

Dinámica hidrológica de las aguas superficiales en la microcuenca río Pire, usando Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

Hydrological dynamics of surface waters in the Pire River microbasin, using Soil and Water Assessment Tool (SWAT)

Liseth Carolina Blandón¹
lizzblandon@gmail.com

Recibido: 23 de mayo de 2019, **Aceptado:** 29 de agosto de 2019

RESUMEN

La microcuenca río Pire está ubicada en el corredor seco Centroamericano, pertenece a una de las doce subcuencas del municipio de Condega. El área en estudio tiene una extensión de 109 km² y alberga alrededor de 8,900 habitantes; considerándose la más densamente poblada del municipio. El 70% del territorio en la microcuenca tiene vocación forestal y el 30% restante corresponde a agropecuario. En el año 2015, el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) muestra que tacotales representan el 50% total del territorio, pastizales (37.6%), cultivo anual (7.43%), bosque latifoliado (4.7%) y centro poblado (0.27%), mostrando que los suelos no se están aprovechando acorde a su vocación. Para evaluar la influencia del uso de suelo en la dinámica hidrológica de las aguas superficiales, se utilizó la herramienta de evaluación agua y suelo (SWAT); desarrollado y probado por la ARS (USDA, Agricultura Research Service) para la simulación y predicción hidrológica de los procesos relacionados con suelo; se obtuvo 55 unidades de respuesta hidrológica (HURs) sobre las cuales se estimó la producción hídrica, sedimentos, escorrentía. Las HURs de mayor generación de sedimentos y escorrentía se ubican en suelos Ultisol cubierto por tacotales/pasto en pendientes mayores a 500 metros.

Palabras claves: SWAT; sedimentos; escorrentía; uso de suelo.

ABSTRACT

The Pire river microbasin is located in the Central American dry corridor, belonging to one of the twelve subbasins of the municipality of Condega. The area under study has an area of 109 km² and houses about 8,900 inhabitants; it is considered as the most densely populated area in the municipality. 70% of the territory in the micro-basin has a forest vocation and the remaining 30% corresponds to agriculture. In 2015, the Nicaraguan Institute for Territorial Studies (INETER) shows that thickets represent 50% of the total territory, grasslands (37.6%), annual cultivation (7.43%), latifoliolate forest (4.7%) and populated center (0.27%), showing that the soils are not being used according to their vocation. To assess the influence of land use on surface water hydrological dynamics, the water and soil assessment tool (SWAT) was used; developed and tested by the ARS (USDA) for hydrological simulation and prediction of soil-related processes; 55 hydrological response units (HURs) were obtained on which water production, sediments, overflow were estimated. The highest generation HURs of sediments and overflow are located in Ultisol soils covered by thickets on slopes greater than 500 meters.

Keywords: SWAT; sediments; runoff; land use.

¹ Docente del departamento de Geografía, UNAN-Managua. <https://orcid.org/0000-0003-4125-0332>

© 2019 - Revista Científica de FAREM-Estelí.



INTRODUCCIÓN

La sequía en el municipio de Condega crea condiciones difíciles para el desarrollo de actividades agropecuarias. Los habitantes de la zona están afectados gravemente por agudos desajustes económicos, sociales y severos problemas ambientales. Actualmente la deforestación y uso inadecuado del suelo, constituyen una de las principales causas de los problemas socio ambientales que enfrentan los habitantes de la microcuenca río Pire. La magnitud de los efectos es sensible a las características del suelo, la topografía y el clima del territorio, pero los efectos son más visibles en la población rural, los cuales se expresan en mayores índices de pobreza. (AMUNSE, 2010).

