

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

1. **TÍTULO:** “ESTUDIO DE BALANCE HÍDRICO EN PLANTACIONES FORESTALES Y PASTURAS, SECTOR PREÑADILLAS, CANTÓN ESPEJO”
2. **AUTORA:** Erika Magaly Pule Mejía
3. **DIRECTOR:** Ing. Mario José Añazco Romero, Mgs.
4. **COMITÉ LECTOR:**  
Ing. For. Oscar Rosales  
Ing. For. Karla Dávila  
PhD. James Rodríguez
5. **AÑO:** 2016
6. **LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN:** SECTOR PREÑADILLAS, CANTÓN ESPEJO
7. **BENEFICIARIOS:** Población de Mira en la regulación del agua potable

## HOJA DE VIDA DE LA INVESTIGADORA



**APELLIDOS:** PULE MEJÍA

**NOMBRES:** ERIKA MAGALY

**C. CIUDADANIA:** 0401781992

**TELEFONO CELULAR:** 0985364605

**CORREO ELECTRÓNICO:** akire\_forestal@hotmail.com

**DIRECCIÓN:** Carchi – Mira – León Ruales y La Capilla

**AÑO:** 2016

## REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía:  
Fecha: 23 de Junio del 2016

FICAYA-UTN

**ERIKA MAGALY PULE MEJÍA:** “Estudio de balance hídrico en plantaciones forestales y pasturas, sector Preñadillas, Cantón Espejo” / TRABAJO DE TITULACIÓN. Ingeniera Forestal. Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Forestal Ibarra. 23 de Junio del 2016. 160 páginas.

**DIRECTOR: Ing. Mario Añazco, Mgs**

El objetivo principal de la presente investigación fue: Generar información hidrológica forestal en el acuífero de Preñadillas para la toma de decisiones a nivel del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mira. Entre los objetivos específicos se encuentra: Caracterizar los diferentes tipos de ecosistemas forestales que tienen influencia en el acuífero Preñadillas, Determinar el balance hídrico en cada uno de los ecosistemas forestales presentes en el acuífero, Determinar la calidad del agua por tipo de sistema natural y agroecosistemas y Diseñar una propuesta del manejo del acuífero en base a la información hidrológica forestal.

Fecha: 23 de Junio del 2016

.....  
Ing. Mario José Añazco Romero, Mgs  
Director de Trabajo de titulación

.....  
Erika Magaly Pule Mejía  
Autora

## **“ESTUDIO DE BALANCE HÍDRICO EN PLANTACIONES FORESTALES Y PASTURAS, SECTOR PREÑADILLAS, CANTÓN ESPEJO”**

Autora: Erika Magaly Pule Mejía  
Director de Trabajo de titulación: Ing. Mario José Añazco Romero  
Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales  
Carrera de Ingeniería Forestal  
Universidad Técnica del Norte  
Ibarra-Ecuador  
Alexa220592@gmail.com  
Teléfono: 0995989179

### **RESUMEN**

El estudio se realizó en dos zonas, la primera en una cobertura vegetal pasto en el sector de Chitacaspi y la segunda en la plantación forestal ubicada en Preñadillas, Se planteó como objetivo general "generar información hidrológica forestal en el acuífero de Preñadillas para la toma de decisiones del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Mira", como objetivos específicos se tuvo los siguientes: a) Caracterizar los diferentes tipos de ecosistemas forestales que tienen influencia en el acuífero de Preñadillas; b) Determinar el balance hídrico en cada uno de los ecosistemas forestales presentes en el acuífero; c) Determina la calidad de agua por tipo de sistema natural y agroecosistemas; d) Diseñar una propuesta del manejo del acuífero en base a la información hidrológica forestal. La metodología empleada consta de varios procedimientos de acuerdo a los objetivos propuestos, así para la elaboración del inventario florístico se utilizó la metodología de transectos, a fin de determinar el balance hídrico se empleó el software HYDRUS 1D, luego en el análisis de agua se siguieron las normas establecidas en el laboratorio correspondientes para el efecto y en la propuesta de manejo se aplicó el CIPP (Contexto, Insumo, Proceso, Producto). Entre los principales resultados se tiene que los niveles de infiltración del pasto son menores que en la plantación forestal debiéndose a la compactación del suelo, en cuanto a la humedad presenta mayores niveles de retención en el pasto, todo lo cual permite concluir que el tipo de cubierta vegetal conjuntamente con el manejo que recibe tiene influencia en la cantidad y calidad de agua disponible para el consumo humano. Los análisis microbiológicos del agua certifican que no existe presencia de *E coli* indicando que es apta para el consumo humano, pero tiene una alta incidencia de Sólidos Disueltos Totales indicando que las tuberías son obsoletas.

