baja, desde el punto de vista financiero, y los riesgos involucrados para eventuales inversionistas son altos. Pero, desde la perspectiva económica, social y ambiental la reforestación, especialmente en sistemas agro silvopastoriles, con pastos mejorados, puede ser atractiva y rentable. (Programa de Cooperación FAO/Banco Mundial Servicio de América Latina y el Caribe División del Centro de Inversiones, 2007, p, 20),*

**Nacional.** El proyecto titulado “*Factibilidad de preservación de la microcuenca hidrográfica rio Chiquito a través de reforestación en la finca las manitas, de la vereda rio chiquito, del municipio de Aguazul-Casanare*” del autor Carlos Arturo Hernández Sánchez (2014), que aporta a este proyecto el análisis de resultados que se obtuvieron de la aplicación de la reforestación de una microcuenca, y los beneficios que trajo esta actividad para la vereda.

*Se estima un impacto positivo en la región de influencia debido a que se cambia esa manera destructiva de pensar sobre los recursos naturales y se incorpora un nuevo sistema de recuperación. Lo más importante es que en esta zona no se han dado cambios de este tipo, en donde ahora no solo se talen si no que por el contrario se incorporen y se les cuide. Por otro lado, el aporte que se hace a la captación de CO<sub>2</sub> y a la emisión de oxígeno es muy importante porque es un beneficio más global. También se busca que esto no quede allí si no que por el contrario sea copiado por otros finqueros en especial todos los que están en las orillas de rio chiquito, será un gran cambio poder contemplar a otros campesinos siguiendo los pasos de este proyecto pues al fin y al cabo todos somos beneficiarios del rio y su ambiente. Por último, el valor que tiene para las futuras generaciones aquellos pequeños que están*

*en su etapa de niñez y observan como sus padres y vecinos se interesan por conservar las riveras de los ríos pues son ellos quienes a futuro aprovecharán este tipo de proyectos (Hernández, 2014, p, 28).*

La ayuda ambiental que se propaga dentro de la comunidad que habita la vereda hace parte de uno de los factores positivos de la práctica, el oxígeno, la regulación de la temperatura, la humedad y la filtración del agua, son resultados que se han observado y que se espera obtener en gran medida cuando la reforestación empiece a propagarse en toda la región.

El trabajo titulado “Análisis de los programas forestales implementados en la cuenca hidrográfica del río *Riofrio* departamento del valle del cauca”, de los autores, Jairo Corrales Gómez Edinson, Diosa Ramírez Paola, Carolina Domínguez Rodríguez (2013), aportan al proyecto en desarrollo, ya que hace un análisis de diferentes tipos de proyectos de reforestación y beneficio hidráulico y sus porcentajes de acuerdo a la metodología aplicada.

*De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede apreciar que el 70% de las plantaciones establecidas durante el periodo 2005-2010 de la cuenca hidrográfica del río Riofrío se encuentran en un nivel de cobertura superior al 81 % indicando que se cumplió muy satisfactoriamente con la implementación de nuevas áreas forestales bajo los principios del desarrollo sostenible. (Corrales, Ramírez y Domínguez, 2013, p, 83).*

**Regional.** Se encuentra dentro los antecedentes regionales, aquellos que tienen que ver con la reforestación de las cuencas del río Chinchiná como es el caso del “Proyecto Forestal para la Cuenca del Río Chinchiná, Procuena, Departamento de Caldas”, que es un proyecto aplicable que aún está en desarrollo, a pesar de que su propuesta es realizada en 2001, aún está en proceso de

desarrollo por lo que los resultados no se hacen visibles. Dentro del aporte que se adopta dentro de esta propuesta está el impacto del proyecto.

*El Proyecto está orientado hacia el manejo forestal sostenible con énfasis en la función de regulación hídrica en la cuenca del río Chinchiná, pretendiendo en paralelo incrementar la producción en áreas de escasa productividad actual, a través del establecimiento de plantaciones forestales con especies de valor comercial y manejo del bosque natural para conservación de la biodiversidad. En la actualidad se han ejecutado aproximadamente el 50% de los recursos presupuestados, por tratarse de actividades de largo plazo, resultan prematuras las evaluaciones contra indicadores financieros, que den cuenta del impacto y aprovechamiento del uso de los recursos de financiamiento (Acosta, Muñoz, 2005, p, 19).*

**1.5.2 Grupos de estudio de Eco-hidrología en Colombia.** Como parte importante de la revisión de antecedentes se identificaron los grupos de investigación que desarrollan proyectos de investigación en el área de eco-hidrología, los cuales se citan a continuación:

**Grupo de Investigación en Ingeniería de Recursos Hídricos y Suelos IREHISA, de la Universidad del Valle, (IREHISA, 2015),** que tienen como objetivo, obtener y aplicar modelos espacio-temporales de parámetros hidrológicos y climáticos, asociado a variables medioambientales y de fenómenos macro climáticos, utilizando métodos estadísticos y Sistemas de Información Geográfica en la región. Conocer el comportamiento de fenómenos hidroclicmáticos extremos que determinan amenazas y vulnerabilidad asociadas a la variabilidad hidrológica y climática en sistemas productivos y en el territorio.

**Grupo de investigación limnología y recursos hídricos (2010) de la Universidad Católica de Oriente.** Está conformado por un grupo interdisciplinario de investigadores con amplia experiencia en el diagnóstico, la protección, la restauración y la gestión de los ecosistemas acuáticos y del recurso hídrico. Adicionalmente, cuenta con un Laboratorio de Limnología dotado con los equipos e infraestructura destinados al trabajo de análisis del agua. En el 2003 el grupo fue reconocido por COLCIENCIAS como un grupo consolidado, en el 2004 obtuvo clasificación C, en el 2006 la clasificación B y en el 2010 la clasificación A, por lo que encamina sus acciones a la excelencia (Grupo de investigación limnología y recursos hídricos, 2010).

**Grupo de investigación en calidad del agua y modelación hídrica (2011) (GICAMH) de la Universidad de Medellín.** El grupo de investigación busca la generación de nuevo conocimiento en las áreas de tratamiento y calidad del agua y en la de hidráulica e hidrología. Con ello espera contribuir a la solución de problemas asociados al recurso hídrico tanto en el ámbito nacional e internacional. El grupo fue reconocido por Colciencias en la convocatoria del año 2012. Sus líneas de investigación son Limnología y manejo integral agua, ingeniería hidráulica e hidrología y manejo integral de los servicios públicos (Grupo de investigación en calidad del agua y modelación hídrica, 2011).

**1.5.3 Temáticas más abordadas en la investigación de la Eco-hidrología.** Los artículos e informes revisados para esta monografía contienen una serie de temáticas, de las cuales se hizo un conteo para ver las más abordadas y se presentan en la tabla 1:

**Tabla 1. Temáticas Abordadas**

<b>Temas</b>	<b>Frecuencia (número de estudios encontrados)</b>	<b>Porcentaje</b>
Escorrentía- Interceptación-Precipitación	14	23,3 %
Restauración y Conservación	13	21,6 %
Deforestación y Reforestación	10	16,6 %
Balance Hídrico	8	13,3 %
Infiltración- Evapotranspiración	6	10 %
Manejo integral de Cuencas hidrográficas	5	8,3 %
Calidad del agua	4	6,6 %
Total	60	100%

Fuente: Autores.

#### **1.5.4 Marco Teórico Conceptual**

##### **Hidrología**

*Según Breña & Jacobo (2006) la hidrología se direcciona hacia el ciclo hidrológico global y los procedimientos involucrados en la parte continental de dicho ciclo, es la ciencia que predice las distintas variaciones espaciales y temporales del agua en las etapas terrestre, oceánica y atmosférica del sistema hídrico global, así como el movimiento del agua sobre y debajo de la superficie terrestre unido a los procesos químicos, físicos y biológicos a lo largo del ciclo del agua. Dentro de los objetivos de esta ciencia se tiene la solución de problemas de tipo hidrológico, determinar la cantidad de procesos lluvia-escurrimiento sobre la superficie terrestre, registro de eventos de diseño por medio de la toma de datos hidrológicos de los distintos fenómenos hidrológicos disponibles por medio de las redes de medición.*

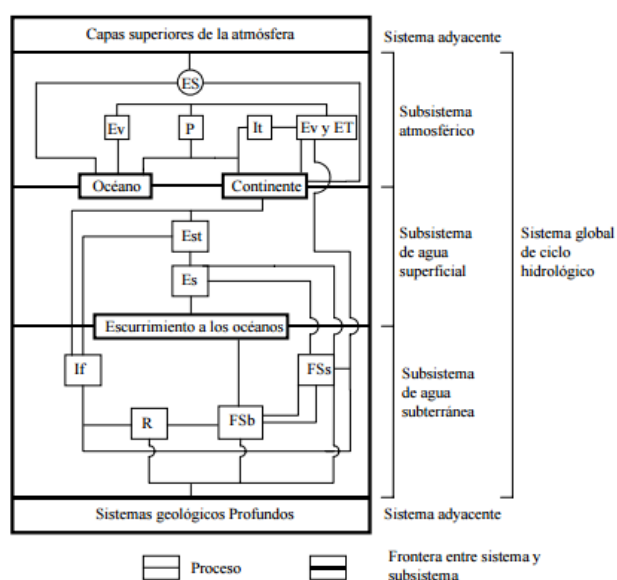
El ciclo hidrológico se compone de distintas variables, que se encuentran relacionadas por



medio de los procesos hidrológicos. En términos generales se entiende como un proceso a una serie de acciones que producen un cambio o desarrollo en un sistema y para el caso particular de la hidrología los procedimientos tienen que ver con el movimiento del agua como en el cambio de las propiedades físicas, químicas y biológicas que sufre el agua al desplazarse por distintos espacios físicos.

Este ciclo hidrológico se encuentra constituido por tres subsistemas, cada subsistema presenta una capacidad de retención de agua, por un determinado intervalo de tiempo, a esta capacidad se le denomina almacenamiento y al intervalo de tiempo corresponde al tiempo de residencia. Para el caso del subsistema atmosférico se abastece centralmente de la evaporación, el subsistema de agua superficial se abastece de las precipitaciones, el subsistema de agua subterránea proviene de la infiltración. En la Figura 1 se puede apreciar la representación esquemática de un sistema global de ciclo hidrológico.

**Figura 1. Representación esquemática del sistema global del ciclo hidrológico**



Fuente: (Breña & Jacobo, 2006, p 13)

**Cuenca Hidrográfica.** Relacionado con los estudios que se han realizado de acuerdo con los conceptos de cuencas hídricas, y en relación a las diferentes funciones que estas tienen en el proceso de regulación hídrica se encontró que: una cuenca hídrica es una unidad geográfica que genera y regula el agua, la cuenca permite así mismo, dimensionar la cantidad de elementos naturales y de biodiversidad para de estos poder obtener la calidad, disponibilidad y mantenimiento del recurso hídrico, así como los factores que intervienen para que se obtenga un mejor aprovechamiento de este recurso natural. (Medina, 2008, p, 155).

Tomar la cuenca como una unidad territorial es importante porque, a partir de la concepción de cuenca hidrográfica se pueden realizar balances hídricos, es decir se puede cuantificar el total del agua que se produce mediante el ciclo hidrológico (Ordoñez, et al, 2011, p, 8).

Así las cosas, la cuenca hidrográfica es un área en donde, la precipitación forma un curso principal de agua. Es una unidad fisiográfica formada por los sistemas de agua que forma el relieve natural. Los límites de la cuenca hidrológica son aquellos que están conformados por las partes más altas que encierran un río (Rodríguez, 2006, p, 115).

**Reforestación.** Reforestar es sembrar vegetación arbórea en terrenos de propiedades forestales. La actividad consiste en sembrar árboles donde ya no existen, así como cuidarlos para que se desarrollen adecuadamente. Existen actividades de plantación que se organizan como parte de las acciones de cruzadas nacionales que funcionan en países como México en donde existe una alta problemática de deforestación y por lo tanto sequía (SEMARNAT, 2015).

**Deforestación.** La deforestación es el cambio de una cubierta dominada por árboles a una que carece de ellos. Es la eliminación de la vegetación natural. Como consecuencias de la deforestación se encuentran: la erosión del suelo y desestabilización de las capas freáticas que

traen consigo inundaciones y sequías, también se encuentran las alteraciones climáticas, la reducción de la biota y en general contribuye al calentamiento global (SEMARNAT, 2015).

**Regulación Hídrica.** Según Carlos García (2007) es la capacidad de algunos tipos de bosque de influir sobre las lluvias en el ciclo hidrológico, atenuando los eventos máximos de caudal y propiciando unos caudales mayores a los mínimos que se presentarían sin la acción de estos tipos de bosque. Según el IDEAM (2014), la regulación hídrica es aquella que mide el nivel de humedad que tienen y pueden llegar a tener las cuencas hídricas. Dentro de este proceso se debe tener presentes conceptos fundamentales como:

**Oferta hídrica total superficial OHTS:** volumen de agua que escurre por la superficie e integra los sistemas de drenaje superficial. Es el agua que fluye por la superficie del suelo que no se infiltra o se evapora y se concentra en los cauces de los ríos o en los cuerpos de agua lenticos. (IDEAM, 2014, pág. 49)

**Oferta hídrica Disponible: OHTD:** volumen de agua promedio que resulta de sustraer a la oferta hídrica total superficial (OHTS) el volumen de agua que garantizaría el uso para el funcionamiento del ecosistema y de los sistemas fluviales, y en alguna medida un caudal mínimo para usuarios que dependen de las fuentes hídricas asociadas a estos ecosistemas. (IDEAM, 2015, pág. 49)

**Demanda hídrica:** Según IDEAM (2015) se considera como demanda hídrica:

*La sustracción de agua del sistema natural destinada a suplir las necesidades y los requerimientos de consumo humano, producción sectorial y demandas esenciales de los ecosistemas existentes sean intervenidos o no. La extracción y, por ende, la utilización del recurso implica sustracción, alteración, desviación o retención*

*temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes. (IDEAM, 2015, p, 153)*

**Caudal o flujo de Retorno:** es el volumen de agua que se reincorpora o es devuelto a la red de drenaje de la cuenca como remanente de los volúmenes usados o aprovechados en los procesos productivos de las actividades económicas y el consumo diario.

