

RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL CARRIZAL

RELATIONSHIP BETWEEN HYDROLOGICAL PROTECTION AND VEGETABLE COVERAGE OF THE CARRIZAL HYDROGRAPHIC SUB-BASIN

Lucas Loor Karen Leonela^{1*}

¹Carrera de Ingeniería Ambiental, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico El Limón, km 2.7, La Pastora. Calceta, Ecuador.

*Correo: karenll_10@hotmail.com

Resumen

Se determinó la relación entre la protección hidrológica y la cobertura vegetal de la subcuenca hidrográfica del Carrizal, mediante el cálculo del Índice de Protección Hidrológica (IPH). Para esto, se utilizó datos obtenidos de visitas de campo a 28 puntos de referencia procesados a través de programas informáticos como Excel y Sistemas de Información Geográfica. El número de puntos de referencia fue determinado a partir de los 15 usos de suelo, especificados para el área de estudio de acuerdo con el Sistema Nacional de Información (SNI), conociéndose por diferentes autores que, a mayor área por cobertura, mayor número de puntos. Para el cálculo del IPH, se analizaron las variables: estructura, densidad, interceptación de la precipitación, presencia de *mulch*, características especiales, tipo de vegetación y grado de intervención con escala de 1 a 3 en transectos radiados de 50 m, evaluadas cada 0,5 m. De acuerdo con el cálculo realizado, la subcuenca posee una superficie de 5945,55 ha., donde la cobertura vegetal de alta estabilidad hidrológica es la de 70% arboricultura tropical/30% bosque intervenido, con un IPH de 0,873. El pasto cultivado y vegetación arbustiva con IPH 0,381 equivale a baja, que es el índice más preocupante porque no favorece la retención hídrica, al contrario, la escorrentía y erosión del suelo serán de mayor proporción. En general, la protección hidrológica de la subcuenca del Carrizal es regular (IPH 0,590), por lo que será necesaria la aplicación de medidas de mitigación, como siembra de especies vegetales arbórea con gran frondosidad.

Palabras clave: Índice de protección hidrológica, ficha de observación, transectos radiados.

Abstract

The relationship between the hydrological protection and the vegetation cover of the Carrizal hydrographic sub-basin was determined by calculating the Hydrological Protection Index (IPH). To do this, data obtained from field visits are used to 28 reference points processed through computer programs such as Excel and Geographic Information Systems. The number of reference points determined determined from the 15 land uses, specified for the study area according to the National Information System (SNI), known to the various authors that a larger area by coverage, number of Points of the mayor. In order to calculate the HPI, the following variables were analyzed: structure, density, interception of precipitation, presence of mulch, special characteristics, type of vegetation and degree of intervention with scale of 1 to 3 in transects radiated of 50 m, 5m. According to the calculation, the sub-basin has an area of 5945.55 ha. Where the vegetation cover with high hydrological stability is 70% tropical arboriculture / 30% intervened forest, with an HPI of 0.873. Cultivated pasture and shrubby vegetation with IPH 0.381 is equivalent to low, which is the most worrying index because it does not favor water retention, as opposed to runoff and soil erosion.

In general, the hydrological protection of the Carrizal sub-basin is regular (IPH 0.590), which means that mitigation measures are needed, such as planting of tree species with great frondiness.

Keywords: Hydrologic Protection Index (HPI), observation sheet, radiated transects.

1. Introducción

A nivel mundial, la presencia de las plantas es la clave para el ciclo hidrológico en aspectos como almacenamiento del agua, liberación por evapotranspiración y condensación del rocío (Rosas *et al.*, 2005) y actualmente, aspectos como el uso descontrolado del suelo con fines económicos (Ludeña, 2011), el crecimiento de la población, la extensión de los asentamientos humanos y la industrialización provocan creciente contaminación en los factores físico-naturales más importantes (Beltrán y Jaramillo, 2007), ocasionando que las microcuencas abastecedoras de agua se encuentren en mal estado (Ludeña, 2011) generando en las últimas décadas un agravamiento de los problemas de erosión, crecidas e inundaciones (Ollero, 1997).