### **ABSTRACT**

The study was analyzed in two zones, the first one in vegetable covered grass in the sector of Chitacaspi and the second in a forest plantation located in Prenadillas. The general objective was to "generate hydrological forest information in the aquifer of Prenadillas to influence the decisions of the Municipality of the City of Mira." Specific objectives were a) Categorize the different types of forestal ecosystems that influence the aquifer of Prenadillas. B) Determine the hydric balance of each present ecosystem c) determine the quality of water either by a natural system or an agricultural ecosystem d) Design a proposal of the handling of the aquifer in basis of the hydrological forest information. The methodology implied was composed of myriad processes, each according to the different objectives. For instance, in the elaboration of the floristic inventory the transect methodology was implied, with the objective to determine the hydric balance using the software HYDRUS 1D. Furthermore, in the water analysis the established laboratory norms were followed and in the proposal of how to handle the aquifer the CIPP was applied. Among the results acquired, it was discovered that the levels of infiltrated grass are less than the forest plantation because of the ground compaction, as for the humidity it represents big levels of retention in the grass, which allows for the conclusion that this type of vegetable along with the handling it receives has great influence in the quantity and quality of the water available for human consumption. The microbiological analysis of the water certify that there is no presence of *E. Coli* making it qualified for human consumption, however, there is a high result of Dissolved Solids proving that the pipes are obsolete.

## 1.- INTRODUCCIÓN

La demanda de agua a nivel mundial va incrementando por el crecimiento demográfico, industrialización y producción del hombre, afectando la disponibilidad y calidad del agua. Según FAO (2010), Las aguas subterráneas abastecen de agua potable por lo menos al 50% de la población mundial y representan el 43% de toda el agua utilizada para el riego. En el planeta, 2 500 millones de personas dependen exclusivamente de los recursos de aguas subterráneas para satisfacer sus necesidades básicas diarias. UNESCO (2012)

El 8% de los bosques del mundo tiene como objetivo la conservación del suelo y agua desempeñando funciones protectoras, influye en el clima, protección de la erosión eólica, reducción de inundaciones, entre otros.

En el cantón de Espejo las plantaciones forestales ocupa un 0,03% de su superficie, y las que predominan son de *Eucalyptus sp.* Según datos de GAD Espejo (2015). Varios autores han destacado que las plantaciones forestales generan un desabastecimiento de las fuentes hídricas, pero aún no se conoce la funcionalidad de los árboles con el agua. Además del comportamiento hidrológico y regulación que desempeña este acuífero. Esta investigación se fundamenta en verificar la información recabada en campo como es la disponibilidad de agua subterránea, para establecer un control; la evaluación de la infiltración de lluvia con la precipitación mensual de la zona y los valores de filtración básica de los suelos y; la cobertura vegetal del suelo. La finalidad es interpretar cuál de los dos ecosistemas es idóneo para que el acuífero mantenga su afluente, con toda esta información mantener un ordenamiento territorial a fin de que exista estabilidad del recurso hídrico.

## 2.- PROCEDIMIENTO METODOLOGICO

### 2.1.- Ubicación del sitio de estudio

	SITIO 1	SITIO 2
PROVINCIA	Carchi	Carchi
CANTÓN	Espejo	Espejo
PARROQUIA	San Isidro	San Isidro
SITIO	Preñadillas	Chitacaspi
ALTITUD		
LONGITUD	-779833	
LATITUD	0.616667	
COORDENADA X	835683	10069190
COORDENADA Y	835491	10067765

La zona de vida es Bosque Siempre Montano Alto (MAE, 2014). Con temperatura promedio anual de 4,8 °C

### 2.2.- Inventario Florístico

La investigación se efectuó con la metodología de transectos de ..... en Preñadillas con un área de 500m<sup>2</sup> y del pasto de 50m<sup>2</sup>

### 2.3.-Balance hídrico

Se efectuó con el programa hidrológico HYDRUS 1D (Pc Progress, 2015) para simular el flujo de agua unidimensional. Este software utiliza la ecuación de Richards (1931) para simular la variable del suelo no saturado en función a la humedad:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial \left[ K(\theta) \left( D(\theta) \frac{\partial \theta}{\partial z} - 1 \right) \right]}{\partial z}$$

Las variables del modelo es la Precipitación, evapotranspiración potencial (Hargreaves y Samani 1985), análisis de suelo para determinar la clase textural y tensiómetro.