**Escases de agua:** es la relación porcentual del índice de la demanda de agua ejercida por las actividades socio-económicas y culturales de una región en conjunto para uso y aprovechamiento de acuerdo a la oferta hídrica disponible. (IDEAM, et al, 2103, p, 25)

**Niveles temporales o de vulnerabilidad:** es el estudio del grado de fragilidad que tienen el sistema hídrico respecto a la disponibilidad de agua en las fuentes hídricas. Para la regulación hídrica se tiene en cuenta el suelo y el perfil geo pedológico compuesto por el suelo ubicado en la parte superior. (IDEAM, et al, 2013, p, 25). La oferta hídrica se determina cuantificando los términos de balance hídrico y ecuación de continuidad, se establecen para cualquier volumen en un tiempo determinado determinando las entradas y salidas de agua. (IDEAM 2013, p, 10)

El balance hídrico da a conocer la equivalencia entre los aportes de agua que entran por una unidad hidrológica y la cantidad que se evapora, todo esto considerando variaciones en el almacenamiento interno en lapsus de tiempo que permite conocer y determinar la disponibilidad hídrica en áreas de conservación. Las entradas de la ecuación de este balance tienen que ver con: precipitación, evapotranspiración real, variación de humedad del suelo, y variación de humedad vegetal por interceptación, la discrepancia que recoge errores sistemáticos y la escorrentía que es el fluido superficial del agua. (IDEAM. Et al, 2013. p, 10-11).

### **Ecuación Balance hídrico.**

$$P - Esc_{(sup)} - ETR \pm Der = 0$$

*P= Precipitación*

*ESC<sub>(sup)</sub>= Escorrentía*

*ETR = Evapotranspiración Real*

*Der= Termino Residual de Discrepancia. (Precipitación, caudal y evapotranspiración)*

Fuente: IDEAM, et al, 2013, p, 10.

**Caudal ambiental:** de acuerdo con el Decreto 3930 de 2010, se define como:

“Volumen de agua necesario en términos de calidad, cantidad, duración y estacionalidad para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos y para el desarrollo de las actividades socioeconómicas de los usuarios aguas abajo de la fuente de la cual dependen tales ecosistemas” (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010).

**Índice de Aridez.** Es una caracterización cualitativa del nivel de agua que se presenta en el suelo de una región, que muestra en mayor o menor el grado de insuficiencia de humedad de los niveles precipitados para mantener la vegetación (IDEAM, 2013, p, 10).

Sin embargo, la aridez es algo más que sequía, puesto que en su concepto intervienen diversos elementos y factores climáticos, entre los que destacan las altas temperaturas, baja precipitación y la intensa radiación.

*“Desde el punto de vista hidrológico, la aridez se define en términos de volumen de flujo anual, como una relación directa entre los atributos de los almacenamientos o depósitos superficiales, la hidrología subterránea y los procesos geomorfológicos. En*

*una zona seca, es evidente que la escasez de agua procede principalmente de la falta de lluvia, o de una menguada o disminuida precipitación. Además, la eficacia del agua en el suelo depende de numerosos factores terrestres, entre los que destaca la evaporación”. (Troyo; Mercado; Cruz; Nieto; Valdez; García; Murillo, 2014, p, 67)*

**Indicador de calidad de agua.** Son aquellas condiciones que se deben cumplir para que pueda sostener equilibradamente un ecosistema cumpla unos determinados objetivos de calidad ecológica, que van más allá de evaluar los requerimientos para un uso determinado. El modelo general de soporte para la evaluación de la calidad de agua se muestra en la Figura 3 y del que se plantea que:

*“Se reconocen como punto de partida unas condiciones iniciales de calidad de los cuerpos de agua tanto superficiales, como subterráneos y marinos. Estas condiciones son alteradas ya sea por procesos relacionados con dinámicas naturales o por procesos de contaminación de vertimientos puntuales o difusos, los cuales ejercen un impacto dependiendo de las características de calidad y de la capacidad de los cuerpos de agua receptores para asimilar o degradar dichas cargas” (IDEAM, et al, 2015, p, 243).*

**Figura 2. Características de calidad de agua.**



Fuente: IDEAM, 2015, p, 53.

**Escorrentía.** La escorrentía se puede definir como la cantidad de agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando se produce, fluye a los cauces incrementando su volumen; a medida que llega agua de las partes más lejanas comienza suavemente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada la lluvia (Gaspari; Senisterra, Marlats, 2007, p, 3).

“El agua de las lluvias que no alcanza a infiltrar en el suelo y escurre sobre la superficie de la tierra corre a velocidades diferentes ocasionando los mayores problemas en el manejo de cuencas. Es en esta parte del ciclo hidrológico en la cual se debe intervenir activamente para evitar que el agua ocasione graves daños; se pueden prescribir y aplicar diferentes prácticas de conservación de suelos que controlen el agua para evitar sus efectos negativos” (Gaspari y otros, et al, 2007, p 4).

Existe de igual forma la escorrentía superficial, que es una expresión material de la oferta hídrica total, para fines de uso del recurso hídrico es importante definir que solo una parte de esa

escorrentía o caudal puede ser usada y por ello se define la “oferta hídrica disponible”. Esta oferta disponible es el resultado de considerar una parte de la oferta hídrica total para mantener y conservar los ecosistemas fluviales y las necesidades de los usuarios aguas abajo (IDEAM; 2015, p, 49).

**Infiltración.** El análisis de la infiltración en el ciclo hidrológico es de importancia básica en la relación entre la precipitación y el escurrimiento. La infiltración es el proceso por el cual el agua penetra desde la superficie del terreno hacia el suelo. En una primera etapa satisface la deficiencia de humedad del suelo en una zona cercana a la superficie, y posteriormente superado cierto nivel de humedad, pasa a formar parte del agua subterránea, saturando los espacios vacíos. La capacidad de infiltración es la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, valor que es variable en el tiempo en función de la humedad del suelo, el material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo. El almacenamiento disponible depende de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente. (Weber 2014, p, 8)

Horton (1939) propuso, en base a numerosas observaciones experimentales, las ecuaciones 2 y 3 para estimar la tasa de infiltración y la infiltración acumulada.

#### **Ecuación de Horton.**

$$f(t) = f_b + (f_o - f_b)e^{-kt}$$

$$F(t) = f_b t + \frac{f_o + f_b}{k} (1 - e^{-kt})$$

*f<sub>b</sub>*: Tasa base de infiltración (capacidad mínima de infiltración),

*f<sub>o</sub>*: Tasa inicial de infiltración y



*k: Parámetro de forma.*

Fuente: Weber 2014, p, 167.

**Evapotranspiración.** La evapotranspiración se produce a través de la evaporación del agua presente en la superficie terrestre, junto con la que está en mares, ríos y lagos y la que procede también de la tierra, incluyendo la transpiración de los seres vivos, en especial de las plantas. Como resultado de este proceso se determina la formación de vapor atmosférico, que, al llegar a las condiciones de condensación, retorna en parte a la superficie en forma de precipitación líquida o sólida.

Por tanto, la evapotranspiración es la consideración conjunta de los procesos de evaporación y transpiración. Por ende, la evapotranspiración se produce desde: La evaporación del agua transpirada por los seres vivos, la superficie del suelo y de la vegetación inmediatamente después de la precipitación, la superficie de la hidrosfera: ríos, lagos, embalses, océanos, el suelo, pudiendo tratarse de agua recientemente infiltrada o de agua que se acerca de nuevo a la superficie después de un largo recorrido a través del subsuelo. La evapotranspiración depende del poder evaporante de la atmósfera, de la radiación solar, de la temperatura, de la humedad y del viento, de la salinidad del agua, del grado de humedad del suelo, del tipo de planta.

**1.5.5. Marco Legal.** Colombia ocupa el cuarto lugar como nación más rica en recurso hídrico en la Tierra después de Canadá, Rusia y Brasil. Pero, aun así, Colombia no se escapa a las angustias de su población por garantizar más y mayores fuentes de agua consumible. De ahí la necesidad de conocer, aplicar con mayor rigor y seriedad y revisar la normatividad vigente aplicable frente a las necesidades de acceder al agua.

*Para Colombia la legislación ambiental ha tenido un importante desarrollo en los últimos treinta años, en especial, a partir de la Convención de Estocolmo de 1972, cuyos principios se acogen desde el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente contenido en el Decreto Legislativo, hoy Decreto Ley, 2811 de 1974 (que se constituyó en uno de los primeros esfuerzos en Iberoamérica para expedir una normatividad integral sobre el medio ambiente). Principios que hoy se han expandido gracias a la Ley 99 de 1993 (que incorpora expresa o tácitamente los principios de las Declaraciones de Estocolmo de 1972 y de Río de Janeiro de 1992 según lo dispone el Numeral 1 del Artículo 1); al Decreto 048 de 2001 e incluso a la jurisprudencia de la Corte Constitucional.*

*Luego, en 1991, como fruto de la nueva Constitución Política colombiana, se redimensionó la protección medio ambiental dejando atrás concepciones antropocéntricas y sustituyéndolas por una biocéntrica, elevándola a la categoría de derecho colectivo y dotándola de mecanismos de protección por parte de los ciudadanos, en particular, a través de las acciones populares o de grupo y, excepcionalmente, del uso de las acciones de tutela y de cumplimiento. Esto ha llevado a muchos, incluso foráneos, a reconocer la nuestra como “...una Constitución totalmente verde”*

*En desarrollo de los nuevos preceptos constitucionales, y de acuerdo con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, realizada en la ciudad brasilera de Río de Janeiro en junio de 1992, se expidió la Ley 99 de 1993, que conformó el Sistema Nacional Ambiental (S.I.N.A) y creó el Ministerio del Medio Ambiente como su ente rector (hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y*

*Desarrollo Territorial). Con esta ley quiere dársele a la gestión ambiental en Colombia una dimensión sistemática, descentralizada, participativa, multiétnica y pluricultural.*

*Precisamente fue la Ley 99 de 1993 la que, al definir los elementos del Sistema Nacional Ambiental – SINA, incorporó la legislación anterior pero vigente sobre los recursos naturales renovables. Se refería a toda aquella que, en desarrollo y reglamentación del Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente regulaba cada tipo de elemento biótico y abiótico que tenía utilidad para el hombre y se encontraba en su medio natural. Allí es cuando se aceptaron todas las disposiciones dictadas sobre aguas marinas y no marinas o continentales antes de la Constitución y de la susodicha Ley 99 (Cardona, G., 2016).*

## **1.6. Metodología.**

**1.6.1 Tipo de Investigación.** El tipo de investigación es descriptivo, documental y analítico.

**1.6.2 Población.** Para este caso no se tiene una muestra poblacional sino un número de artículos para consultar que se encuentran dentro de distintas bases científicas, y que para el caso concreto de estudio serán 60 fuentes bibliográficas.

**1.6.3 Selección de documentos.** Consistió en la recopilación e investigación de artículos científicos, tesis académicas, de investigación e informes técnicos, que se encontraron buscando con palabras claves en conjunto como reforestación, calidad del agua, regulación hídrica y bosques, deforestación e infiltración, principalmente. Usando como límite un número mínimo de 50 fuentes bibliográficas.

**1.6.4. Selección de indicadores de regulación hídrica.** La selección de indicadores se obtuvo analizando los componentes del ciclo hidrológico, y aquellos cuantificados en las fuentes bibliográficas investigadas. Una vez seleccionado los indicadores, se analizaron sus valores en los artículos encontrados y se realizó la comparación acorde a regiones de Colombia, tipos de bosque, entre otros criterios.

**1.6.5. Análisis de documentos.** El análisis de los documentos se realizó a través de fichas bibliográficas en donde se describió la síntesis y los datos cuantitativos, así como los resultados más relevantes para la investigación. En segundo lugar, se clasificó el documento en cuanto a temáticas como: escorrentía, evapotranspiración, regulación hídrica, balance hídrico, calidad del agua, reforestación y restauración ecológica, entre otras. Aquellos documentos muy generales, que no se ajustaban a las temáticas o que no presentaban datos cuantitativos o cualitativos significativos fueron excluidos como fuentes bibliográficas de la monografía.

## 2. Resultados

### 2.1. Documentos Seleccionados

De acuerdo con la literatura encontrada y el análisis realizado se obtuvieron los siguientes documentos.

**Tabla 2 Documentos seleccionados**

Número de ficha	Nombre del documento	Autor
1	Conservación y uso sostenible de los bosques de roble en el corredor de conservación Guantiva –La Rusia-Iguaque, Departamentos de Santander y Boyacá, Colombia.	Avella Andrés y Camacho Carlos. (2010)
2	La Experiencia Colombiana en esquemas de pagos por servicios Ambientales. ECOVERSA-CIFOR.	Blanco Javier (2013)
3	Evaluación de los recursos forestales mundiales 2010. Informe Nacional: Colombia. Documentos de trabajo de la Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales.	FAO (2010)
4	Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. FEDESARROLLO.	García Romero Helena (2011)
5	Deforestación y sedimentación en los manglares del Golfo de Urabá: Síntesis de los impactos sobre la fauna macro béntica e íctica en el delta del río Turbo.	Juan Felipe Blanco-Libreros, Alexander Taborda-Marín, Viviana Amortegui-Torres, Andrea Arroyave-Rincón Alejandro Sandoval, Edgar Andrés Estrada, Jenny Leal-Flórez, Jairo Guillermo Vásquez Arango, Alberto Vivas Narváez. (2013)
6	Sedimentos del río Magdalena, reflejo de la crisis ambiental.	Juan Darío Restrepo Ángel (2006)
7	Restauración Ecológica: Biodiversidad y Conservación	Orlando Vargas Ríos (2011)