Uno de los principales problemas que soportan las poblaciones urbanas y rurales en el Ecuador, es la escasez de agua para consumo humano y riego (Piñeda, 2006) donde la pérdida de vegetación, especialmente nativa se ve agudizada por las prácticas agrícolas en pendientes fuertes y frecuente mal uso del suelo (Espinosa *et al.*, 2011). Para

poder tomar decisiones sobre el uso y aprovechamiento de los recursos naturales y el medio ambiente se necesita la generación de indicadores cuantitativos (Barsev, 2002). Con los valores de IPH se determinará el grado de resistencia que puede poseer un suelo a los efectos nocivos de la erosión hídrica (Gaspari y Bruno, 2003), y la aptitud de la vegetación para proveer un servicio hidrológico y según sea el grado de protección se determina si la vegetación necesita; conservación/recuperación, recuperación o recuperación/concienciación (Ludeña, 2011). El índice de protección hidrológica (IPH) es un coeficiente que permite determinar el grado de resistencia que puede tener un suelo a los efectos nocivos de la erosión causada por las gotas de agua de lluvia, para conocer el mayor o menor grado de protección e implícitamente de exposición al proceso erosivo o de deterioro, en función del tipo de cobertura y/o usos de la tierra presentes en la subcuenca (Romero y Ferreira, 2010; Vazquez y Zulaica, 2013). Además, la cobertura vegetal en las cuencas hidrográficas es de gran importancia pues ocasionan la dispersión de contaminantes en disolución, y en

consecuencia disminuyen el flujo total de escorrentía (Rodríguez *et al.*, 2004), siendo por tanto el IPH un factor crítico para delinear posibles escenarios de conservación (Salgado *et al.*, 2007) que permitan atenuar el escurrimiento superficial y en consecuencia la desaparición del horizonte superficial (Palavecino *et al.*, 2014) para asegurar un flujo de agua permanente a la economía y a la población beneficiaria (Delgado y William, 2015).

2. Metodología

Los datos analizados pertenecen de la subcuenca hidrográfica del río Carrizal que está comprendida entre las coordenadas $1^{\circ}4'15.04''S$, $79^{\circ}52'11.79''W$, y cubre un área de aproximadamente 131890,34 ha. Se encuentra asentada en la provincia de Manabí y limita al norte con las cuencas del Río Briceño y Río Jama al sur con las cuencas del Río Portoviejo y Río Guayas, al este con el océano pacífico, la cuenca del Estero Pajonal y al oeste con la cuenca del Río Guayas (MAE, 2009). La información fue procesada mediante análisis satelital georreferenciado en Sistemas de Información Geográfica y comprobación de campo en puntos muestrales de referencia.

2.1 Procedimiento

La información geográfica y satelital fue obtenida del Sistema Nacional de Información de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (disponibles al público en general en la base de datos del SIN) y de otras fuentes oficiales de información como el Instituto Geográfico Militar u otras fuentes oficiales, pues según el Acuerdo Ministerial N° 0089-2014 en su Resolución 003 los Gobiernos Autónomos Descentralizados deben utilizar esta información para sus proyectos de desarrollo. Se seleccionaron 28 puntos de muestro, con base en las unidades vegetales que posee la subcuenca (Romero y Ferreira, 2010) descrita por la plataforma de datos del Sistema Nacional de Información (Cuadro 1), el número de puntos para cada unidad fueron ubicados de acuerdo con la superficie que cubría cada unidad definida. Estos puntos fueron distribuidos de manera uniforme y al azar por la subcuenca en la cobertura vegetal que le corresponda, de acuerdo con las elevaciones y ubicación, de modo que fueran representativos de la totalidad del área analizada (Seguinot y Hernández, 2014).

Cuadro 1. Puntos de muestreo por uso de suelo

Cobertura vegetal	%	Área (ha)	Puntos
50% Bosque Intervenido - 50% Pasto Cultivado	0,25%	335,39	1
50% Cultivos de Ciclo Corto - 50% Pasto Cultivado	0,54%	731,78	1
50% Frutales - 50% Pasto Cultivado	21,28%	28667,01	2
70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos de Ciclo Corto	22,39%	30165,39	4
70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido	12,77%	17196,46	3
70% Arboricultura Tropical / 30% Pasto Cultivado	6,92%	9321,20	3
70% Bosque Intervenido / 30% Pasto Cultivado	1,33%	1785,41	1
70% Cultivos de Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	16,48%	22202,35	3
70% Pasto Cultivado / 30% Bosque Intervenido	0,61%	826,96	1
70% Pasto Cultivado / 30% Frutales	0,21%	280,74	1
Arboricultura Tropical	8,21%	11064,47	3
Bosque Natural	1,18%	1588,72	1
Cultivos de Ciclo Corto	1,32%	1778,94	2
Pasto Cultivado	3,69%	4965,42	1
Vegetación Arbustiva	0,73%	980,13	1
Cuerpos de agua	1,04%	1399,504	0