### 2.4.- Análisis de agua

Se realizó en tres diferentes sitios: captación, cloración y un domicilio al azar, determinando los parámetros de Ph, minerales disueltos en el agua, presencia de

coliformes fecales, entre otros que puedan alterar la calidad de agua para el consumo humano, basándose en las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS),

### 2.5.- Propuesta de manejo del acuífero

Par la elaboración se procedió a utilizar la metodología del CIPP (Contexto, Insumo, Proceso, Producto), empleada por los principales centros de investigación de América Latina, para formular propuestas estratégicas, para la gestión sostenible de los recursos naturales como es el agua.

## 3.- RESULTADOS

Los datos obtenidos en la etapa de germinación se los determinó a los 56 días de sembrada las semillas dando como resultado el 94,88% en semillas grandes y el 89,20 % en pequeñas.

### 3.1.- Inventario florístico

En los dos sitios de estudio se encontraron diferentes tipos de vegetaciones, en los cuales existen especies introducidas y nativas.

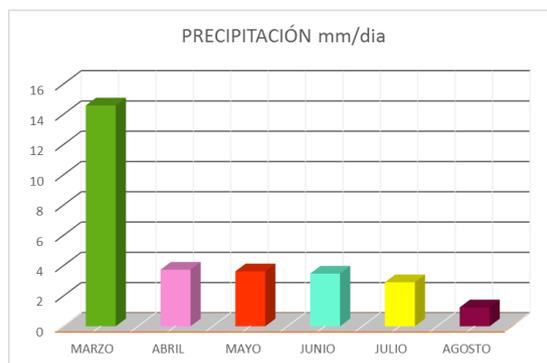
El área de investigación presenta una cobertura vegetal y bosque plantado de la especie arbórea introducida *Eucalyptus globulus*. Esta última presenta regeneración natural, especie nativa *Oreopanax ecudorensis*; además se registraron abundantes especies arbustivas, *Baccharis trinervis*. Dentro del inventario florístico se encontraron cuatro familias arbustivas y cinco familias herbáceas.

La especie introducida del sector Chitacaspi es *Pennisetum clandestinum* conocido como pasto o kikuyo que corresponde a un ecosistema herbáceo, útil para pastoreo de ganado de la zona.

### 3.2.- Balance hídrico

Se determinaron los siguientes factores:

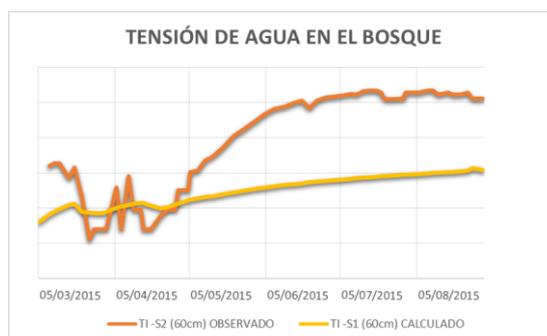
#### 3.2.1.- Precipitación



El pluviómetro ubicado en la plantación forestal registró datos de precipitación durante seis meses, desde marzo hasta agosto, con un total de 29,6mm de lluvias; sobresale el primer mes con 14,59mm, generándose precipitaciones intensas. Según INAMHI (2015), los días anteriores a estos temporales fueron soleados, lo que permitió que haya acumulación calórica y aumente la intensidad de lluvias.

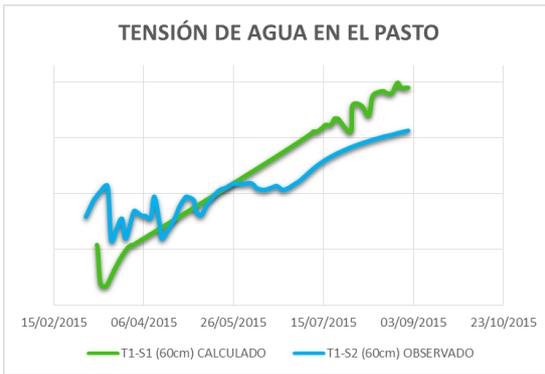
En lo que concierne a los meses de junio, julio y agosto, hubo decrecimiento de 25,8% del total porcentual, siendo este último mes el que menos precipitación registra con 1,25mm.