Desde hace décadas, la erosión del suelo se percibe como uno de los problemas ambientales más importantes del mundo, sobre todo en regiones de climas estacionalmente contrastados y sometidos a fuerte presión humana. (López Bermúdez, 2002). Este proceso natural puede verse fuertemente acelerado por cambios en el uso del suelo, representando un importante riesgo para la sostenibilidad a largo plazo de la agricultura y ecosistemas en los que se desarrolla (García Ruiz y López Bermúdez, 2009). Citado por (Navas, 2012). Es por ello la importancia de cuantificar la erosión a diferentes escalas y periodos de tiempo. El cambio de uso en el suelo, genera aumento de los caudales fluviales que desplaza y transporta hacia los recursos hídricos diversos compuestos presentes en el suelo, plaguicidas, pesticidas y agentes patógenos. En Nicaragua muchas de las tierras de pastoreo se encuentran en áreas secas susceptibles al déficit hídrico, ejemplo de ello es la Microcuenca Río Pire; toda disminución en calidad posterior de los recursos hídricos afectará en gran medida la disponibilidad de agua para pastoreo, lo que implica un impacto sobre la productividad de los territorios. Lo anterior muestra una necesidad de obtener información sobre la dinámica hidrológica en la microcuenca, del río Pire

El objetivo primordial de este trabajo, es mostrar la aplicabilidad de SWAT en cuencas no instrumentadas en Nicaragua que permitan cuantificar numérica, espacial y temporal las variables hidrológicas (caudal,

escorrentía y sedimentos) y sobre los resultados establecer recomendaciones que contribuyan a mejorar el manejo de las cuencas, sobre todo las ubicadas en el corredor seco de Nicaragua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de investigación

La investigación se considera analítica aplicada, tomando en cuenta que para la modelación hidrológica en la microcuenca río Pire, se utilizó "Soil and Water Assessment Tool, (SWAT); que permitió estimar el impacto del uso de suelo en la generación de sedimentos, escorrentía y caudales en las 55 unidades de respuesta hidrológica (HURs).

Fuentes y técnicas de recopilación de datos

Se utilizó base de datos climáticos de 10 años (2005 hasta el 2016), provenientes de tres estaciones meteorológicas y uso de suelo año 2015, todo suministrado por el Instituto de Estudio Territoriales (INETER). En lo que respecta al tipo de suelo y la caracterización por horizontes se obtuvo de un levantamiento edáfico realizado por la Universidad Nacional Agraria (UNA). Se revisó, homogenizó toda la información y se tabularon de acuerdo a la metodología propuesta por SWAT.

Las variables climáticas integradas al modelo fueron: Precipitación, Humedad, Radiación solar, Viento, Temperatura, Punto de Rocío, al igual se requirieron 16 parámetros físicos y químicos de suelo, de los cuales 10 son específicos por estrato; Clase textural, profundidad, horizonte porcentaje de arena, limo, arcilla, tipo de suelo y taxonomía. Se revisó, homogenizó toda la información y se tabularon de acuerdo a la metodología propuesta por SWAT. Posterior se ejecutó el modelo utilizando la plataforma de ArcGis 10.2

De forma general, la modelación consistió de los siguientes pasos:

- Delineación de la subcuenca
- Adaptación de parámetros tanto de la cobertura y de los grupos de suelo.

- Adaptación de los archivos de Precipitación, Humedad, Radiación solar, Viento, Temperatura, Punto de Rocío.
- Generación de archivos de entrada.
- Ejecución del Modelo SWAT.
- Resultados de la modelación

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Delimitación de Unidades de respuesta hidrológica (HRUs), cobertura de suelo año 2015

Se ha establecido que los impactos observables se dan en cuencas con tamaños entre los 0.1 a 100 km² (FAO, 2005), tomando en cuenta esto, la microcuenca se dividió en 55 unidades de respuestas hidrológicas (HRUs) (Figura 1) sobre las cuales se ha estimado el balance hídrico, producción de sedimentos, caudales y escorrentía.