En base a los puntos seleccionados, se elaboraron parcelas compuestas por tres transeptos radiados de 50 m, ubicadas 120° una de otra (figura 1) donde se realizaron observaciones acerca de la cobertura cada 0,5 m en la ficha de observación (figura 2) (Romero y Ferreira, 2010).

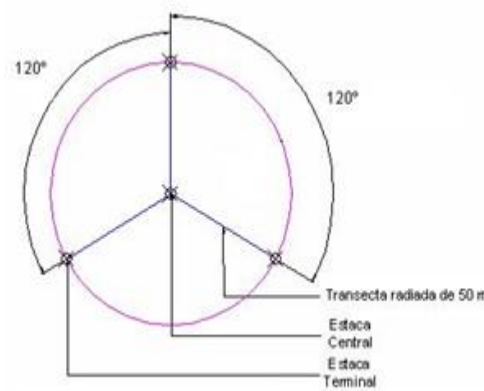


Figura 1. Parcela de IPH, con 3 transeptas radiadas (Romero y Ferreira, 2010)

Para la evaluación se asignaron valores a los tipos de cobertura vegetal, ajustados a una lista de chequeo para llegar a un valor de IPH con base en 7 criterios y 21 indicadores (Rojas, 2004).

Una vez determinado el IPH de la subcuenca, se procedió a la elaboración de mapas que mostraron de manera precisa y gráfica los datos obtenidos (Verstapteen, 1964), mediante la utilización de software de Sistemas de Información Geográfica y formatos establecidos en la normativa vigente. Los datos de IPH sirvieron posteriormente para determinar los grados de protección para cada tipo de cobertura, para lo que se utilizó el cuadro de referencia provista por Rojas (2004), (Cuadro 2).

Cuadro 2 Rangos de IPH para medir la aptitud de las áreas de importancia hidrológica dentro de la microcuenca.

Rangos iph	Importancia	Aptitud
0,00 – 0,20	Muy baja/nula	Recuperación/Regeneración
0,30 – 0,40	Baja	Recuperación
0,50 – 0,60	Media	Protección
0,70 – 0,80	Alta	Conservación
0,90 – 1,00	Muy alta	Conservación

En función de los resultados obtenidos, se buscaron alternativas para mejorar, mantener u optimizar las condiciones de protección vegetal encontradas en la subcuenca (Moreno, 2011).

FICHA DE OBSERVACIÓN

TEMA: RELACIÓN ENTRE LA PROTECCIÓN HIDROLÓGICA Y LA COBERTURA VEGETAL DE LA SUBCUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CARRIZAL

OBJETIVO: Determinar la cobertura vegetal existente en la subcuenca hidrográfica del río Carrizal.

PUNTO: _____ OBSERVACIÓN: _____
 USO DE: _____
 SUELO: _____
 COORDENADAS: _____
 X _____ Z _____
 Y _____

ESTRUCTURA	DENSIDAD	INTERCEPCIÓN DE VEGETACIÓN	MULCH
TRANSECTO 1	TRANSECTO 1	TRANSECTO 1	TRANSECTO 1
TRANSECTO 2	TRANSECTO 2	TRANSECTO 2	TRANSECTO 2
TRANSECTO 3	TRANSECTO 3	TRANSECTO 3	TRANSECTO 3

CARACTERÍSTICAS ESPECIALES	TIPO DE VEGETACIÓN	GRADO DE INTERVENCIÓN
TRANSECTO 1	TRANSECTO 1	TRANSECTO 1
TRANSECTO 2	TRANSECTO 2	TRANSECTO 2
TRANSECTO 3	TRANSECTO 3	TRANSECTO 3

FIRMA DEL RESPONSABLE _____

Figura.2. Formato de ficha de observación

3. Resultados y Discusión

Utilizando la ficha de observación se cuantificó la protección hidrológica de la cobertura vegetal (Umaña, 2002), en

base a la escala de 21 como máximo y aplicando una regla de tres simple (Beltrán y Jaramillo, 2007), se obtuvieron los datos de Índice de Protección Hidrológica (IPH) (Cuadro 3), que muestra, la suma de los valores asignados en cada transecto, el promedio por punto el IPH que le corresponde y el IPH por unidad de vegetación (IPH UV).