#### 3.2.1.- Tensión



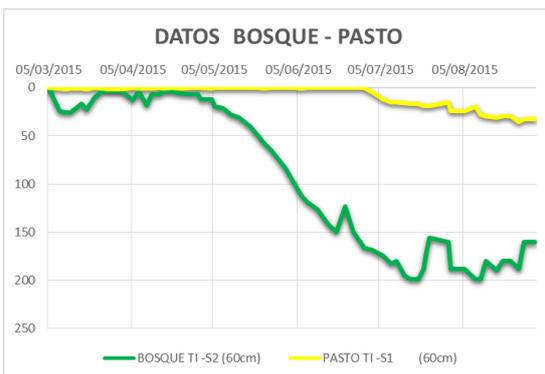
En la gráfica, los datos de los equipos registran una humedad del suelo de 5814 centibares (cb), manteniendo un rango de 0 - 90 cb en los meses de marzo, abril y mayo, siendo éstos los de mayor precipitación y para los meses secos, junio, julio y agosto, una infiltración menor de 160 - 199 cb.

La variable de lo calculado, T1-S1, sostiene un nivel estable en casi los seis meses con una disminución de infiltración para julio y agosto hasta convertirse en un suelo poco saturado.



La variable T1-S2, adquiere una inestabilidad a mediados de los seis meses (marzo-agosto), entre marzo-mayo se registró una infiltración mayor de 0 – 3cb, mientras que para los meses posteriores la humedad del suelo comienza a disminuir a partir de 5-34cb.

Sin embargo, los datos del modelo HYDRUS 1D parten de un suelo saturado que va desde 3 -16cb, por consecuencia, se entiende que el pasto cumple una función muy importante en la retención de agua.



En la plantación forestal en los meses marzo-mayo presenta un suelo que requiere riego para lograr la condición normal de humedad. Pero los meses siguientes hay un decrecimiento mayor de infiltración de agua que amenaza a la plantación.

El pasto presenta un comportamiento diferente al de la plantación forestal, se sostiene estable en la humedad por los cuatro primeros meses de estudio (marzo-junio). Los meses de julio y agosto no demuestran precipitaciones considerables, por tal razón, el suelo se seca.

#### Calibración del modelo hídrico

Se procedió a cambiar la tensión inicial del suelo y evapotranspiración hasta obtener una semejanza con lo medido en el campo, para lo cual se comprobó con criterios de eficiencia: coeficiente de determinación  $R_2$  e índice Nash Sutcliffe, se definen entre un

rango de 0 y 1, siendo uno un valor que existe correlación entre lo observado y lo calculado.

#### 3.2.2.- Parámetros morfométricos

La microcuenca de Chitacspi tiene un área de 466 ha, que corresponde a un tamaño grande por lo que tiene mayor capacidad de coleccionar agua, tiene una pendiente de 23,23%, densidad de drenaje es de 0,1 km/km<sup>2</sup>, de modo que esta microcuenca es escasamente drenada y con un cauce principal pequeño.

En cuanto a la microcuenca Preñadillas es oval redonda a oval oblonga, con un parámetro importante en el hidrograma de descarga. Existe un área de 843,19ha, se considera que es una cuenca grande, pero con un cauce principal de longitud pequeño.

#### 3.2.3.- Recarga hídrica

El estudio de Preñadillas y Chitacspi determinaron la zona de recarga hídrica, las mismas establecidas como microcuencas se dividieron en dos tipos de recarga; alta y media. Se encontró como recarga alta al cerro Iguan con una superficie de 76,3 ha, una altitud de 3400 – 3800 mnsnm, una litología de lavas y brechas volcánicas y suelo de textura arenosa. Según la profundidad se clasifica en suelo superficial, menos de 30 cm, suelo profundo 40 a 100cm de longitud y pendiente de 0-5, 5-12%.