Número de ficha	Nombre del documento	Autor
8	Sucesión Ecológica y Restauración de las Selvas Húmedas	Miguel Martínez-Ramos y Ximena García-Orth (2007)
9	Restauración del capital natural: sin reservas no hay bienes ni servicios.	Aronson, J.; Renison, D.; Rangel-Ch, J.O.; Levy-Tacher, S.; Ovalle, C.; Del Pozo, A. (2007)
10	Regeneración del hábitat en áreas con presencia documentada de especies amenazadas. Una contribución a la conservación asociada a la operación del proyecto Central Hidroeléctrica Miel I, cordillera Central de Colombia, departamento de Caldas.	German I. Andrade, Eugenio Valderrama, Huber Alexander Vanegas y Sebastián González (2013)
11	Manejo de cuencas hidrográficas.	Manuales Ramsar 4ta edición (2010)
12	26 humedales gravemente amenazados.	Tercera Información (2016)
13	Evolución reciente del manejo de cuencas hidrográficas en el suroccidente colombiano.	Henry Jiménez Escobar (2006)
14	Delimitación y estudio de cuencas hidrográficas con modelos hidrológicos.	Alejandra M. Geraldí; M. Cintia Piccolo y Gerardo M. E. Perillo (2010)
15	Manejo integrado de cuencas hídricas: Cuenca del río Gualjaina, Chubut.	Vicente FERRER ALESSI y Mariana P.TORRERO (2015)
16	Estrategia de gestión ambiental a partir de la formulación de un esquema de pago servicios ambientales (PSA) para la regulación del recurso hídrico en la quebrada “la Colorada” del municipio de Arcabuco (Boyacá).	Julián Franco Barrera (2009)
17	Regulación hídrica bajo tres coberturas vegetales en la cuenca del río San Cristóbal, Bogotá D.C.	Carlos Francisco García Olmos (2007)
18	Estimación de la oferta hídrica con información escasa en ecosistemas estratégicos.	Leodán Andrés Otaña Burbano; Guillermo León Vásquez Velásquez y Guillermo de Jesús Bustamante Carmona. (2008)
19	Regulación ambiental en Colombia: el caso de la tasa retributiva para el control de la contaminación hídrica.	Francisco Correa Restrepo; Angélica de la Ossa

Número de ficha	Nombre del documento	Autor
		Arteaga; Zuly Vallejo Chanci (2007)
20	Estudio nacional de Huella Hídrica Colombiana.	Catedra UNESCO de sostenibilidad (2011)
21	Estudio Nacional del agua 2010.	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Centro de Documentación e Información Científico Técnica República de Colombia (2010)
22	Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos.	Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Eco región Andina – CONDESAN (2014)
23	Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México.	Robert H. Manson (2004)
24	Parámetros del modelo de infiltración de Horton obtenidos mediante el uso de un simulador de lluvia.	Weber, Juan Francisco (2014)
25	Los bosques andinos y el agua.	Conrado Tobón, (2009)
26	Humedales estacionales en la cuenca baja del río Tempisque. Manejo y conservación.	Revistas ambientales 43 (2012)
27	El valor de los bosques andinos en asegurar agua y suelo en un contexto de creciente riesgo climático: ¿(re)conocemos lo imperdible?	Bosques Andinos (2015)
28	Recursos hídricos en América latina, Planificación, es la estrategia.	Guzmán Arias, Isabel (2008)
29	Páramos: Hidrosistemas Sensibles.	Mario A. Díaz-Granados Ortiz, Juan D. Navarrete González, Tatiana Suárez López. (2005)
30	Evaluación cuali-cuantitativa de la erosión hídrica en la microcuenca Aguas Calientes, estado Mérida-Venezuela.	Mejía Joel, Dal Pozzo Franceso, Montilla Publio y Torres Geovanny (2010)
31	Vulnerabilidad ambiental en cuencas hidrográficas serranas mediante SIG.	Gaspari, Fernanda J.; Rodríguez Vagaría, A.M.; Delgado, M.I.; Senisterra, G.E.; Denegrí, G.A. (2011)

Número de ficha	Nombre del documento	Autor
32	Análisis comparativo de modelos hidrológicos de simulación continua en cuencas de alta montaña: caso del Río Chinchiná.	Olga Lucía Ocampo, Jorge Julián Vélez (2014)
33	Análisis de los valores de la escorrentía superficial, bajo diferentes usos del suelo en la zona alta de la cuenca del Río Chinchiná.	Nelson López Hincapié, Jairo Eduardo Pinzón Muñoz (2011)
34	Guía para plantaciones forestales comerciales.	María Teresa Matta Tello (1998)
35	La cuenta física del agua mediante modelación hidrológica distribuida.	Felipe Quintero D.; Jaime Ignacio Vélez U.; Luis Alberto Blandón M. (2005)
36	Propuesta metodológica para comparar el efecto de diferentes coberturas vegetales en la regulación de caudales en cuencas hidrográficas. Aplicación en la microcuenca de la quebrada El Murciélago, Antioquia.	Fernando Patiño, Juan; León Peláez, Juan Diego; Montes, León Andrés; Hernández, Laura Catalina (2007)
37	Factibilidad de preservación de la microcuenca hidrográfica río Chiquito a través de reforestación en la finca las Manitas, de la vereda río Chiquito, del municipio de Aguazul-Casanare.	Carlos Arturo Hernández Sánchez (2014)
38	Estudio nacional del Agua 2015.	IDEAM (2015)
39	Estudio nacional del agua 2013.	IDEAM (2013)
40	Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial.	Jiménez J., Mario Alberto; Vélez O., María Victoria (2013)
41	Plan Nacional de Desarrollo Forestal.	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (2000)
42	Dinámica del agua en andisoles bajo condiciones de ladera.	Edgar Hincapié Gómez y Conrado Tobón Marín. (2012)
43	Caracterización de las propiedades hidrofísicas de los andisoles en condiciones de laderas.	Edgar Hincapié Gómez, Conrado Tobón Marín (2010)
44	Regeneración del hábitat en áreas con presencia documentada de especies amenazadas. Una contribución a la conservación asociada a la operación del proyecto Central Hidroeléctrica Miel I, cordillera central de Colombia, departamento de Caldas.	Andrade P., German I.; Valderrama E., Eugenio; Vanegas, Huber Alexander; González Caro, Sebastián. (2013)



Número de ficha	Nombre del documento	Autor
45	Restauración ecológica: Biodiversidad y conservación.	Orlando Vargas Ríos (2011)
46	Intercepción de la precipitación por la vegetación.	Conrado Tobón Marín (2012)
47	Potencial de Infiltración de agua de lluvia a partir de la retención de una plantación forestal.	Zavaleta Huerta, Elizabeth; Cruz-Jiménez, Héctor; Márquez Ramírez, Juan (2012)
48	Capacidad de interceptación de la niebla por la vegetación de los Páramos Andinos.	Tobón, Conrado; Girleza Gil Morales, Eydith (2007)
49	Distribución del agua lluvia en tres bosques alto andinos de la cordillera central de Antioquia, Colombia.	Juan Diego León Peláez; María Isabel González Hernández y Juan Fernando Gallardo Lancho (2010)
50	Evaluación de la relación entre la evapotranspiración potencial teórica y la evaporación registrada en los departamentos de Cundinamarca y Valle del Cauca.	Valentina Marín Valencia (2010)
51	Análisis de aspectos que incrementan el riesgo de inundaciones en Colombia.	Sedano-Cruz, Karime; Carvajal-Escobar, Yesid; Ávila Díaz, Álvaro Javier. (2013)
52	Monitoreo y seguimiento al fenómeno de la deforestación en Colombia.	IDEAM (2014)
53	Restauración Ecológica: Biodiversidad Y Conservación.	Orlando Vargas Ríos (2011)
54	Ciclaje y pérdida de nutrientes del suelo en bosques alto andinos de Antioquia, Colombia.	Londoño Álvarez, Adriana; Montoya Gómez, Diana Cristina; León Peláez, Juan Diego; González Hernández, María Isabel (2007)
55	Hacia una cuenta de Bosques para Colombia: Algunas consideraciones metodológicas y estimaciones preliminares de la cuenta de activos.	DANE, IDEAM, MADS (2015)
56	Flujo de nutrientes en la escorrentía superficial de bosques montanos en Piedras Blancas, Antioquia (Colombia).	Acosta-Jaramillo, Juan José; León-Peláez & Ruiz-

Número de ficha	Nombre del documento	Autor
		Suescún, Oscar Andrés (2005)
57	Efectos del uso del suelo en las propiedades edáficas y la escorrentía superficial, en una cuenca de la Orinoquia colombiana.	Sánchez Núñez, David; Pinilla, Gabriel A. & Mancera Pineda, José E. (2015)
58	Hidrología de las plantaciones forestales en los trópicos.	Sampurno-Bruijnzeel, L.A. (2001)
59	Estudio del balance hídrico de la Beta y el Cubero de Piedras Blancas en Antioquia.	Arroyave Vargas, Carmen Tulia; Giraldo López Luis (1997)
60	Estado actual de la información sobre recursos forestales y cambio en el uso de la tierra (instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - (IDEAM), consultores FAO).	FAO (2006)

Fuente: Esta investigación

## 2.2. Reforestación y Deforestación en Colombia

Según los datos obtenidos por los diferentes textos encontrados a lo largo de esta investigación se encontró que los porcentajes de deforestación son más altos que los de reforestación, es mayor el porcentaje de árboles talados y de bosques perdidos que los que se han restaurado en estos últimos años, tal como se describe a continuación.

**2.2.1. Deforestación.** A través de los estudios realizados por el DANE, IDEAM y otras entidades gubernamentales y de orden privado, se obtiene que, dentro de los porcentajes de deforestación en Colombia, en los últimos dos años ha aumentado considerablemente la tala indiscriminada de árboles, es el caso de la zona del Caribe y de la Amazonia.

En el 2010, Colombia ocupaba el tercer puesto a nivel de Suramérica con más territorio boscoso con 59 millones de hectáreas, y el quinto lugar en comparación con otros países con más hectáreas de bosque natural. (FEDESARROLLO, 2011, p 3).

Para 2010 la deforestación disminuyó considerablemente las hectáreas de bosque pasando de 64.442.260 hectáreas en 1990 a 59.021.810 hectáreas en 2010. Según datos más actuales que arroja el estudio realizado por el sistema de bosques y carbono (SMBYC) actualmente Colombia tiene aproximadamente 140.356 hectáreas deforestadas lo que corresponde a un 16% del total del territorio nacional. En comparación con las cifras de 2013 se ha aumentado en un 13% el porcentaje, las cifras de deforestación, este último año las hectáreas deforestadas fueron 120.934 (IDEAM, 2014, p, 1).

Relacionado con lo anterior, se obtiene que la deforestación por territorios se encuentre distribuida de la siguiente manera como lo muestra la Tabla 3.

**Tabla 3. Deforestación en el territorio colombiano.**

<b>Zona</b>	<b>Hectáreas deforestadas 2014</b>	<b>Porcentaje</b>
Amazonia	63.280	45,08 %
Andina	33.679	23,99 %
Caribe	18.903	13,46 %
Pacífico	13.855	9,87 %
Orinoquia	10.639	7,58 %
Total	140.356	100 %

Fuente: (FAO, 2016 p, 1)

Relacionado con las áreas de la zona Andina y Amazonia se tienen las tablas 3 y 4, en las que se observa el seguimiento de la deforestación desde 1990 hasta 2014. Lo que indica que para los periodos de 2012-2013 la deforestación aumento en la zona de los Andes y disminuyó en un 8% en la Amazonia.

**Tabla 4. Deforestación en Amazonia.**

Periodo de análisis	Cobertura 1990 Área (Ha)	Cobertura 2000 Área (Ha)	Cobertura 2005 Área (Ha)	Cobertura 2010 Área (Ha)
Bosque	64.861.304	62.496.605	61.108.356	60.506.612
No bosque	46.700.261	49.562.410	50.693.637	52.223.021
Sin información	2.495.933	1.998.483	2.255.505	1.327.865
Total	114.057.499	114.057.499	114.057.499	114.057.499
Periodo de análisis	Cobertura 2012 Área (Ha)	Cobertura 2013 Área (Ha)		Cobertura 2014 Área (Ha)
Bosque	60.012.529	59.134.663		58.964.543
No bosque	52.268.926	52.433.226		53.012.432
Sin información	1.776.044	2.491.598		2.082.513
Total	114.057.499	114.057.499		114.057.499

Fuente: (SIAC, 2015, p, 1)

Los estudios han arrojado que los porcentajes entre hectáreas deforestadas de un territorio a otro han oscilado entre la disminución y el aumento de manera gradual anualmente. La evidencia se sostiene a partir de la representación en la tabla 5, donde se analiza datos aproximados y variaciones de pérdidas de hectáreas de bosque.

**Tabla 5. Cambios en la cobertura boscosa 1990-2014**

Periodo	Superficie deforestada (Ha/Año)	Tasa anual de deforestación (%)	Método de Cálculo
1990 – 2000	265.458	- 0.42	Promedio
2000- 2005	315.635	- 0.52	Promedio
2005 – 2010	282.027	- 0,47	Promedio
2011 – 2012	166.070	- 0.28	Promedio

2012 - 2013	120.934 Ha/año	- 0.21	Anual
2013 - 2014	140.356 Ha/año	- 0.22	Anual

Fuente. (SIAC, 2015 et al, p 1)

Las causas de la deforestación están recargadas sobre las prácticas culturales, económicas, sociales e inclusive políticas. La pérdida de los diferentes terrenos boscosos ha provocado que el suministro de agua disminuya, o que por el contrario aumente y desborde los caudales por la infiltración que se produce en el suelo (Blanco; Tabord; Amortegui; Arroyave; Sandoval; Estrada; Leal; Vásquez; Vivas, 2013, p, 20)

*La deforestación masiva que se produce en las partes altas de las cuencas de los ríos altera fuertemente su ciclo, provocando disminución de caudales y la pérdida de calidad del agua, además de influir negativamente sobre los ecosistemas y sus especies. Considerando que los recursos hídricos son directamente afectados por el manejo forestal, recientemente. (Urquijo, 2016, p, 110).*

**2.2.2 Reforestación.** Dentro del contexto de la reforestación y de la restauración ecológica Colombia tiene un enorme potencial de desarrollo de suelos con vocación forestal, los bosques naturales se acercan a los 67 millones de hectáreas, de donde 25 millones son aptos para la reforestación, sin contar con bosques de conservación. De acuerdo con los estudios que se desarrollan a partir de la temática de la reforestación se observa que el daño y el restablecimiento están íntimamente ligados a la temática de reforestación comercial. Los estudios y datos que surgen a partir de esto se desligan de las asociaciones productoras de madera (Moreno, 2016, p, 10).

El Ministerio de Agricultura (2015, p, 15) afirma que Colombia cuenta con un gran potencial de reforestación comercial debido a las excelentes condiciones del clima, la geografía y la topografía de los árboles. En consecuencia, Colombia ha invertido en reforestación comercial afirmando que hasta el 2015 se han plantado bosques en 477.575 hectáreas para la producción de madera (Moreno, 2016, p, 16).