Cuadro 3. IPH por puntos de muestreo y Unidad de vegetación

Nº	Unidad de vegetación	Suma	Promedio	IPH	IPH UV
1	70% Pasto Cultivado / 30% Bosque Intervenido	36	12	0,571	0,571
2	Arboricultura Tropical	48	16	0,762	0,841
14	Arboricultura Tropical	58	19	0,905	
22	Arboricultura Tropical	55	18	0,857	0,873
3	70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido	51	17	0,810	
15	70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido	56	19	0,905	
26	70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido	58	19	0,905	0,444
4	70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	31	10	0,476	
8	70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	27	9	0,429	0,444
27	70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	27	9	0,429	
5	Pasto Cultivado	25	8	0,381	0,381
7	50% Cultivos De Ciclo Corto - 50% Pasto Cultivado	29	10	0,476	0,476
9	Vegetación Arbustiva	25	8	0,381	0,381
6	69 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	28	9	0,429	0,444
10	70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	24	8	0,381	
18	70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	37	12	0,571	0,643
24	70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	24	8	0,381	
11	70% Pasto Cultivado / 30% Frutales	47	16	0,762	0,762
12	70% Arboricultura Tropical / 30% Pasto Cultivado	46	15	0,714	0,587
20	70% Arboricultura Tropical / 30% Pasto Cultivado	35	12	0,571	
13	50% Frutales / 50% Pasto Cultivado	49	16	0,762	0,587
16	50% Frutales - 50% Pasto Cultivado	39	13	0,619	
17	50% Frutales - 50% Pasto Cultivado	24	8	0,381	0,857
19	Bosque Natural	54	18	0,857	
21	70% Bosque Intervenido / 30% Pasto Cultivado	37	12	0,571	0,571
23	Cultivos De Ciclo Corto	29	10	0,476	0,429
25	Cultivos De Ciclo Corto	24	8	0,381	
28	50% Bosque Intervenido - 50% Pasto Cultivado	50	17	0,810	0,810

De acuerdo con las unidades de vegetación con importancia hídrica moderadamente mala son la de Vegetación Arbustiva y Pasto Cultivado, con un valor de 0,381 y la de mayor valor (0,873) es la de 70% Arboicultura Tropical / 30% Bosque Intervenido con una protección hidrológica buena.

El Índice de Protección Hidrológico Total (Cuadro 4) se obtiene de la sumatoria de los IPP (producto de los IPH UV por el promedio de la superficie ocupada por cada unidad de vegetación) (Ferreira y Enzo, 2008).

Índice de Protección Hidrológica Parcial (Ferreira y Enzo, 2008)

$$IPP = IPH_{UV} \times \%UV \hat{\quad} \quad [1]$$

Índice de Protección Hidrológica (Ferreira y Enzo, 2008)

$$IPH = \sum \hat{\quad} IPP \hat{\quad} \quad [2]$$

Cuadro 4. Cálculo del IPP para Cada Unidad de Vegetación.

Unidad de vegetación	%	IPP
50%Bosque Intervenido - 50%Pasto Cultivado	0,25%	0,0020
50%Cultivos De Ciclo Corto - 50%Pasto Cultivado	0,54%	0,0026
50%Frutales - 50%Pasto Cultivado	21,28%	0,1251
70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	22,39%	0,0997
70%Arboicultura Tropical / 30%Bosque Intervenido	12,77%	0,1155
70%Arboicultura Tropical / 30%Pasto Cultivado	6,92%	0,0445
70%Bosque Intervenido / 30%Pasto Cultivado	1,33%	0,0076
70%Cultivos De Ciclo Corto / 30%Pasto Cultivado	16,48%	0,0733
70%Pasto Cultivado / 30%Bosque Intervenido	0,61%	0,0035
70%Pasto Cultivado / 30%Frutales	0,21%	0,0015
Arboicultura Tropical	8,21%	0,0691
Bosque Natural	1,18%	0,0101
Cultivos De Ciclo Corto	1,32%	0,0057
Pasto Cultivado	3,69%	0,0140
Vegetación Arbustiva	0,73%	0,0028
Cuerpos de Agua	1,04%	0,0065
Total General	100,00%	0,5897