#### 3.2.4.- Análisis de agua

Parámetros	Unidad	fuelle hídrica	Tanque La Tola	Vivienda
Color	Unidades de color	0	0	0
Potencial de hidrogeno	mg/l	6,50	7	6,78
Turbiedad	NTU	0,13	0,11	0,10
Conductividad	uS/cm	193,30	193,20	193,10
Solidos disueltos totales	mg/l	1000	100	100

El pH es un factor importante en la calidad del agua En las tres muestras no se encontró desequilibrio del potencial de hidrógeno. Los Solidos Disueltos Totales (SDT)

#### 4.- CONCLUSIONES

- Los ecosistemas que tienen influencia en el acuífero Preñadillas son: plantación de *Eucalyptus globulus* de ocho años con presencia de regeneración natural cuya función es de conservación de suelo; y el área de cubierta de pasto *Pennisetum clandestinum* donde se realiza pastoreo de ganado vacuno con presencia de suelo compactado.

- En la tensión del suelo del pasto tiene una humedad significativa y equilibrada en los seis meses de estudio, sin embargo en la plantación forestal en los meses lluviosos existe una humedad del suelo propia, pero en los meses secos el suelo se va secando paulatinamente hasta ser suelo insaturado.

- La calidad de agua del acuífero Preñadillas es buena en vista de que no presenta coliformes fecales, alteración de nitratos, sulfatos, pH, sólidos disueltos totales entre otros; por ende cumple con los estándares establecidos según las Normas INEN 1180 y de la Organización Mundial de la Salud.

- La propuesta diseñada para el manejo del acuífero está orientada a la participación de los actores locales tanto institucionales como a nivel de la ciudadanía, bajo el liderazgo del GAD Mira en alianza estratégica con el GAD Espejo, por cuanto se encuentra en su jurisdicción.

#### 5.- RECOMENDACIONES

- La plantación forestal debe convertirse en un área protegida para evitar así la intervención de la misma y que agentes contaminantes puedan disminuir la calidad del agua.

- El pasto por tener un suelo muy compactado se recomienda hacer lapsos de descanso para que crezca para alimentación del ganado.

- Mantenimiento del acuífero de Preñadillas para que no exista contaminación del agua.

- La aplicación de la propuesta del plan de manejo elaborada en el presente documento.

#### 6.- BIBLIOGRAFÍA

- FAO. (2002). *Estado de la diversidad biológica de los árboles de Honduras*. Obtenido de Estado de los recursos geéticos forestales: <http://www.fao.org/docrep/007/j0607s/j0607s03.htm>
- Aguirre Mendoza, Z. H. (2012). *Especies Forestales de los Bosques Secos*. Quito: Ministerio del Ambiente de Ecuador.
- Aguirre, Z., Peter Kvist, L., & Sánchez, O. (2006). Bosques secos en Ecuador y su diversidad. *Botánica Económica de los Andes Centrales*, 162-187.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements - FAO Irrigation and drainage paper 56*. Roma: FAO.
- Anaya Fernanadez, O. G. (2012). *Caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica Chinchao, Distrito de Chinchao, provincia Huanuco, Región Huanuco*. Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Añazco, M., Morales, M., Palacios, W., Vega, E., & Cuesta, A. (2010). *Sector Forestal Ecuatoriano: propuestas para una gestión forestal sostenible*. Quito: Serie Investigación y Sistematización No.8. Programa Regional ECOBONA-INTERCOOPERATION.
- Artinaid. (12 de abril de 2013). *Artinaid*. Obtenido de Acuífero: <http://www.artinaid.com/2013/04/que-es-un-acuifero/>
- Asamblea Constituyente. (2008). *Constitución del Ecuador*. Quito: Asamblea Nacional.
- Bahamondes, R. (2009). *Manejo de cuencas hidrográficas*. Temuco: INIA.
- Bracho Palacios, D. G. (junio de 2014). *Repositorio Digital UTN*. Obtenido de Facultad en Ciencias Agropecuarias y Ambientales: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4341>
- Brajos Ruiz, J. J. (s.f.). Aproximación al cálculo de la lluvia horizontal y a su incidencia en la recarga del sistema acuífero de Tenerife.
- Bravo, E. (2003). *Industria camaronera en Ecuador*. sn: Acción Ecológica.