Por otro lado, el Ministerio de Ambiente establece la restauración como una estrategia de carácter interdisciplinario, con el fin de “mantener la composición, estructura y función de los ecosistemas en diferentes unidades del paisaje” (Moreno et al, 2016), como consecuencia de la implementación del Plan de restauración, recuperación y rehabilitación de ecosistemas, se tienen cerca de 9.054 hectáreas en proceso de restauración en ecosistemas del bosque andino, bosque alto andino y páramo.

Según el Mecanismo de desarrollo forestal limpio (MDL) (Chavarro, Corradi, García, Lara, Pereguine, Ulloa, 2013) los MDL han creado proyectos sobre forestación sobre territorios en donde se encuentran territorios dañados, o que han sufrido consecuencias sobre la deforestación desde hace 50 años o en terrenos donde no han existido plantaciones arbóreas en este lapsus de tiempo.

La implementación y aplicación de los proyectos y la plantación de especies se realizan de acuerdo con las especies nativas del territorio, así mismo con la concordancia de acuerdo a las zonas forestales, estudiando la rehabilitación que se quiere hacer en la zona. De acuerdo con esto y bajo lo establecido en este documento se establece que a nivel nacional no se encuentran proyectos de nivel forestal, ya que de los 856 proyectos que se están aplicando solamente 1 es de rango forestal, y los 855 restantes son de nivel energético. (Chavarro et al, 2013, p, 39).

Sin embargo y teniendo en cuenta el antecedente mundial de proyectos registrados se obtiene que en Colombia la reforestación se presenta de acuerdo al terreno y teniendo en cuenta las especies que pueden ser más idóneas para la absorción de agua, dependiendo del terreno. Relacionado con esto, se tiene que las especies de plantas usadas en reforestación en Colombia se condicionan de acuerdo al clima, condiciones fisiográficas y edáficas, y se observa que a partir de las características físicas se tiene 14 especies de plantas más utilizadas para reforestar, dentro de las cuales se tienen las de eucalipto, ciprés y pino pátula. (CONIF, 1998, p, 28)

**Tabla 6. Especies más usadas para la reforestación en Colombia.**

Nombre Científico	Condiciones climáticas				Condiciones fisiográficas		Condiciones Edáficas			
	Nombre común	Altitud msnm	Humedad Relativa	Zona de vida	Pendiente %	Topográfica	Textura	pH	Fertilidad	Profundidad
1 <i>Alnus jorullensis</i>	aliso	2.200-2.800	Alta	bs-M;bh·M; bmh-MB	20-50 %	Quebrado	F	Ácidos	Presencia materia orgánica	Superficial, profundo
2 <i>Cariniana pyriformis</i>	abarco	0-800	Baja	bh·T, bmh·T	15-25%	Ondulado, quebrado	FAR-AAR	Ácidos	Suelos Suelos	Profundo
3 <i>Cedrela odorata</i>	cedro	0-1.500	Media	bs-Ty bh·PM	20-30%	Ondulado, quebrado	F	Casi-neutro	Fértiles y aireados	Superficial, profundo
4 <i>Cordia alliodora</i> 18-	laurel	0.1-900	Media	bh·T, bh·PM, ·	20-35 %	Ondulado, quebrado	FAR, F	Ligeramente ácido	Suelos con materia orgánica	Profundo
5 <i>Cupressus lusitánica</i>	ciprés	1.500-2.800	Media	bmh·MB, bh·M	15-25%	Ondulado	Fa, FAR	Casi neutro	Suelos con materia orgánica	Profundo
6 <i>Eucalyptus globulus</i>	eucalipto	2.200-2.800	Baja	bh·M, bh·MB	20-50 %	Quebrado	AARóF	liger. ácido	Exige nutrientes	profundo
7 <i>Eucalyptus grandis</i>	eucalipto	100-1.800	Media	bh PM, bh-T	20-50%	Quebrado	FAR	Ligeramente ácido	Sensible, deficiencia, Boro	profundo
9 <i>Eucalyptus tereücomis</i>	eucalipto	0-1.000	Media	bs·T	20-35%	_____	FA	casi-neutro	aluvial, limoso	profundo
10 <i>Gmelina arbórea</i>	melina	0-1.000	Seca	bs-T	15-25%	Ondulado	F,Ar L,	Moderado,	presencia materia orgánica	profundo



Nombre Científico	Condiciones climáticas				Condiciones fisiográficas		Condiciones Edáficas			
	Nombre común	Altitud msnm	Humedad Relativa	Zona de vida	Pendiente %	Topográfica	Textura	pH	Fertilidad	Profundidad
11 <i>Jacaranda copaia</i>	Chingalé	0-1200	Media	bs-T, bh-PM	15-25%	Ondulado	FAr	liger. ácido	no es exigente	superficial a profundo
12 <i>Pinus caribaea</i>	pino caribe	0-1.500	Alta	bs-PM, bmh-PM, bh-PM	10-25%	Ondulado	A,Ar	casi neutro	poco fértiles	profundo
13 <i>Pinus oocarpa</i>	pino	300-2.200	Baja	T,bh-T bs-T, bs-PM	20-50%	Quebrado	A,FayAr	casi-neutro	todo fértil	profundo
14 <i>Pinus patula</i>	Pino llorón	2.000-2.800	Alta	bh-MB, bh-M	20-50 %	Quebrado	A,Ar	casi neutro	requiere boro	profundo
15 <i>Pochota quinata</i>	ceiba roja	0-800	Media	bs-Ty bh-T	10-25%,	Ondulado	FL	Liger. ácido	buena	superficial a profundo
16 <i>Tabebuia roseae</i>	roble, flonornado	0-1.900	Media	bs-Ty bh-PM	15-25%	Ondulado	F, FA, FAr, A	casi neutro	fértil, aluvial	superficial a profundo
17 <i>Tectona grandis</i>	teca	0-1.000	Alta	bs-T, bh-T	15-25%	Ondulado	F, FA, FAr	casi-neutro	suelos fértiles	profundo

Fuente: (CONIF, 1998, p, 28)

## Características de ambientales para la reforestación, y especies idóneas para cada región del país<sup>1</sup>.

Seleccionar las especies para reforestación requiere un estudio minucioso en el que se determinan las zonas aptas para los sitios a utilizar para reforestar, a través de un estudio cartográfico de los suelos y el clima se identifican las características idóneas para este fin.

A manera de ejemplo las tablas 7, 8 y 9 listan algunas especies idóneas para reforestación en regiones con diferentes características fisiográficas.

**Tabla 7. Especies idóneas para reforestación en Tolima**

Especies	Uso
<i>Cordia alliodora</i>	Aserrío
<i>Cupressus lusitánica</i>	Aserrío
<i>Eucalyptus globulus</i>	Minería e inmunización
<i>Pinus patula</i>	-
<i>Tectona grandis</i>	Aserrío
<i>Guadua angustifolia</i>	Aserrío

Fuente: (CONIF et al, 1993, p, 30)

**Tabla 8. Especies idóneas para reforestación en Nariño**

ESPECIES	
<i>Acacia sp</i>	<i>Cordia alliodora</i>
<i>Alnus jorullensis</i>	<i>Lafoensia speciosa</i>
<i>Eucalyptus globulus</i>	<i>Pinus patula</i>
<i>Fraxinus chinensis</i>	

Fuente: (CONIF et al, 1993, p, 30)

---

<sup>1</sup> IBIDEM, p.10-12

**Tabla 9. Especies idóneas para reforestación en Antioquia.**

ESPECIES	USO
<i>Cordia alliodora</i>	Aserrío
<i>Cupressus lusitánico</i>	Aserrío
<i>Eucalyptus grandis</i>	Minería e inmunización
<i>Pinus patula</i>	aserrío

Fuente: (CONIF et al, 1993, p, 30)

**2.2.3. Zonas del país con más área reforestada.** De acuerdo con los informes de las entidades gubernamentales no hay un registro exacto en el que se pueda establecer cuál es el porcentaje de terreno y zonas en donde se ha implementado la reforestación.

A pesar de esta situación los informes de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria UPRA (2016, p, 25) sostienen que en el territorio colombiano existen 24,8 millones de hectáreas aptas para el establecimiento forestal lo que equivale al 12,8% del total del país; 7.2 millones de hectáreas presentan una alta aptitud forestal de las cuales 4,3 millones tienen la mejor favorabilidad y otras 2,9 millones de hectáreas son aptas aunque presentan condiciones físicas y espaciales que condicionan el desarrollo de esta actividad (Marín, 2015, p, 25).

**2.2.4. Impactos de la deforestación.** Según García (2011) dentro de los efectos de la deforestación se tienen la exacerbación al riesgo natural del país, es decir, Colombia se encuentra expuesto a eventos climáticos que pueden causar diferentes efectos dentro de la comunidad de los seres vivos, situación que se incrementa cuando hay irregularidades en los procesos de cuidado ambiental. Se considera también que estas desproporciones amenazan la diversidad de los ecosistemas terrestres e inclusive marinos de aproximadamente 2700 especies se desarrollan en estos.

ASOCAM (2009) sostiene que uno de los factores de riesgo que ocasiona la deforestación es la disminución del área foliar que ocasiona una baja cantidad de absorción en el recurso hídrico

ocasionando la pérdida del suelo en tiempos de sequía. Estos cambios en la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo, se debe a la pérdida de materia orgánica.

El aumento de terrenos erosionados, especialmente en zonas de la región andina que presentan altitudes y pendientes altas, llevan a que los suelos disminuyan la capacidad de infiltración, de absorción y de fusión, ocasionando que se produzcan daños superficiales en el proceso de escorrentía en los tiempos de lluvias logrando que se deteriore el suelo (García et al, 2011, p, 57).

García (2011, p, 57) corrobora lo anterior diciendo que el 32% de la deforestación en la Cuenca de Río Magdalena es provocada por las actividades humanas, encontrando en estas 160 toneladas anuales de sedimentos son las que transporta el río a causa de la deforestación, al igual que el río Cauca. Según esto se obtiene que la transformación de los terrenos fue para el periodo de 2000-2005 de 39,7 % y en el de 2005-2010 de 55,7% de deforestación. Lo que afecto de manera más significativa el proceso de restauración de los ecosistemas y la regulación en los procesos de regulación ambiental.

*“Se han identificado 2,500 especies que están bajo amenaza de extinción por deforestación, 500 de ellas especies nativas del país. Esto es especialmente grave si se tiene en cuenta que Colombia es uno de los 17 países mega diversos en el mundo” (Romero, 2011, p, 4)*

Dentro de la región de la Amazonía la minería y la tala de árboles indiscriminada e ilegal son los primeros factores de riesgo que se presentan cuando se habla de deforestación, llevando de esta manera a disminuir la zona boscosa.

En conclusión, se puede afirmar que son muchas las consecuencias y causas de la deforestación y la no aplicación de la reforestación respectivamente en Colombia, se puede identificar que las

principales causas de estos dos factores de riesgo ambiental son las actividades que diariamente comete el ser humano y esto está provocando que cada vez el daño sea mayormente irreversible.

### 2.3. Indicadores de regulación hídrica

La regulación hídrica involucra diferentes procesos como el almacenamiento del agua en el suelo, lo que a su vez se ve influenciado por la capacidad de infiltración de éstos y la cobertura vegetal y uso del suelo, lo que puede facilitar bien sea la infiltración o la escorrentía superficial.

Esta función ecosistémica de regulación se da por características edáficas como la textura, el contenido de materia orgánica, el nivel de compactación del suelo y la porosidad, principalmente; por otro lado, influyen los árboles o cobertura vegetal presente en aspectos como la profundidad de sus raíces, su nivel de interceptación y las tasas de evapotranspiración, principalmente. Aunque muchas variables intervienen en este proceso de regulación, es necesario la selección solo de algunos indicadores que permiten reconocer si existe o no un efecto regulador por parte de los arboles sembrados en procesos de reforestación.

A partir de la revisión literaria realizada se encontraron los siguientes indicadores más comúnmente usados, tabla 14.

**Tabla 10. Indicadores de regulación hídrica más usados en los estudios revisados**

Indicador	Variables	Fichas bibliográficas que los usan	Justificación
Balance hídrico	Escorrentía (E), Evapotranspiración (ETP), Precipitación (P), Infiltración (I), Almacenamiento.	1, 7, 8, 9, 10, 12, 26, 46	Es un indicador al permitir cuantificar los excedentes o déficits de agua en una determinada región, su comparación temporal y espacial con los cambios en coberturas vegetales brinda datos de análisis.

Humedad del suelo	Infiltración (I), Evapotranspiración (ETP).	44, 45, 37, 50, 51,54	La humedad del suelo expresa de manera directa el nivel de almacenamiento de agua en el suelo, su análisis temporal permite ver la capacidad de retención de los suelos, lo cual hace parte de la función de regulación hídrica.
Materia orgánica	Contenido de materia orgánica edáfica (CMOE) (Kg/m <sup>2</sup> )	36, 35, 36, 57, 53	Se ha demostrado una correlación directa del contenido de materia orgánica y la capacidad de infiltración de los suelos, por tal motivo también se ha usado ampliamente esta medida como indicador.
Índice de calidad del agua		43, 43,41,40,39, 38, 52, 49, 48, 47	Uno de los aportes de los bosques más ampliamente evidenciados es el mantenimiento de la calidad del agua, por este motivo la función de regulación hídrica también se evalúa desde este componente, principalmente midiendo las variables de turbiedad, solidos suspendidos, pH, entre otras.
Erosión	Arrastre de sedimentos (Ton/mes), cantidad de suelos o sedimentos (Kg/ha); Sedimentos (Ton/km <sup>2</sup> /año)	5, 33, 6, 55	Como proceso que afecta directamente la composición del suelo y la calidad de las aguas de escurrimiento, el nivel de erosión es un importante indicador indirecto de regulación hídrica.
Escorrentía	Coefficiente de escorrentía (%); Volumen escurrimiento (m <sup>3</sup> /ha) y rendimiento hídrico (L/s.ha)	33, 36	Lo contrario a retener el agua, es dejarla ir, la escorrentía superficial analizada en conjunto con otras variables del suelo y climáticas de una serie temporal, permite evidenciar si hay tendencia a eventos extremos de caudales o por el contrario hay un efecto regulador en las cuencas.