De acuerdo con los cálculos realizados, el Índice de Protección Hidrológica de la subcuenca del Carrizal es de 0,59 (IPH=0,5897) lo que corresponde a un IPH regular (Gil, 1985), con una importancia media y la ubica en estado de Recuperación, donde es muy importante que se realicen acciones a través de un proceso de gestión que permita obtener beneficios en el aspecto productivo y ambiental, que pueden ser a través de prácticas agroecológicas y silvopastoriles (Bermeo, 2006). De acuerdo con la escala propuesta por Bermeo (2006) adaptados de Urbina (1987) y Henao (1998) las zonas con aptitud para recuperación se encuentran descritas en el cuadro 5.

Cuadro 5 Aptitud Hidrológica de las unidades de vegetación de la subcuenca del río Chone.

Unidad de vegetación	IPH	Aptitud
Pasto Cultivado	0,381	Recuperación
Vegetación Arbustiva	0,381	Recuperación
Cultivos De Ciclo Corto	0,429	Recuperación
70% Cultivos De Ciclo Corto / 30% Pasto Cultivado	0,444	Recuperación
70 % Pasto Cultivado / 30% Cultivos De Ciclo Corto	0,451	Recuperación
50% Cultivos De Ciclo Corto - 50% Pasto Cultivado	0,476	Recuperación

Estas unidades de vegetación corresponden al 45,15% de la superficie de la subcuenca por lo que es de vital importancia la aplicación de medidas que permitan la mejora de las

condiciones de protección hidrológica de la cobertura vegetal. De este porcentaje, aproximadamente el 50% corresponde a pastos, que, si bien en un principio dieron buenos rendimientos, como producto de la gran cantidad de materia orgánica que había disponible en el suelo gracias a la acumulación de la materia vegetal aportada por el bosque; a medida que se usaban los suelos las lluvias lavaron la fertilidad natural. Después de que los rendimientos de los cultivos descendieron significativamente, se optó por la ganadería (Castaño, 2007), y zonas dedicadas a la ganadería sobre todo cuando esta se desarrolla en áreas de pendiente, ya que a medida que la pendiente se incrementa los riesgos de erosión sigue la misma tendencia (Arce, 2004).

Gillespie, Miller y Johnson citados por Coral (2015) comprobaron que la vegetación rastrera (herbácea) no interfiere en el crecimiento y sobrevivencia de los árboles y, por lo tanto, se pueden usar sistemas combinados de vegetación como arbórea, arbustiva, herbácea para el aumento de la eficiencia (Silva, 2003).

En las zonas con presencia de pasto cultivados debe existir un equilibrio adecuado entre la cantidad de vegetación a ser consumida por el ganado y la que sirva para proteger el suelo y no permitir el sobrepastoreo (Arroyave, 2002), además, este tipo de vegetación debe realizarse en asociación con especies adaptables de la zona (Vega, 2011), permitir la producción ocasional de semillas y la propagación de vástagos rastreros o estolones y en mezcla con gramíneas y leguminosas, (Arroyave, 2002). Otra práctica es aplicar una labranza conservacionista (siembra directa o labranza cero) en conjunto con rastrojos de la zona, para el fortalecimiento de las texturas y estructuras de sus suelos, en procura de mejorar su resistencia tanto a los agentes erosivos como el viento y el agua (Jaramillo, 2015).

En base a este aumento de áreas destinadas a ganadería se han propuesto diferentes alternativas que fomentan la inserción de árboles en potreros, cercas vivas, pasturas mejoradas, bancos forrajeros, entre otras prácticas para conservación o regeneración de bosques (Ibrahim *et al.*, 2007). La incorporación de leñosas

perennes (árboles y bustos) en los sistemas ganaderos tradicionales, permite incrementar la fertilidad del suelo, mejorar su estructura y disminuir los procesos de erosión (Salas, 2011).