- Burbano, F. (1989). *Notas de hidrología forestal*. Quito: Universidad Técnica Del Norte.
- Cadena Carrera, L. F. (8 de diciembre de 2010). *Repositorio Digital UTN*. Obtenido de Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales : <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/154>
- CARE; FORGAES. (sn de sn de 2013). *Agua y sociedad*. Obtenido de Manual de Manejo de Cuencas: [http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo%204/manual\\_manejo\\_de\\_cuencas\\_modulo\\_1%5B1%5D.pdf](http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo%204/manual_manejo_de_cuencas_modulo_1%5B1%5D.pdf)
- Carrica, J., & Lexow, C. (2004). Evaluación de la recarga natural al acuífero de la cuenca superior del arroyo Naposta Grande, provincia de Buenos Aires. *Asociación Geológica Argentina*, 3.
- Casco, M. J. (19 de 05 de 2008). *Nuestros animales*. Obtenido de La vida de los bosques nublados del Ecuador: <http://nuestrosanimalesenpeligro.blogspot.com/2008/05/la-vida-de-los-bosques-nublados-del.html>
- Ceron Quel, P. E., & Rodriguez Patiño, S. G. (24 de Noviembre de 2010). *Repositorio Digital UTN*. Obtenido de Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/119>
- Chiles Arévalo, G. V. (2015). *Repositorio Digital UTN*. Obtenido de "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA DE LAS JUNTAS ADMINISTRADORAS DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN MONTÚFAR PARA EL DISEÑO DE UN PLAN DE MEJORAMIENTO Y APROVECHAMIENTO ADECUADO": <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/4329>
- Clements, R., & Hagggar, J. (2011). *Technologies for Climate Change Adaptation - Agriculture*. Riso: UNEP.
- Conles, M., & Verzino, G. (2013). *Conservación de recursos Naturales Forestales Nativos de Argentina: El cultivo de plantas leñosas en vivero y a campo*. Argentina: Brujas.
- Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. (03 de 12 de 2013). *Junta de Andalucía*. Obtenido de Restauración hidrológico-forestal: <http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=1ce88dc3ad98a210VgnVCM2000000624e50aRCRD&vgnnextchannel=d142de0eb9dc5310VgnVCM2000000624e50aRCRD&rating=1>
- Coppus, R., Endara, L., Nonhebel, M., Mera, V., León - Yáñez, S., Mena Vásquez, P., . . . Hofstede, R. (2001). *El estado de salud de algunos páramos en el Ecuador*. Quito: Abya Yala.
- Cordero Dominguez, I. (2013). *Evaluación de la gestión territorial de la cuencas del río Paute, estrategias y líneas de acción para superarlas*. Cuenca: Univerisidad De Cuenca.
- Custodio, G. (29 de abril de 1998). *Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la valoración y la incertidumbre*. España: Boletín Geológico y Minero. Obtenido de No siempre sembrar más árboles significa tener más agua: <http://www.agenciadenoticias.unal.edu.co/ndetalle/articulo/no-siempre-sembrar-mas-arboles-significa-tener-mas-agua.html>
- Ecuador Forestal. (2007). *Planificación estratégica plantaciones forestales en el Ecuador*. Quito: CORPEI.
- El UNIVERSO. (miercoles de marzo de 2015). Segun INAMHI, fuertes lluvias podrían repetirse en el país. pág. 3.
- ETESA. (02 de Diciembre de 2009). *Empresa de Transmision Electrica*. Obtenido de Evapotranspiración Potencial: [http://www.hidromet.com.pa/balance\\_hidrico.php](http://www.hidromet.com.pa/balance_hidrico.php)
- FACSA. (4 de Abril de 2016). *FACSA ciclo integral del agua*. Obtenido de CALIDAD DEL AGUA: <http://www.facsa.com/el-agua/calidad/la-dureza-del-agua>
- FAO. (2003). *Ecología Forestal*. UNASYLVA, 40-80.
- FAO. (2007). *Evaluación xontínua de los bosque tropicales*. Obtenido de Conservación del ambiente en las cuencas hidrográficas: <http://www.fao.org/docrep/P8250S/p8250s02.htm>