Fuente: Autores

Como se ha mencionado anteriormente la regulación hídrica es una función ecosistémica dentro del grupo de servicios ecosistémicos de regulación, este servicio varía entre ecosistemas, habiendo algunos con mayor impacto en el mantenimiento de caudales. A continuación, se describen los ecosistemas que mayor benefician la regulación hídrica:

**Páramos.** En Colombia, el área aproximada de páramos es de 14.000 km<sup>2</sup>, equivalente al 1.3% del territorio nacional. Los departamentos colombianos con mayor representatividad de páramos son en su orden Boyacá (18.3%), Cundinamarca (13.3%), Santander (9.4%), Cauca (8.1%), Tolima (7.9%) y Nariño (7.5%) (Díaz, 2005, p, 65). Actualmente, el 8% de las áreas con uso agropecuario en el país están en los páramos, que corresponde al 20% del área total de páramos.

Los páramos son ecosistemas sensibles que están expuestos a algunas actividades antrópicas inadecuadas como la ganadería extensiva, la deforestación, la agricultura, principalmente con el cultivo de papa, la cacería, construcción de vías, entre otros (Díaz et al 2005, p, 66).

Los hidrosistemas de páramo se constituyen reguladores naturales de la escorrentía. En Colombia los páramos regulan el 70% de los ríos en sus cabeceras y aportan el 4% de la oferta hídrica superficial colombiana (Díaz et al 2005, p, 67).

Las precipitaciones anuales en páramos oscilan entre valores bajos de 600 mm/año hasta más de 3000 mm/año. De acuerdo a la clasificación de los páramos, el porcentaje de páramos secos es de 6%, húmedos (entre 1770 y 2350 mm) de 89% y súper húmedos (entre 2950 y 3500 mm) de 5% (Díaz et al 2005, p, 66). La evapotranspiración en los páramos es baja y la capacidad de retención de agua de las plantas es alta.

En los páramos la precipitación horizontal es un factor determinante del rendimiento hídrico y corresponde a un 18% de la precipitación vertical. Cuando la vegetación de páramo es intervenida, aumenta un 50% la vegetación arbustal. Este escenario trae impactos en la eficiencia de intercepción de la precipitación horizontal y cambios en características de suelos de páramo, incremento en densidad aparente y reducción de la conductividad hidráulica por compactación.

**Bosque seco tropical.** El bosque seco tropical (BST) es originario de tierras bajas y su principal característica es que presenta fuerte cantidad de lluvias. En Colombia es posible identificarlo en seis regiones: el Caribe, los valles interandinos de los ríos Cauca y Magdalena, la región NorAndina en Santander y Norte de Santander, el valle del Patía, Arauca y Vichada en los Llanos (Von Humboldt, A., 2016).

Al principio, este ecosistema cubría más de 9 millones de hectáreas, de las que solo quedan actualmente un 8%, por lo que es uno de los ecosistemas más amenazados en el país. Esto debido a que el bosque seco existe en zonas con suelos relativamente fértiles, que han sido altamente intervenidos para la producción agrícola y ganadera, la minería, el desarrollo urbano y el turismo. Esta transformación es nefasta para la biodiversidad asociada al bosque seco y los servicios que presta este bosque (Von Humboldt, A., 2016).

El bosque seco tropical además ofrece servicios básicos para las comunidades humanas como la regulación hídrica, la retención de suelos, y la captura de carbono contribuye con la regulación del clima y la disponibilidad de agua y nutrientes (Von Humboldt, A., 2016).

En la Figura 3 se puede visualizar la distribución espacial del Bosque Seco Tropical en Colombia.



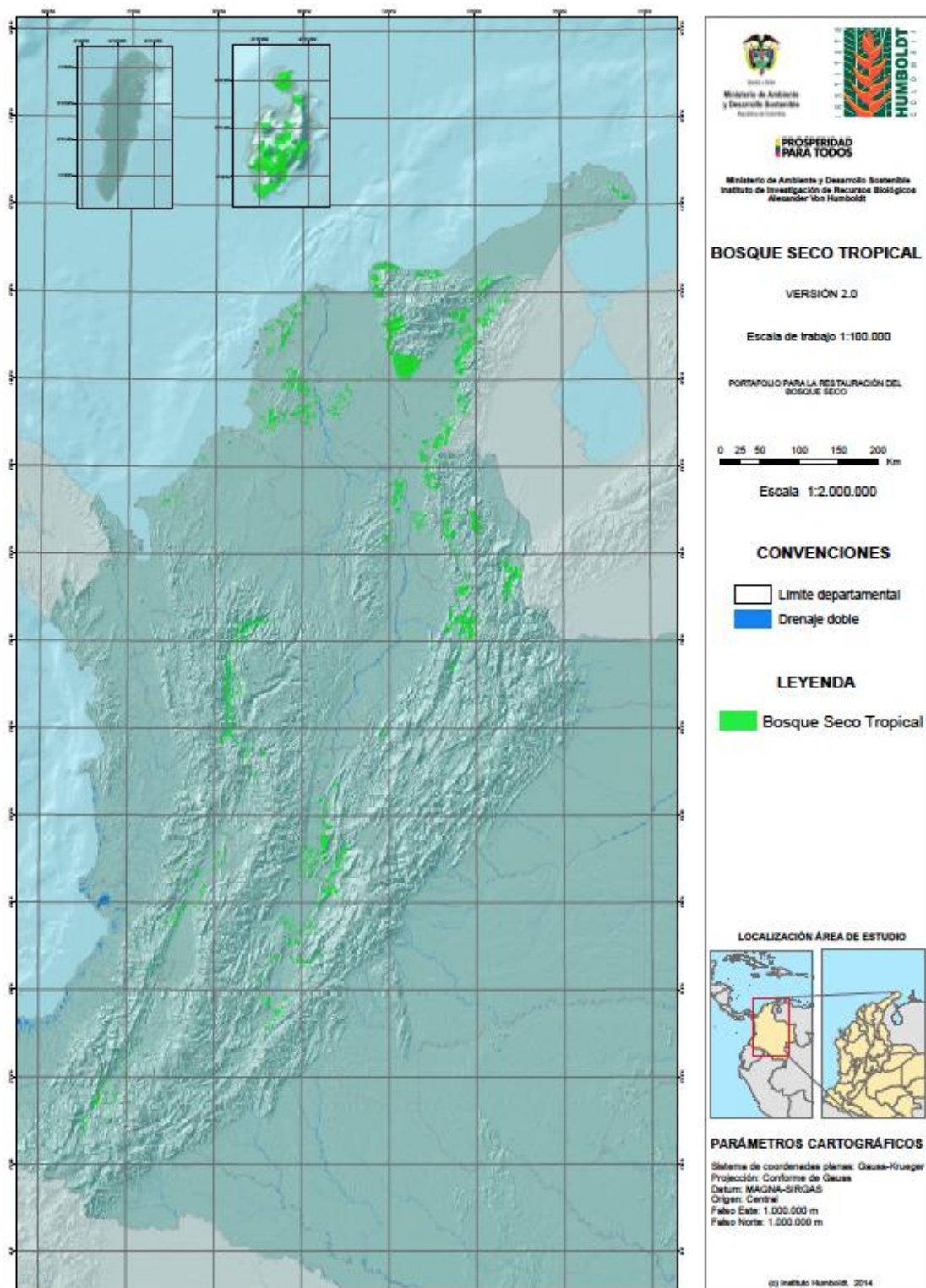


Figura 3. Distribución espacial del bosque seco tropical en Colombia

Fuente: (Von Humboldt, A., 2016)

**Bosque de niebla:** Los bosques de niebla se forman cuando las nubes cargadas de humedad chocan contra las empinadas montañas. Al entrar en contacto con la vegetación, las nubes descargan sus gotas sobre las plantas, aportando de esta manera hasta el 40% del agua disponible para ellas en un determinado lugar. (Von Humboldt, A., 2016).

Este fenómeno se produce entre los 1.500 y los 3.200 metros sobre el nivel del mar, aunque en algunos sitios, como en la Sierra Nevada del Cocuy, los bosques nublados suben hasta 4.000 metros, mientras en la Cordillera Occidental descienden hasta 1.200 metros. (Von Humboldt, A., 2016).

En Colombia los bosques de neblina cubren una pequeña área del país, pero al igual que los páramos, son inmensos reservorios de agua, pues el denso manto de musgos que recubre la vegetación en estas selvas es una gran esponja viva que acumula una cantidad de agua hasta 300 veces superior a su propio peso. De hecho, dos de los ríos más caudalosos del país, el Atrato y el San Juan, no nacen en páramos sino en bosques de niebla.

Nuestras mayores extensiones de selva nublada están en las tres cordilleras de los Andes y en la Sierra Nevada de Santa Marta (Von Humboldt, A., 2016).

**2.3.1. Escorrentía.** Según Gaspari (2011, p, 22) se tiene que los métodos para considerar la escorrentía a partir de la precipitación intentan recuperar las pérdidas que se han provocado por infiltración, evapotranspiración, almacenamiento superficial e interceptación.

En Colombia el total de precipitación es aproximadamente  $3.700 \text{ m}^3$ , de la cual el 61% se convierte en escorrentía superficial equivalente a un caudal medio de 71.800

$m^3/seg$ , correspondiente a un volumen de  $2.265 \text{ km}^3$  al año. Este caudal fluye por las 5 áreas hidrológicas en las que se ha dividido el territorio nacional (IIAP, 2013, p, 51).

En el estudio “*Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales contrastantes en la cuenca del río San Cristóbal Bogotá*” (De Salas Gonzalo & García Olmos, Carlos. 2000) se encuentra que, los parámetros de precipitación obtenidos con base a las estaciones meteorológicas que ubican la precipitación de la cuenca dentro de los sistemas de vida de Holdrige, clasificando los bosques en: bosque húmedo Montano Bajo y Bosque muy húmedo Montano. El estudio se realizó teniendo presente especies como el eucalipto, ciprés, y bosque nativo. Los resultados promedios para precipitación, precipitación interna y escurrimiento por tallo para bosque nativo son de 0,79%, su almacenamiento de agua corresponde a 28,09%. Para el caso del eucalipto son de 0,7 % y 26.84% respectivamente y para el caso de ciprés son de 0,55 y 57% respectivamente (De Salas Gonzalo & García Olmos, Carlos.2000).

Los valores hidrológicos mensuales del río San Cristóbal, están relacionados con los caudales mínimos, medio y máximo.

### **Caudal mínimo, medio y máximo.**

$$\text{Caudal medio anual} \left( \frac{m^3}{seg} \right)$$

$$0,653 \frac{m^3}{seg} \quad Q = 0.167$$

$$\text{Caudal maximo medio anual} \left( \frac{m^3}{seg} \right)$$

$$0,576 \frac{m^3}{seg} \quad Q = 1.009$$

$$\text{Caudal minimo medio anual} \left( \frac{m^3}{seg} \right)$$

$$0,257 \frac{m^3}{seg} \quad Q = 0.070$$

Fuente. De Salas, Ibídem, p, 209

Dentro del estudio realizado por Ruiz, Acosta, y León (Ruíz et al, 2005, p, 2636) se estudiaron parcelas de pátula, ciprés y roble. La tabla 15 muestra las características de los bosques.

**Tabla 11. Bosques de Roble, Pátula, Ciprés.**

Parcela	Edad (años)	Arboles (Ha <sup>-1</sup> )	Diámetro promedio (cm)	Área basal (m <sup>2</sup> Ha <sup>-1</sup> )	Biomasa (Mg Ha <sup>-1</sup> )
Roble	Madura	358	15,90	17,26	166,40
Patula	39	439	23,11	41,73	328,18
Ciprés	39	615	18,16	36,58	194,80

Fuente: (Ruíz et al, 2005, p, 2637)

En este estudio se tiene en cuenta la precipitación y se midió la escorrentía superficial para cada tipo de bosque, las magnitudes de los flujos de escorrentía superficial para roble fueron 23,190 mm año<sup>-1</sup> (1,07% de la precipitación), pátula 35,126 mm año<sup>-1</sup> (1,61 % de la precipitación) y ciprés 230,642 mm año<sup>-1</sup> (11,05 % de la precipitación) encontrando en esta mayor precipitación interna con 87,36 %, favoreciendo la escorrentía y la interceptación. En comparación con otros estudios se encuentra un bosque en la amazonia en donde la precipitación es de 187 mm año<sup>-1</sup>, en donde los valores cambiaron en 4000 y 4500 mm año<sup>-1</sup>, y la escorrentía sólo alcanzó un 4,4 % (Ruíz et al, 2005, p, 2639). La escorrentía superficial está relacionada en gran medida con la intensidad de la precipitación en las especies de pátula y ciprés, así como con la descomposición vegetal y la hojarasca (Ruíz et al, 2005, p, 2637).

La repelencia al agua es un factor en común dentro de estos estudios que se puede relacionar con la escorrentía y la regulación hídrica. Se encontraron resultados de tiempos reales analizados a través de tiempo de penetración de una gota de agua en el suelo, en donde se encontró que para ciprés es mayor a 1800 segundos, 479,81 en pátula y 223,78 en roble (Ruíz et al, 2005, p, 2643).

El hecho de que el ciprés tenga más escorrentía superficial que las otras especies se debe a que su mantillo es aproximadamente de 5 cm (Ruíz et al, 2005, p, 2637).

De acuerdo con lo anterior se observa que los porcentajes con más flujos de escorrentía superficial se presentan en las especies de pino pátula y ciprés dentro de la región andina.

Según los registros entregados por el IDEAM (2016) para la zona de andina se presenta lo siguiente.

*La Región Magdalena-Cauca, presentar valores de escorrentía media de 1.000 mm/año. Bogotá presenta una baja oferta hídrica que oscila entre 400 y 700 mm/año, en la cual está Bogotá D.C. y en donde se presenta la mayor presión antrópica del país. De otro lado el medio y bajo Magdalena alcanzan valores medios de escorrentía de 1.100 mm y 450 mm, respectivamente. El alto Cauca presenta valores medios de escorrentía de 1.000 mm/año, el medio Cauca alcanza 1.500 mm y el bajo Cauca en su desembocadura en el río Magdalena llega a los 1.700 mm. Los rendimientos hídricos en la cuenca varían entre 10 y 92 lt/seg/km<sup>2</sup>, comparativamente bajos frente a los estimados en las demás regiones del País (IDEAM, 2016, p, 91).*

Para la zona que tiene que ver con los páramos y según los estudios encontrados, se debe tener presente que los suelos son de características volcánicas, la descomposición de materia orgánica no se presenta como en la tropical, por su característica húmeda, así mismo la infiltración se da en un porcentaje más alto por la porosidad del suelo.

Las características que posee el suelo de esta zona respecto a la absorción de agua hacen que se convierta en un regulador y transformador hídrico en potencia, así como cultivador y protector de las especies que se desarrollan en él.