Bajo un manto herbáceo denso se consigue disminuir significativamente la erosión, las pérdidas de suelo y mejorar el aprovechamiento de las lluvias; estas acciones pueden ser favorecidas con la implantación de prácticas mecánicas de conservación de suelos y aguas como acequia, canales de desviación, subsolados, zanjas de drenaje, entre otros. Además, la siembra en dirección transversal al sentido de la pendiente o en curvas de nivel siguiendo el contorno del terreno, constituye una buena práctica conservacionista de los suelos (Arroyave, 2002).

Conclusiones

En la subcuenca hidrográfica del río Carrizal existen actualmente 15 tipos de cobertura vegetal de acuerdo con la información existente en el Sistema Nacional de Información. Siendo 70% Pasto Cultivado / 30% Cultivos de Ciclo Corto (IPH 0,444), 70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido (IPH 0,873), 70% Arboricultura Tropical / 30%

Pasto Cultivado (IPH 0,643), y Arboricultura Tropical (0,841) los más predominantes.

La protección hidrológica de la vegetación de la subcuenca hidrográfica del río Carrizal es de 0,59 (IPH=0,5897) lo que corresponde a un IPH regular. Siendo la más preocupante aquellas coberturas con importancia hídrica moderadamente mala (Vegetación Arbustiva y Pasto Cultivado), con un valor de 0,381 y la de mayor valor (0,873) de 70% Arboricultura Tropical / 30% Bosque Intervenido con una protección hidrológica buena. Ambas requieren necesariamente la implementación de medidas de recuperación.

En la subcuenca del río Carrizal, aproximadamente el 45,15% de la superficie de la subcuenca tienen aptitud para recuperación, por lo que necesitan medidas que permitan la mejora de las condiciones de protección hidrológica de la cobertura vegetal. Estas medidas comprenden en su mayoría la implementación de diferentes tipos de vegetación (arbórea, arbustiva, herbácea) y la utilización de prácticas agroecológicas y silvopastoriles.

Referencias bibliográficas

- Arce, R. (2004). *Resumen diagnóstico cuenca reventazón*. UNICEF.
- Arroyave, J. (2002). *Prácticas adecuadas para la conservación de suelos y agua en terrenos de laderas en Manabí, Ecuador*. INIAP.
- Barsev, R. (2002). *Guía Metodológica de Valoración de Bienes y Servicios e Impactos Ambientales*. Managua.
- Beltrán, E. y Jaramillo, J. A. (2007). *Valoración económica ambiental del recurso hídrico y diseño de una propuesta para pago por servicio hídrico en la Microcuenca Shucos del cantón Loja*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Bermeo, D. (2006). *Valoración económica-ecológica de la oferta y demanda hídrica de la cobertura vegetal protectora en la microcuenca Chorrera-Tinajones*. (Tesis de posgrado). ESPOL, Quito.
- Castaño, Y. (2007). Y se crían con grande vicio y abundancia. En: La actividad pecuaria en la provincia de Antioquia, siglo XVII. *Fronteras de la historia*, 12. 267-300.
- Coral, A. (2015). *Planeamiento y análisis integral del paisaje de la "cuenca hidrográfica del río Buenavista" provincia de Manabí-Ecuador para la implementación de políticas de incentivos a la restauración de ecosistemas con fines de conservación Programa Socio Bosque*. UNESP.
- Delgado, M., y William, G. (2015). Gestión y valor económico del recurso hídrico. *Revista Finanzas y Política Económica*, 7(2), 279-298.
- Ferreira, S. y Enzo, R. (2008). *Índices de protección hidrológica y diversidad de la vegetación en la Cuenca del río Potrero*. Provincia de Salta. UNSA.
- Espinosa, M., Andrade, E., Rivera, P. y Romero, A. (2011). Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de tamaulipas, México. *Papeles de Geografía*, 53-54.
- Gaspari, F. y Bruno, J. (2003). Diagnóstico de degradación ambiental por erosión hídrica en la cuenca del arroyo Napostá Grande. *Ecología Austral*, 13, 109-120.
- Gil, M. (1985). *Determinación del índice de protección hidrológica de la cuenca del río Vaquero*. Salta-Argentina.
- Henao, J. (1998). *Introducción al manejo de Cuencas Hidrográficas*. Santa fé de Bogotá: Universidad de Santo Tomas. División de Universidad Abierta y a Distancia.
- Ibrahim, M., Chacón, M.; Cuartas, C.; Naranjo, J.; Ponce, G. y Vega, J. (2007). Almacenamiento de carbono en el suelo y la biomasa

- arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 45, 10.
- Jaramillo, J. (2015). *Estudio del riesgo por erosión hídrica del suelo utilizando el modelo USLE, mediante herramientas SIG. aplicado en la suncuenca río Portoviejo, provincia de Manabí*. (Tesis de posgrado). Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Ludeña, B. (2011). *Valoración Económica-Ambiental del recurso hídrico para Catamayo, Loja*. (Tesis de grado). Universidad del Azuay, Cuenca.
- MAE (Ministerio del Ambiente Ecuador). (2009). *Estudio de vulnerabilidad actual a los riesgos climáticos en el sector de los recursos hídricos en las cuencas de los ríos Paute, Jubones, Catamayo, Chone, Portoviejo y Babahoyo*. MAE.
- Moreno, C. (2011). *Redacción y presentación de informes técnicos*.
- Ollero, A. (1997). Crecidas e inundaciones como riesgo hidrológico. *Lurralde: investigación y espacio*, 20, 261-283.
- Palavecino, J., Kozarik, J., Guerrero, J., Eibl, B. y Valdez, P. (2014). *Clasificación hidrológica forestal de la cuenca del Arroyo Pati cua. Medellín*, Sociedad Latinoamericana en Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial Capítulo Colombia.
- Piñeda, C. (2006). *Valoración económica ambiental de la oferta y la demanda del recurso hídrico del bosque protector cubilan en la Microcuenca Aguilan*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Rengifo, J. (2009). *Guía de realización de un informe técnico*. Sartenajas.
- Rodríguez, A. Ordóñez, R. y González, E., (2004). *Agricultura de Conservación en cultivos leñosos (olivar): cubiertas vegetales. Cualidades y tipos principales. Técnicas de Agricultura de Conservación*. Mundi-Prensa.
- Rojas, J., (2004). *Valoración Económica del Servicio Ambiental Hídrico y su aplicación en el ajuste de tarifas: en el caso de Quilanga*. Quilanga.
- Romero, E. y Ferreira, S. (2010). Índices de Protección Hidrológica de la Vegetación en la Cuenca del río Potrero (Provincia de Salta). *Ciencia*, 49-60.
- Rosas, I., Ortiz, G., Nava, Y. y Larqué, A. (2005). *La percepción sobre la conservación de la cobertura vegetal*. INE.
- Salas, C. A. (2011). *Comportamiento hidrológico y erosivo en usos de suelo prioritarios de la campiña lechera en Santa Cruz, Turrialba, Costa Rica, Turrialba, Costa Rica*.

- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. *Caribe, España y Portugal*, 25(3), 543-556.
- Salgado, S. Betancourt, F. y Cuesta, F. (2007). *Caracterización de la cobertura vegetal y uso del suelo en la cuenca alta del río Mazar, Provincia Cañar, Ecuador*. EcoCiencia .
- Seguinot, J. y Hernández, R. (2014). *Metodología para el diseño de muestreo socio-ambiental en la cuenca del río Piedras: San Juan, Puerto Rico*. <http://sanjuanultra.org/files/2012/05/Seguinot-metodo-GIS-sampling-Rio-piedras.pdf>
- Silva, R. (2003). Estimativa de largura de faixa vegetativa para zonas ripárias: uma revisão. Alfredo Wagner/SC, s.n., pp. 74-86.
- Umaña, E. (2002). Biblioteca Virtual de Desarrollo Sostenible y Salud Ambiental. <http://www.bvsde.paho.org/bvsade/fulltext/cuencas.pdf>
- Urbina, C. (1987). *Manejo de cuencas hidrográficas*. CIAF.
- Vega, G. (2011). *Buenas prácticas de manejo de recursos naturales y fortalecimiento institucional para la reducción de riesgos y desastres en el contexto del cambio climático*. FAO.
- Vazquez, P. y Zulaica, R. (2013). Intencifcación agrícola y pérdida de servicios ambientales en el partido de Azul (Provincia de Buenos Aires). *Red de Revistas Científicas de América Latina y el*