- FAO. (2009). *Los bosques y el agua*. Roma: FAO.
- FAO. (2010). *Evaluación de recursos forestales mundiales 2010*. Roma: FAO.
- FAO. (2015). *Paquete de informe sobre los bosques 2015*. Quito: FAO.
- Faustino, J. (2006). Curso de Posgrado: "Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica". *CATIE* (pág. 113). San Salvador: SV, CATIE.
- García Coll, I., Martínez Otero, A., & Vidriales Chan, G. (01 de febrero de 2012). *Balance Hídrico de la cuenca del Río Pixquiac*. Obtenido de "DELIMITACIÓN DE ZONAS PRIORITARIAS Y EVALUACIÓN DE LOS MECANISMOS EXISTENTES PARA PAGO DE SERVICIOS AMBIENTALES HIDROLÓGICOS EN LA CUENCA DEL RÍO PIXQUIAC, VERACRUZ, MÉXICO: [http://fmcn.org/wp-content/uploads/2012/02/01\\_Anexo1\\_INFORME\\_BALANCE\\_HIDRICO1.pdf](http://fmcn.org/wp-content/uploads/2012/02/01_Anexo1_INFORME_BALANCE_HIDRICO1.pdf)
- García Olmos, C. F. (2007). Regulación hídrica bajo tres coberturas vegetales en la cuenca del Río San Cristóbal, Bogotá D.C. *UDISTRITAL*, 20.
- Generalitat de Catalunya. (17 de 03 de 2015). *Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca, Alimentación y Medio Natural*. Obtenido de Restauración Hidrológica forestal: [http://agricultura.gencat.cat/es/ambits/medi-natural/gestio-forestal/dar\\_obres\\_forestals/dar\\_restauracio\\_hidrolologica\\_forestal/](http://agricultura.gencat.cat/es/ambits/medi-natural/gestio-forestal/dar_obres_forestals/dar_restauracio_hidrolologica_forestal/)
- Giraldo, L. L. (1999). *Influencia de cinco especies forestales sobre la humedad del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- Gómez, S. (2009). *Modelo de cogestión adaptativa de cuencas hidrográficas subcuenca Aguas Calientes*. San Lucas: focuencas.
- González, J. M. (2013). Manejo de gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. *Primera mesa de trabajo sobre manejo y gestión integrada de cuencas hidrográficas* (pág. 23). Campiña de Quijos: GIZ.
- Gregory, K., & Walling, D. (1973). *Drainage basin form and process: Ageomorphological approach*. Londres- Inglaterra: Edgard Arnold.
- Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). *Reference crop evapotranspiration from temperature*. Michigan: American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Hesperian. (2011). *Guía comunitaria para la salud ambiental*. Español.
- IARNA. (22 de octubre de 2011). *INFOIARNA*. Obtenido de Ciclo Hidrológico: [http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/1\\_El\\_ciclo\\_hidrologico.pdf](http://www.infoiarna.org.gt/guateagua/subtemas/3/1_El_ciclo_hidrologico.pdf)
- Ibáñez Asensio, S., Moreno Ramón, H., & Gisbert Blanquer, J. (2004). *Morfología de cuencas hidrográficas*. Valencia: Departamento Producción vegetal de Valencia.
- INIAP. (18 de Septiembre de 2011). *Agronegocios*. Obtenido de Erosión del suelo - tecnologías de conservación: [http://agronegociosecuador.ning.com/notes/Erosi%C3%B3n\\_del\\_suelo\\_avanza\\_en\\_el\\_pa%C3%ADs\\_INIAP\\_genera\\_tecnolog%C3%ADas\\_de\\_conservaci%C3%B3n](http://agronegociosecuador.ning.com/notes/Erosi%C3%B3n_del_suelo_avanza_en_el_pa%C3%ADs_INIAP_genera_tecnolog%C3%ADas_de_conservaci%C3%B3n)
- Instituto Nacional de Bosques. (2003). *Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural*. Guatemala: INAB.
- Klohn, W., & Appelgren, B. (1999). Agua y agricultura. *CIDOB AFERS INTERNACIONALS*, 126.
- Little, C., Lara, A., McPhee, P., & Urrutia, R. (valdivia). Revealing the impact of forest exotic plantations on water yield in large scale watersheds in South Central Chile. *Journal hidrology*.
- Londoño Arango, C. H. (2001). *Cuencas hidrográficas: Bases conceptuales-caracterización-planificación-administración*. Tolima: Universidad de Tolima.
- Medina, G., & Mena, D. (2001). *Los páramos en el Ecuador*. Quito: Abya Yala.
- Mena Vásquez, P., & Hofstede, R. (2006). Los páramos ecuatorianos. *EcoCiencia*, 109.