De acuerdo con estas características el IDEAM et al (2016) plantea que el nivel de escorrentía en las zonas más altas como la Sierra Nevada de Santa Marta es de 1000 mm, en los terrenos más planos oscila entre los 25 mm y 200 mm, y en la parte media y baja puede llegar de 750 mm a 2700 mm respectivamente. Así mismo se considera que, la reforestación en las zonas de los páramos, con especies nativas como el frailejón puede reducir el nivel de escorrentía en un 16,5% anualmente (Díaz, et al, 2005, p, 1)

En la zona pacifica la escorrentía varía entre los 3.000 y los 5.200mm/año, en la parte alta de la región se presenta variaciones de 1.100 mm y en lo más alto de 2.500 mm.

*EL pacífico colombiano tiene el 13,41% es decir el 9269m<sup>3</sup>/seg., siendo en términos de cantidad de agua que fluye por unidad de área, el Pacífico el que cuenta con el mayor rendimiento hídrico del país, estimado en 124 l/s-km<sup>2</sup> (IIAP, et al, 2013, p, 51).*

Dentro de la **región pacifica colombiana** se presenta una escorrentía del 34,10% para la *Serranía de Baudó*, la precipitación media anual de 5086 mm con 271 días de lluvia, 839 horas de insolación media; 839 mm de evapotranspiración potencial media; y 3204 cal/cm<sup>2</sup>/d de radiación solar media anual. La escorrentía total que llega al mar es de 738 m<sup>3</sup> /s, para el **Valle del San Juan**, precipitación media anual de 7941 mm; 291 días de lluvia; temperatura media de 26. 4° C; humedad relativa del 87%; 1235 horas de insolación media; 1224 mm de evapotranspiración potencial media; y 3747 cal/cm<sup>2</sup> /d de radiación solar media anual. La escorrentía total que llega al mar por el Río Baudó es de 706 m<sup>3</sup> /s y por el Río San Juan de 2721 m<sup>3</sup> /s. La menor fluctuación de escorrentía se tiene en 1500mm y 2000mm. En los terrenos altos la escorrentía se entre 5000mm y 6000mm en la parte media con 6000mm exactamente. Cuando hay sequedad en los terrenos en la parte alta disminuye 1000mm y en los terrenos medios puede

oscilar entre 400mm y 5000mm. **La Franja Costera Pacífica.** Precipitación media anual entre 6238 mm y 2265 mm; 264 a 168 días de lluvia; temperatura media de 26° C; humedad relativa entre 87% y 83.9%; entre 1205 y 1031 horas de insolación media; entre 1472mm y 1178 mm de evapotranspiración potencial media; y entre 3731 y 3602 cal/cm<sup>2</sup> /d de radiación solar media anual. La esorrentía al mar de los seis principales ríos es: Patía 1292 m<sup>3</sup> /s; Mira 527.3 m<sup>3</sup> /s; San Juan de Micay 490 m<sup>3</sup> /s; Naya, Yurumanguí y Timba 417 m<sup>3</sup> /s. de igual manera **El Valle del Alto Patía** tiene una precipitación media anual de 824 mm; 190 días de lluvia; temperatura media anual de 13.2°C; humedad relativa al 76.1%; 1165 horas de insolación media anual; 950 mm de evapotranspiración potencial media y 3758 cal/cm<sup>2</sup> /d de radiación solar media anual. El caudal medio del Río Patía en Policarpa es de 346 m<sup>3</sup> /s. (Lobo, 1993, p, 1).

En el estudio “análisis de los valores de la esorrentía superficial, bajo diferentes usos del suelo en la zona alta de la cuenca del río Chinchiná” se encuentra que los valores de esorrentía superficial, que se producen en diferentes sistemas productivos en la zona alta de la cuenca del río Chinchiná presentaron el siguiente comportamiento: el promedio del coeficiente de esorrentía para el sistema de pasturas fue de 8.53%, mientras que para los sistemas silvopastoril y plantación fue de 3.65% y 3.32%, respectivamente. Por otra parte, el volumen de escurrimiento superficial durante el periodo de observación, para el tratamiento de pasturas a libre exposición fue de 10.208,15 m<sup>3</sup>/ha, 3.676,98 m<sup>3</sup>/ha para el silvopastoreo y 2.983,37 m<sup>3</sup>/ha para el sistema plantación. Las mediciones de pérdidas de suelo por esorrentía, muestran que la mayor cantidad de suelos se derivaron del tratamiento de pasturas, en donde se encontraron sedimentos de aproximadamente 678.53 kg/ha (correspondiente al 42.57% del total de las pérdidas presentadas en los diferentes

*tratamientos), seguido por el arreglo silvopastoril con 504.94 kg/ha (31.68) y en la plantación forestal se perdieron 410.52 Kg/ha (25.75%). (Pinzón, López, 2011, p 8)*

De esta manera se obtiene que las áreas con vegetación apropiada de acuerdo a las características que tenga el suelo, y los cambios climáticos en terrenos abiertos, ayudan a que la escorrentía superficial aporte al mantenimiento de los suelos, mitigándose en cierto grado la erosión que puede presentar la zona por cambio climático y falta de agua (IIAP, 2012, p, 392).

Por lo tanto, la reforestación no afecta a la erosión del suelo sino por el contrario ayuda a mitigar sus efectos.

### **2.3.2. Casos exitosos de regulación hídrica implementando reforestación**

#### **Casos Exitosos de Regulación Hídrica:**

Proyecto Forestal para la Cuenca del Río Chinchiná, Procuena, Departamento de Caldas (Acosta, Muñoz, 2005).

Este proyecto es una alternativa ambiental y productiva para una ciudad y la región envolvente. Fue diseñado con base en el Plan de Manejo Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Chinchiná. Formalmente se inició en junio de 2001 y en junio de 2002 ya comenzó a concretar labores de campo. Las características más importantes que se tuvieron en cuenta para seleccionar, como caso especial, el mecanismo de financiamiento de este proyecto, fueron las siguientes:

a) El proyecto no depende de recursos económicos del presupuesto nacional; b) El proyecto no depende de recursos de donaciones o préstamos de entes internacionales; c) Los recursos económicos para financiar las actividades del proyecto, provienen actualmente del pago por una concesión de servicio de acueducto en un municipio, cuya jurisdicción cubre casi un 50% del área



de la cuenca hidrográfica en donde se desarrolla el proyecto. d) El proyecto y su mecanismo de financiamiento presentan en consecuencia una experiencia de empoderamiento local para el manejo sus recursos naturales renovables. e) Hay logros importantes hacia el MFS para funciones productoras, e inicio de acciones para el MFS de funciones de conservación, regulación y manejo de paisaje.

Del cual se concluye:

*Los resultados positivos, así como la integración de sociedades de economía mixta y organismos de cooperación internacional, son elementos de vinculación efectiva de nuevos interesados, como inversionistas del sector forestal, nacionales o extranjeros, propietarios de predios, personas naturales o jurídicas de los sectores público o privado, lo que anticipa sostenibilidad y crecimiento. Para mitigar la percepción generalizada que las actividades forestales, por ser precisamente de largo plazo, no representan retornos de corto y mediano plazo, es estratégico que iniciativas de esta naturaleza, consideren la 23 integración de conceptos de economía, ecología y empleo, como los ejes principales de la sostenibilidad.” (Acosta, Muñoz, 2005, p, 23)*

Lo que aporta que, aunque existe la evidencia de proyectos sostenibles que tienen que ver con la regulación hídrica, solamente un bajo porcentaje son aplicados, y por lo tanto los resultados de los estudios realizados son pocos considerando el mal estado de las cuencas hídricas. Así como el hecho mismo de que la atención hacia esta problemática ha sido tenida en un segundo plano.

## Conclusiones

Teniendo en cuenta los diferentes estudios abordados, se tiene como conclusión general que la reforestación intercepta notablemente la escorrentía superficial, donde la cobertura vegetal, árboles en mayor grado, juega un papel importante en la retención e infiltración.

De acuerdo al análisis de los diferentes documentos estudiados se pudo determinar que la reforestación juega un papel importante en la regulación hídrica, ya que estas zonas cubiertas por árboles, son grandes retenedores de humedad.

La reforestación disminuye notablemente la escorrentía, donde juega un papel importante la interceptación, infiltración y retención de agua, además se evita mayores pérdidas de suelo.

En el estudio “análisis de los valores de la escorrentía superficial, bajo diferentes usos del suelo en la zona alta de la cuenca del río Chinchiná el promedio del coeficiente de escorrentía para el sistema de pasturas fue de 8.53%, mientras que para los sistemas silvopastoril y plantación fue de 3.65% y 3.32%, respectivamente.

En el estudio “análisis de los valores de la escorrentía superficial, bajo diferentes usos del suelo en la zona alta de la cuenca del río Chinchiná, se encontró que el volumen de escurrimiento superficial durante el periodo de observación en tratamiento de pasturas a libre exposición fue de 10.208,15 m<sup>3</sup>/ha, para el sistema silvopastoril fue de 3.676,98 m<sup>3</sup>/ha y para el sistema plantación en bloque es de 2.983,37 m<sup>3</sup>/ha.

De acuerdo al Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible En Colombia los páramos regulan el 70% de los ríos en sus cabeceras y aportan el 4% de la oferta hídrica, por lo que se

consideran ecosistemas estratégicos para la conservación, por lo que se deben plantear estrategias de restauración.

De acuerdo a cifras suministradas por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible la deforestación se ha venido incrementando, donde en el año 1990 el bosque cubría un 56,5% del territorio nacional, y para 2010 alcanzo un 51,4%, mostrando disminuciones importantes.

Los ecosistemas que más benefician la regulación hídrica son los páramos con un área aproximada de 14.000 km<sup>2</sup>, equivalente al 1.3% del territorio nacional; las zonas tropicales presentes el Caribe, los valles de los ríos Cauca y Magdalena, Santander, valle del Patía, Arauca y Vichada, y los bosques de niebla presente entre los 1500 y 3200 msnm, los cuales ocupan una pequeña área del país

El bosque seco tropical es uno de los ecosistemas más amenazados del país, pues este ecosistema cubría más de 9 millones de hectáreas, de las que solo quedan actualmente un 8%, Esto debido a que sus suelos fértiles han sido intervenidos para la producción agrícola y ganadera.

Ruiz, Acosta, y León (Ruíz et al, 2005, p, 2636) relacionan la escorrentía y la regulación hídrica. encontrando resultados analizados a través de tiempo de penetración de una gota de agua en el suelo, en donde se encontró que para ciprés es mayor a 1800 segundos, mientras que para el pátula es de 479,81 y para el roble es de 223,78 (Ruíz et al, 2005, p, 2643).

Se considera que la reforestación en las zonas de los páramos, con especies nativas como el frailejón puede reducir el nivel de escorrentía en un 16,5% anualmente

### **Recomendaciones.**

Los árboles y en general las zonas boscosas son de gran importancia para la vida humana por la cantidad de servicios ambientales que proveen, entre ellos la regulación hídrica, por ende, es necesario propiciar la protección de bosques y la reforestación.

Con el paso del tiempo el hombre a deforestado sin control, lo que ha ocasionado fenómenos de transformación del medio ambiente, evidenciando la necesidad de fomentar programas de educación ambiental y protección de los bosques, con el ánimo de recuperar zonas boscosas de gran importancia para el país.

El ministerio de medio ambiente tiene como una de sus metas y compromisos principales la restauración ambiental, por lo que se recomienda presentar proyectos con el ánimo de recuperar ecosistemas forestales principalmente en zonas de recarga de agua.

la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria UPRA (2016, p, 25) sostiene que en el territorio colombiano existen 24,8 millones de hectáreas aptas para el establecimiento forestal, lo que equivale al 12, 8% del total del país; 7.2 millones de hectáreas presentan una alta aptitud forestal de las cuales 4,3 millones tienen la mejor favorabilidad y otras 2,9 millones de hectáreas son aptas, por lo que se recomienda tomar en cuenta estas cifras y fomentar la reforestación con fines conservacionistas y de protección

Los árboles y en general las zonas boscosas son de gran importancia para la vida humana por la cantidad de servicios ambientales que proveen, entre ellos la regulación hídrica, por ende, es necesario propiciar la protección de bosques y la reforestación.