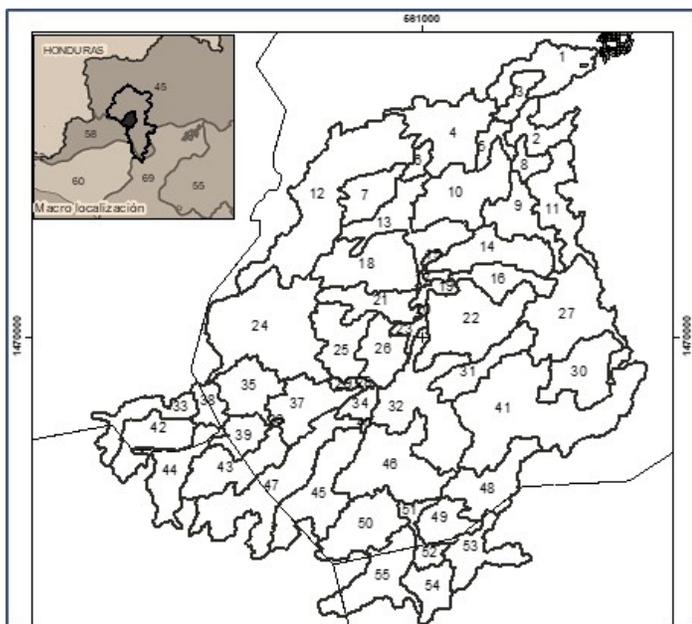


Figura 1: HRUs Microcuenca Río Pire.

Fuente: Elaboración propia

Caudales por Unidad de respuesta hidrológica (HRUs)

La primera fase ciclo hidrológico está compuesta por precipitación, Evapotranspiración, Infiltración y Esguerrimiento Superficial, estos controlan la cantidad

de agua, sedimentos y sustancias al canal principal de cada unidad de respuesta hidrológica. En la figura 2, se observa que las HRUs de la parte alta y media que bordean al cauce principal se consideran las menos productivas, estas áreas representan las zonas de recarga en las cuales los caudales son bajos.

A medida que se desciende a la parte media y baja, los caudales tienen a aumentar, considerándose estas las zonas de descarga del acuífero. Las unidades hidrológicas más productivas presentan caudales en intervalos de 0.01 a 1.47 m³/mes, correspondiente a las HRUs 1,3, 4, 6,13, 17, 19, 20,23, 26, con un volumen total de agua 9.7 m³/s mes; estas áreas se caracterizan por ubicarse en suelos Entisoles y Molisoles, el 100% presenta ocupación de suelo tacotales, pasto y cultivos anuales.

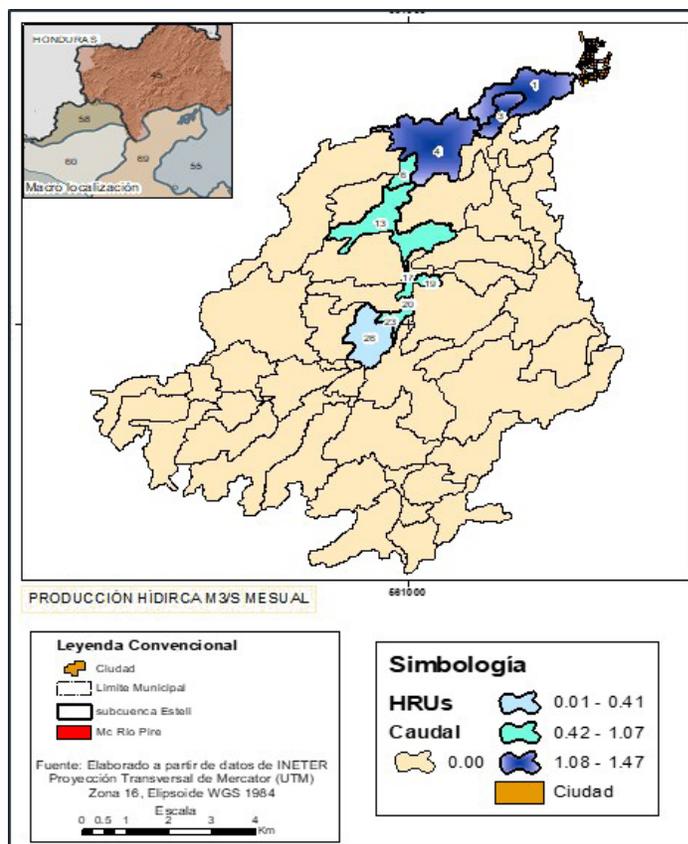


Figura 2: Caudales por HRUs en la Microcuenca río Pire

Fuente: Elaboración propia

Escorrentía a nivel de unidad de respuesta hidrológica (HURs)

El área en estudio, actualmente está cubierta por pastos, pastizales y cultivos anuales y una pequeña extensión de bosque localizado en la parte alta. El uso presente favorece la escorrentía, producción de sedimentos y traslado de las partículas de suelo de la parte alta a la baja de la microcuenca.