## Referencias Bibliográficas

Acosta, Ismael. Muñoz Jorge, Proyecto Forestal para la Cuenca del Río Chinchiná Departamento de Caldas (2005). Disponible en: <http://www.fao.org/forestry/12077-0e9dadce99f02474339f5e5c17abe1fc1.pdf>

Arroyave Vargas, Carmen Tulia; GIRALDO López Luis. Estudio del balance hídrico de la Beta y la cubero de piedras blancas en Antioquia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/113/11312102.pdf>

ASOCAM. Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización, 04. Programa regional para la Gestión social de Ecosistemas Forestales Andinos ECOBONA. Recuperado de: <http://www.asocam.org/biblioteca/files/original/b6a77b5786ffc08556b4861b514e76d6.pdf>

Benitez, Silvia; Lozano, Juan Sebastián; León, Jorge (2016) Usando Waterworld y RIOS para apoyar los Fondos de Agua en la cuenca del Río Daule, Ecuador. Disponible en: <http://www.policysupport.org/waterworld/example-applications/el-asesoramiento-al-fondo-del-agua-rio-daule-con-waterworld-y-rios>

Bergh, Giselle; Alvaro Promis *Conservación de los bosques nativos de Chile: Un análisis al Informe FAO sobre la Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales* (2011). Disponible en: [http://www.bosquenativo.cl/descargas/Revista\\_Bosque\\_Nativo/RBN\\_48\\_art\\_tec2web.pdf](http://www.bosquenativo.cl/descargas/Revista_Bosque_Nativo/RBN_48_art_tec2web.pdf)

Blanco-Libreros, Juan Felipe; Taborda-Marín, Alexander; Amortegui-Torres, Viviana; Arroyave-Rincón, Andrea; Sandoval, Alejandro; Estrada, Edgar Andrés; Leal-Flórez, Jenny; Vásquez

Arango, Jairo Guillermo; Vivas Narváez, Alberto Deforestación y sedimentación en los manglares del Golfo de Urabá. Síntesis de los impactos sobre la fauna macro béntica e íctica en el delta del río Turbo *Gestión y Ambiente*, vol. 16, núm. 2, agosto-, 2013, pp. 19-36 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1694/169428420002.pdf>

Calidad de agua, ¿Qué es la calidad de agua? 2010. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/612/calidad.pdf>

Cardona, G. El Régimen jurídico de las Aguas en Colombia, 2016. Disponible en <https://www.google.com.co/#q=Regulaci%C3%B3n+hidrica+en+Colombia++leyes+>

Chavarro Pinzón Mauricio, Corradi Chiara, García Guerrero Andrea, Lara Henao Wilson, Pereguine Lucia, Ulloa Cubillos Astrid. (2013) *Sembrando Bosques Opciones Frente al Cambio Climático Global. Mecanismo de desarrollo, Limpio y Forestal*. Disponible en: [https://www.unodc.org/documents/colombia/2013/Agosto/DA2013/2.\\_MDL-FORESTAL.2008.pdf](https://www.unodc.org/documents/colombia/2013/Agosto/DA2013/2._MDL-FORESTAL.2008.pdf)

Ciclo hidrológico. Escorrentía superficial. Disponible en: [http://www.ciclohidrologico.com/escorrenta\\_superficial](http://www.ciclohidrologico.com/escorrenta_superficial)

CONIF. Guía para plantaciones forestales comerciales Nariño. Serie de documentación No36 1998. Santa Fe de Bogotá, Colombia noviembre de 1998. CONIF, Corporación nacional de investigación y fomento forestal. Recuperado de: [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-7%20rev%201%20\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-7%20rev%201%20(F)%20s.pdf)

CONIF. Guía para plantaciones forestales comerciales Tolima. Serie de documentación 1998 No40. Santa Fe de Bogotá, Colombia noviembre de 1998. CONIF, Corporación nacional de investigación y fomento forestal. Recuperado de: [http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-11%20rev%201%20\(F\)%20s.pdf](http://www.itto.int/files/user/pdf/publications/PD39%2095/pd%2039-95-11%20rev%201%20(F)%20s.pdf)

Contraloría General De La Republica. Informe del estado de los recursos naturales y del ambiente 2011-2012 ISSN: 15356 Bogotá D.C. 2011. Colombia. Recuperado de: <http://www.contraloriagen.gov.co/documents/10136/76600464/Informe+Medio+Ambiente+2011+-+2012.pdf/7d20ceac-edda-43ae-b96c-3f8ce2e29f62>

Corrales Gómez, Jairo, Diosa Ramírez, Edinson, Domínguez Rodríguez, Carolina. “Análisis de los programas forestales implementados en la cuenca hidrográfica del río *Riofrio* departamento del valle del cauca” 2013. Disponible en: <http://ridum.umanizales.edu.co:8080/jspui/bitstream/6789/1259/1/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

DANE, IDEAM, MADS. Hacia una cuenta de Bosques para Colombia: Algunas consideraciones metodológicas y estimaciones preliminares de la cuenta de activos. Bogotá, D.C., 2015. Disponible en: [http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/PI\\_Hacia\\_una\\_cuenta\\_de\\_bosque\\_para\\_colombia.pdf](http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/PI_Hacia_una_cuenta_de_bosque_para_colombia.pdf)

Díaz-Granados Ortiz, Mario A.; Navarrete González, Juan D.; Suárez López, Tatiana. Páramos: Hidrosistemas Sensibles. 2005., p, 1. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-49932005000200008](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932005000200008)

De Salas Gonzalo & García Olmos, Carlos. (2000). Balance hídrico bajo tres coberturas vegetales contrastantes en la cuenca del río San Cristóbal Bogotá, pp.205-218. Disponible en: [http://www.accefyn.org.co/revista/Vol\\_24/91/205-218.pdf](http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_24/91/205-218.pdf)

FEDESARROLLO. Deforestación en Colombia: Retos y perspectivas. 2011. Disponible en: [http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/KAS-SOPLA\\_Deforestaci%C3%B3n-en-Colombia-retos-y-perspectivas.pdf](http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/KAS-SOPLA_Deforestaci%C3%B3n-en-Colombia-retos-y-perspectivas.pdf)

FAO. (2016) Estado actual de la información sobre recursos forestales y cambio en el uso de la tierra (instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - (IDEAM), consultores FAO). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/AD392S/AD392s10.htm>

FAO. 2016. VIII. Estado actual de la información sobre recursos forestales y cambio en el uso de la tierra (instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales - (IDEAM), consultores FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/006/ad392s/AD392s10.htm>

FERRÉR Montserrat, RODRÍGUEZ Joaquín y ESTRELA Teodoro. Generación automática del número de curva con sistemas de información geográfica. Disponible en: <http://www.ingenieriadelagua.com/2004/download/2-4%5Carticle3.pdf>

García C.F., Rey, A. & Medina J.C. Simulación de hidrogramas bajo bosques plantados de Cupressus Lusitánica Mill, Eucalyptus Globulus Labill y bosque Natural en la cuenca del río San Cristóbal Bogotá. Recuperado de: <https://www.google.com.co/search?q=SIMULACI%C3%93N+DE+HIDROGRAMAS+B AJO+BOSQUES+PLANTADOS+DE+Cupressus+lusitanica+Mill.%2C+62+Eucalyptus+g lobulus+Labill.+Y+BOSQUE+NATURAL+EN+LA+CUENCA+DEL+R%C3%8DO+SA>



N+CRIST% C3% 93BAL% 2C+BOGOT% C3% 81&oq=SIMULACI% C3% 93N+DE+HIDR  
 OGRAMAS+BAJO+BOSQUES+PLANTADOS+DE+Cupressus+lusitanica+Mill.% 2C+6  
 2+Eucalyptus+globulus+Labill.+Y+BOSQUE+NATURAL+EN+LA+CUENCA+DEL+R  
 % C3% 8DO+SAN+CRIST% C3% 93BAL% 2C+BOGOT% C3% 81&aqs=chrome..69i57.181  
 2j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8 link 1.

García Romero, Helena. Deforestación en Colombia: retos y perspectivas. FEDESARROLLO.  
 2011 Recuperado de: [http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/KAS-SOPLA\\_Deforestaci%C3%B3n-en-Colombia-retos-y-perspectivas.pdf](http://www.fedesarrollo.org.co/wp-content/uploads/2011/08/KAS-SOPLA_Deforestaci%C3%B3n-en-Colombia-retos-y-perspectivas.pdf)

Gaspari, Fernanda J.; SENISTERRA, Gabriela E.; MARLATS, Raúl M. Relación precipitación -  
 escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso del suelo. Cuenca modal  
 del sistema serrano de La Ventana, Argentina Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias,  
 vol. XXXIX, núm. 1, 2007, pp. 21-28 Universidad Nacional de Cuyo Mendoza, Argentina.  
 Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3828/382837653003.pdf>

GICAMH Grupo de investigación en calidad del agua y modelación hídrica. 2011 Disponible en:  
<http://www.udem.edu.co/index.php/2012-10-12-13-19-26/ingenieria-civil/grupo-de-investigacion-gicamh>

Giraldo López, Luis Gonzaga. Balance hídrico eh dos microcuencas de piedras blancas, Antioquia  
 y efecto de tres coberturas vegetales sobre la humedad del suelo, Universidad Nacional de  
 Colombia, 1992. Disponible en:  
[http://www.bdigital.unal.edu.co/8102/1/10214128.\\_1992\\_\\_Parte1.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/8102/1/10214128._1992__Parte1.pdf) o  
<http://www.bdigital.unal.edu.co/8102/>

Gómez Michel. Grupo de Investigación en Ingeniería de Recursos Hídricos y Suelos IREHISA, de la universidad del Valle 2015. Disponible en: [http://irehisa.univalle.edu.co/objetivos\\_irehisa.html](http://irehisa.univalle.edu.co/objetivos_irehisa.html)

González, J.J., Etter, A.A., SARMIENTO, A.H., ORREGO, S.A., RAMÍREZ, C., CABRERA, E., VARGAS, D., GALINDO, G., GARCÍA, M.C., ORDOÑEZ, M.F. 2011. Análisis de tendencias y patrones espaciales de deforestación en Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 64 p. Recuperado de: <http://www.ideam.gov.co/documents/13257/13817/Proyecciones.pdf/6cad956b-6b92-4320-a090-2000408a5765>

Grupo de restauración ecológica GREUNA Guías técnicas para la restauración de los ecosistemas en Colombia. Convenio de Asociación No. 22 entre Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN) 2012. Disponible en: [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenaci%C3%B3n-y-Manejo-de-Bosques/Anexo\\_8\\_Guias\\_Tecnicas\\_Restauracion\\_Ecologica\\_2.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Ordenaci%C3%B3n-y-Manejo-de-Bosques/Anexo_8_Guias_Tecnicas_Restauracion_Ecologica_2.pdf)

Hernández Sánchez Carlos Arturo, *Factibilidad de preservación de la microcuenca hidrográfica río chiquito a través de reforestación en la finca las manitas, de la vereda río chiquito, del municipio de Aguazul-Casanare* 2014. Disponible en: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2665/1/1116544216.pdf>

IDEAM, Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá, D. C. 496 páginas 2015. Disponible en: [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA\\_2014.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf)

IDEAM. Estudio nacional sobre el agua 2013. República de Colombia. Disponible en:  
[http://www.engr.colostate.edu/~neilg/ce\\_old/projects/Colombia/Colombia/cd1\\_files/spanish/12%20ena%20IDEAM%20study.pdf](http://www.engr.colostate.edu/~neilg/ce_old/projects/Colombia/Colombia/cd1_files/spanish/12%20ena%20IDEAM%20study.pdf)

IDEAM. Aumenta deforestación para Colombia en 2014. Sala de Prensa. Disponible en:  
[http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset\\_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/aumenta-deforestacion-en-colombia-para-2014](http://www.ideam.gov.co/web/sala-de-prensa/noticias/-/asset_publisher/96oXgZAhHrhJ/content/aumenta-deforestacion-en-colombia-para-2014)

IDEAM (2016) Capitulo uno circunstancias nacionales. República De Colombia Segunda Comunicación Nacional Ante La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático. Disponible en:  
<http://www.ideam.gov.co/documents/40860/219937/2%C2%AA+Comunicaci%C3%B3n+Cap%C3%ADtulo++1.pdf/e2643a5e-3994-4606-9d53-1b786d93b8de>

IIAP (2013) Plan Estratégico de la Macrocuena del Pacífico. Disponible en:  
<http://siatpc.iiap.org.co/docs/avances/pemp.pdf>

Lavaó Pastrana, Sergio Andrés. Aplicación de la teoría del número de curva (CN) a una cuenca de montaña. Caso de estudio: cuenca del río murca, mediante la utilización de sistemas de información geográfica. 2014. Universidad Militar Nueva Granada. Disponible en:  
<http://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/10654/13331/1/Trabajo%20de%20Grado%20Sergio%20Lavao.pdf>

León Peláez, Juan Diego; GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, María Isabel; GALLARDO LANCHO, Juan Fernando Distribución del Agua Lluvia en Tres Bosques Alto andinos de la Cordillera Central de Antioquia, Colombia Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, vol.

63, núm. 1, 2010, pp. 5319-5336 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1799/179914617010.pdf>

Lobo-Guerrero Uscátegu, Alberto (1993) Hidrología e Hidrogeología de la Región Pacífica Colombiana. Leyva, P. (ed) Colombia – Pacífico, Tomo I, Fondo para la Protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis”, FEN Colombia, Bogotá, pp 122-134. Disponible en:

<https://www.google.com.co/#q=Hidrolog%C3%ADa+e+Hidrogeolog%C3%ADa+de+la+Regi%C3%B3n+Pac%C3%ADfica+Colombiana+pdf>

Medina, Mayra Las cuencas hidrográficas internacionales: sistemas reservorio de agua dulce para la cooperación o el conflicto Sapiens. Revista Universitaria de Investigación, vol. 9, núm. 2, diciembre, 2008, pp. 153-165 Universidad Pedagógica Experimental Libertador Caracas, Venezuela. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/410/41011837009.pdf>

Manson, Robert H. Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México Madera y Bosques, vol. 10, núm. 1, pp. 3-20, 2014 Instituto de Ecología, A.C. Xalapa, México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/617/61710101.pdf>

Marín Villar, Camilo; Colombia estrena zonificación forestal. Revista mm. [En línea] [Fecha de consulta 11 de Julio de 2016] Recuperado de: [http://www.revista-mm.com/ediciones/rev87/forestal\\_upra.pdf](http://www.revista-mm.com/ediciones/rev87/forestal_upra.pdf)

Melo Vargas, Germán Ricardo, Turriago Ríos, Fabio Arbey, (2012) “*Evaluación de la eficiencia de la utilización de semillas de moringa oleífera como una alternativa de biorremediación en la purificación de aguas superficiales del caño cola de pato ubicado en el sector rural*”

*del municipio de acacias*” Disponible en:  
<http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/1428/1/TESIS%20DE%20GRADO-EFICIENCIA%20UTILIZACION%20DE%20SEMILLAS%20DE%20MORINGA%20-%20BIORREMEDIACION.pdf>

Ministerio de agricultura. Colombia: Potencial de reforestación comercial en Colombia. Diagnóstico 2015. Recuperado de:  
<https://vuf.minagricultura.gov.co/Documents/5.%20Estadisticas%20Sector%20Forestal/Potencial%20de%20Reforestacio%CC%81n%20Comercial%20en%20Colombia.pdf>

Ministerio de ambiente. V informe de biodiversidad de Colombia. Disponible en:  
<http://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/MedioAmbiente/undp-co-informe-biodiversidad-2014.pdf>

Ministerio de ambiente 2015 Plan nacional de restauración. Restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas. MINAMBIENTE, Todos por un nuevo país. Paz equidad y educación. Bogotá D.C. 2015. Recuperado de:  
[https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan\\_nacional\\_restauracion/PLAN\\_NACIONAL\\_DE\\_RESTAURACION\\_2015.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/PLAN_NACIONAL_DE_RESTAURACION_2015.pdf)

Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible. V informe nacional de biodiversidad de Colombia. Ante el convenio de diversidad biológica. Marzo de 2014. ISBN: Año 2014. Recuperado de:  
<http://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/MedioAmbiente/undp-co-informe-biodiversidad-2014.pdf>

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, Decreto 3930 de 2010. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Disponible en: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>

Moreno, J.; Dávila, A.; Giraldo, V.; Hernández, R.; Camacho, E.; Lozano, D.; López, O.; Acosta, I. La reforestación de Colombia, visión de futuro. FEDEMADERAS, Federación nacional de industriales de la madera. Recuperado de: <http://fedemaderas.org.co/admin/documentos/Libro-FEDEMADERAS-La-Reforestacion-en-Colombia-Vision-de-Futuro.pdf>

Programa de cooperación FAO/Banco Mundial Servicio de América Latina y el Caribe División del Centro de Inversiones, “Evaluación del Potencial de Consorcios para la Reforestación en la Sierra Peruana” 2007. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/012/k0379s/k0379s00.pdf>

Recharte Jorge (IM); Albán Luis (GPP); Arévalo Roberto (IM); Flores Enrique (GIP); Huerta Luis (CIDIAG); Orellana Miguel (CIDIAG); Oscanoa Luis (IM); Sánchez Pablo (ASPADERUC) (2002) EL GRUPO EN PÁRAMO/ JALCAS Y PUNAS DEL PERÚ. Disponible en: [http://www.condesan.org/memoria/paramos/ParamosyPunas\\_Peru\(24Agosto2002\).pdf](http://www.condesan.org/memoria/paramos/ParamosyPunas_Peru(24Agosto2002).pdf)

Roa Lobo, José; Kearney, Michael. Acumulación y dirección de la escorrentía superficial a través del método del Número de Curva (NC) y SIG en una vertiente urbana de la ciudad de Trujillo-Venezuela Revista Geográfica Venezolana, vol. 54, núm. 2, julio-diciembre, pp.

273-300, 2013. Universidad de los Andes Mérida, Venezuela. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/pdf/3477/347731126007.pdf>

Rodríguez Barrientos, Francisco CUENCAS HIDROGRÁFICAS, DESCENTRALIZACIÓN Y DESARROLLO REGIONAL PARTICIPATIVO InterSedes: Revista de las Sedes Regionales, vol. VII, núm. 12, 2006, pp. 113-125 Universidad de Costa Rica Ciudad Universitaria Carlos Monge Alfaro, Costa Rica. Disponible en:  
<http://www.redalyc.org/pdf/666/66612867008.pdf>

Roldan Pérez, Gabriel. Grupo de investigación limnología y recursos hídricos. 2010. disponible en: <http://www.uco.edu.co/investigacion/grupos/limnologia/paginas/default.aspx>

Ruiz Suescún, Oscar Andrés; ACOSTA JARAMILLO, Juan José; LEÓN PELÁEZ, Juan Diego. Escorrentía superficial en bosques montanos naturales y plantados de piedras blancas, Antioquia (Colombia) Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín, vol. 58, núm. 1, junio, 2005, pp. 2635-2649 Universidad Nacional de Colombia Medellín, Colombia. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/1799/179914238004.pdf>

SIAC (2015) Monitoreo de la Deforestación. Disponible en:  
<http://www.siac.gov.co/deforestacion.html>

Sánchez, Jairo; YANINE, David; MATILLA, Guillermo; TORO, Max; BARBOSA, César. Capítulo 8, usos del territorio en Colombia. Documentación del IDEAM. Recuperado de:  
<http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/000001/cap8.pdf>

Troyo Diéguez, Enrique; Mercado Mancera, Gustavo; Cruz Falcón, Arturo; Nieto Garibay, Alejandra; Valdez Cepeda, Ricardo D.; García Hernández, José Luis; Murillo Amador,

Bernardo. Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, noroeste de México Investigaciones Geográficas (Mx), núm. 85, pp. 66-81, 2014. Instituto de Geografía Distrito Federal, México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/569/56932735005.pdf>

Urquijo Reguera, Julia. Servicios y Beneficios Ambientales. ETSI Agrónomos. UPM. Disponible en: <ftp://ftp.fao.org/tc/tca/ESP/pdf/urquijo/BloqueII.8.pdf>

Vélez, María Victoria; BOTERO, Verónica; SALAZAR, Juan Fernando; GÓMEZ, Julián. Estimación de la recarga en una zona tropical mediante un modelo iterativo. 2016., p, 5. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/4440/1/EA3758.pdf>

Weber, Juan Francisco. Parámetros del modelo de infiltración de Horton obtenidos mediante el uso de un simulador de lluvia, Córdoba, Argentina Ambiente & Agua – An Interdisciplinary Journal of Applied Science, vol. 9, núm. 1, enero-marzo, pp. 161-172, 2014 Universidade de Taubaté, Brasil. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/928/92830124015.pdf>



## **Anexos**

## Anexo A: Regulación Hídrica (porcentaje fichas de estudio)

**Tabla A1. Regulación Hídrica - Porcentaje Fichas.**

INDICADOR	VARIABLES NECESARIAS	MÉTODOS O INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
Número de estudios encontrados	Herramientas para la regulación hídrica	<p>Modelos hidrológicos distribuidos. (ficha 35)</p> <p>Estrategia 1.7 del Plan Estratégico 2009-2015 (ficha 11)</p> <p>Estrategia 3.5 sobre “Especies migratorias, cuencas hidrográficas y humedales compartidos” (ficha 11)</p> <p>Pruebas de paralelismo sobre modelos lineales ajustados mediante análisis de regresión. (Ficha 36)</p> <p>Para la zonificación de los factores condicionantes se requirió de estudios de suelos de cartografía topográfica a escala 1:50.000; Para la densidad de drenaje, se utilizó procesamiento con SIG; El factor activador, erosividad de la precipitación, se calculó por medio del Índice de Fournier Modificado (IFM), determinando su magnitud y variación temporal; La herramienta utilizada para el desarrollo del estudio fue el SIG Idrisi Andes ®, desarrollado por Clark University, USA (Ficha 31)</p> <p>La Cobertura de la Tierra se evaluó a partir de la metodología de Dissmeyer y Foster; la erosión actual, potencial y del riesgo de erosión hídrica combinando el modelo paramétrico de Albaladejo y análisis espacial en un SIG. Para el cálculo del factor LS se aplicaron las ecuaciones de Wischmeier y Smith que corresponden con el método de la RUSLE (Ficha 30)</p>

		<p>Para el cálculo de la Huella Hídrica se aplicó la metodología estándar propuesta por el Water Foot print Netowor; (Ficha 20)</p> <p>Modelación del balance hídrico con el modelo AVSWAT 2000 integrado con un modelo de precipitación horizontal; la determinación de las subcuencas se basó en un Modelo Digital de Terreno, DEM, de 10 m de lado de pixel, generado a partir de información digital de curvas de nivel y redes de drenaje, y un DEM de menor resolución derivado de imágenes de satélite que cubre un área de 123.1 km<sup>2</sup>.(Ficha 29)</p> <p>Método de Penman-Monteith; análisis multimodelo es un método que permite evaluar la capacidad de los modelos de reflejar el comportamiento de la cuenca y de estimar la incertidumbre de la modelación; La ETP fue calculada con el método de Thornthwaite. (Ficha 32)</p> <p>Metodología Adaptativa de Planeamiento (Ficha 13)</p> <p>Modelo “Hydrologic Modeling”, de Arc Gis, que consiste en determinar todas las celdas que drenan a una en particular; para el análisis de la topografía se digitalizaron las curvas de nivel a 2,5 metros de equidistancia, utilizando el material cartográfico del Instituto Geográfico Militar; para realizar el estudio del relieve se efectuó un Modelo Digital del Terreno (DEM), creando una Red de Triangulación Irregular (TIN) con los datos de las curvas de nivel;(Ficha 14)</p> <p>Bajo cada cobertura de las cuencas escogidas se instalaron los dispositivos de medición al azar, siguiendo el criterio de una distribución equitativa.</p>
--	--	--

		<p>Para cada una se colocaron 8 pluviómetros, 4 parcelas de escorrentía, 8 collarines para medir el escurrimiento fustal, y 3 lisímetros para medir la infiltración a 25, 50 y hasta 75 cm de profundidad. Igualmente se instalaron pluviómetros a cielo abierto. A la salida de cada microcuenca se instaló una mira hidrométrica y un máxímetro. La evapotranspiración potencial se calculó utilizando la fórmula de Thornthwaite. (Ficha 17)</p> <p>Marco institucional y jurídico en Argentina. (Ficha 15)</p> <p>Metodología de valoración contingente TheKatoombaGroup (Ficha 16)</p> <p>Balance hídrico propuesto por Thornthwaite, con modificaciones, y el empleo de las fórmulas derivadas por Holdridge para el cálculo de la evapotranspiración potencial con base en la biotemperatura media mensual, por medio del cual es posible llegar a una aproximación más realista del balance hídrico durante el año promedio o para cualquier año o parte de año específico para el cual existen datos de temperatura y precipitación;</p> <p>Validación de resultados “procedimiento de contabilidad de aguas para efectuar el balance hídrico detallado según Holdridge” (Ficha 18)</p> <p>Las metodologías consisten en procesar resultados de escenarios de cambio en las variables climáticas provenientes de modelos de circulación regional (MCR): precipitación, temperatura, humedad relativa, etc. como entrada en modelos hidrológicos a diferentes escalas temporales; el efecto del cambio</p>
--	--	--

		<p>climático sobre la escorrentía media anual en el territorio colombiano se estimó con la metodología propuesta por Gardner, que utiliza el balance hídrico a largo plazo y las salidas para las variables precipitación y temperatura de los modelos climáticos regionales (MCR); Para evapotranspiración el método propuesto es el de Holland, que relaciona la ETP y la temperatura media anual..(Ficha 21)</p> <p>Como instrumento se utilizó un microsimulador de lluvia portátil diseñado y construido en el Laboratorio de Hidráulica, UTN-Facultad Córdoba. Este equipo, que es completamente desarmable y define una parcela de ensayo de 1 m<sup>2</sup>, permite generar lluvias de intensidades comprendidas entre los 65 y 120 mm/h (Ficha 24)</p>
<p>Número de leyes reguladoras de reforestación y a favor de recursos hídricos.</p>	<p>Nivel mundial.</p>	<p>Club de Roma en 1970.</p> <p>Conferencia de las Naciones Unidas de Estocolmo en 1972.</p> <p>Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)</p> <p>Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CMMAD), generara en 1987 la elaboración del Informe Bruntland, donde se daría el primer concepto formal de Desarrollo Sostenible.</p> <p>Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo o Cumbre de la Tierra celebrada en Rio de Janeiro en 1992, se buscan convenios internacionales para la protección del medio ambiente.</p>

		<p>Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo o Cumbre de la Tierra celebrada en Rio de Janeiro en 1992. Reunión de la que surge el documento Agenda 21, en el que se pone en marcha convenios internacionales como <i>la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y el Convenio sobre Diversidad Biológica</i>, así como acuerdos regionales sobre pesca y bosques.</p> <p>Convenio sobre el cambio climático y protección de bosques 1992.</p> <p>DECRETO 163-93 Ley de incentivos a la Forestación, Reforestación y a la Protección del Bosque.</p> <p>Convenio sobre la diversidad biológica de 1992.</p>
	<p>Nivel nacional</p> <p>Nivel local</p>	<p>La Ley 715 de 2002. (inversiones en el sector ambiental)</p> <p>La Ley 99 de 1993 creó el Ministerio del Medio Ambiente y organizó el Sistema Nacional Ambiental, SINA. De acuerdo con esta ley, el Ministerio del Ambiente es la instancia que puede fijar las pautas para el ordenamiento de las cuencas hidrográficas.</p> <p>Decreto 1277 organiza y establece el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).</p> <p>La Ley 70 de 1993, permite el acceso a la propiedad comunal de comunidades negras, en particular en la región del Pacífico.</p> <p>Ley 99 de 1993. Conservación y protección del recurso agua</p>

		<p>La Ley 99 de 1993, establece que el manejo ambiental en Colombia debe ser democrático, participativo y descentralizado.</p> <p>La Ley 141 de 1994, crea el Fondo Nacional de Regalías, por concepto de aprovechamiento de los recursos naturales.</p> <p>Mediante el Decreto 1729 de agosto de 2002 se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974 y parte del Artículo 5 de la Ley 99 de 1993 en lo relacionado con la ordenación de cuencas, la elaboración y ejecución de planes de manejo de cuencas así como la creación de los consejos de cuencas.</p> <p>Ley 2 de 1959. Reserva forestal y protección de suelos y agua.</p> <p>Decreto 1449 de 1977. Disposiciones sobre conservación y protección de aguas, bosques, fauna terrestre y acuática</p> <p>Decreto 1681 de 1978. Sobre recursos hidrobiológicos</p> <p>Decreto 2857 de 1981. Ordenación y protección de cuencas hidrográficas</p> <p>Mediante el Acuerdo 41 de 1983 se determinaron los métodos y procedimientos para el manejo de cuencas.</p> <p>Normatividad ambiental y sanitaria</p> <p>Decreto de Ley 2811 de 1974 (que se constituyó en uno de los primeros esfuerzos en Iberoamérica para expedir una normatividad integral sobre el medio ambiente).</p> <p>Decreto 2811 de 1974 Libro II, Parte VIII. De los bosques, de las áreas de reserva forestal, de los</p>
--	--	---

		<p>aprovechamientos forestales, de la reforestación. Art. 194. Ámbito de aplicación; Art. 195-199 Definiciones; Art. 196, 197, 200 y 241 Medidas de protección y conservación; Art. 202 a 205 Áreas forestales. Art. 206 a 210 Áreas de reserva forestal; Art. 211 a 224 Aprovechamiento forestal</p> <p>Documento CONPES 2834 de 1996. Política de bosques.</p> <p>Decreto 901 de 1997 se determina fijar una tarifa mínima por unidad de contaminación vertida, vigente para todo el país. Tasa Retributiva.</p>
<p>Número de prácticas humanas que afectan la reforestación y recursos hídricos.</p>	<p>Cultural. Social. Económica.</p>	<p>Generación de conciencia ciudadana.</p> <p>Planteamiento de programas de educación para conservación ambiental.</p> <p>Prácticas sociales. Individuales y grupales.</p> <p>Formación en valores ambientales.</p> <p>Creación del sentido de pertenencia con el medio que rodea a cada persona.</p> <p>Conocimiento de cultura ambiental.</p> <p>Conocimiento de prácticas destructivas.</p> <p>¿Qué recursos se están aplicando para el mantenimiento de los bosques?</p> <p>Programas de intervención social.</p> <p>Capacitaciones para la formación en prevención ambiental.</p> <p>Presupuesto que tiene el gobierno para la reforestación y el mantenimiento ambiental.</p>

Fuente: Esta Investigación