En la figura 3 y tabla 1, se muestran espacial y numérica las HURs que generan los mayores volúmenes de escorrentía, que se presentan en intervalos de 7.65 a 4.17 mensual. Las unidades de respuesta hidrológica en su mayoría están ocupadas por orden de extensión en pastizales, tacotales/pasto y cultivos anuales, ubicadas entre alturas de **1379 a 540 metros**, considerándose estas áreas la parte alta de la microcuenca.

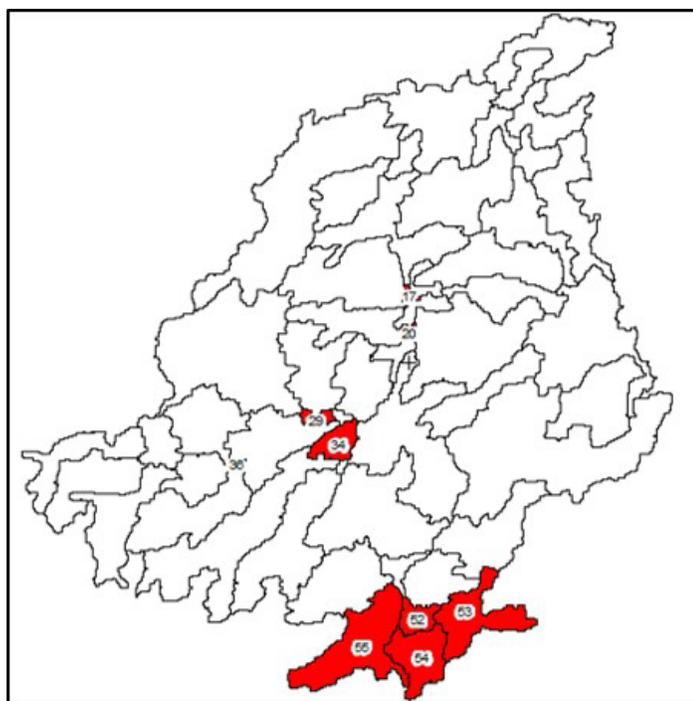


Figura 3 HURs con mayores volúmenes de escorrentía.

Fuente: Elaboración propia

Las HURs 55, 17, 54, 52, 53, 29,36 y 34 se consideran críticas, particularmente las ubicadas en suelos Ultisol, por considerarse un suelo apto para bosque de protección, conservación o con prácticas y planes de manejo por sus características físicas y desarrollo en relieve escarpados. Además de ello es importante

destacar que tres de las HURS críticas (55,54 y 53) se ubican en zona de **recarga alta** de acuerdo al mapa de uso potencial elaborado por MAGFOR año 2010.

HURS	Escorrentía	Tipo de suelo	Cobertura predominante
55	7.65	Ultisol	Pastizales
17	5.62	Molisol	Cultivo anual
54	5.53	Ultisol	Pastizales
52	5.31	Ultisol	Pastizales
53	5.31	Ultisol	Pastizales
29	4.93	Molisol	Tacotales y pasto
36	4.59	Molisol	Cultivo anual
34	4.17	Molisol	Pastizales

Tabla1: HURs que generan los mayores volúmenes de escorrentía mensual (Unidad: mm).

Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 2, muestra que la cobertura que más favorece el proceso de escorrentía es pastizales y cultivos anuales con respecto a tacotales y pasto. Mensualmente se tiene un volumen de escorrentía de 47.7 milímetros generados por las 8 unidades de respuesta hidrológica que representan un área de 5.7 km²; la pendiente tiene un papel muy importante, de acuerdo con el coeficiente correlación de Pearson aplicado a este conjunto de datos es de 0.50 indicando una correlación positiva moderada; a medida que aumenta la variable pendiente aumenta significativamente los volúmenes de escorrentía.

Al igual el coeficiente R²=0.30 (coeficiente de determinación), indica que las variaciones de pendiente en el área explican en un 30% la generación de escorrentía.

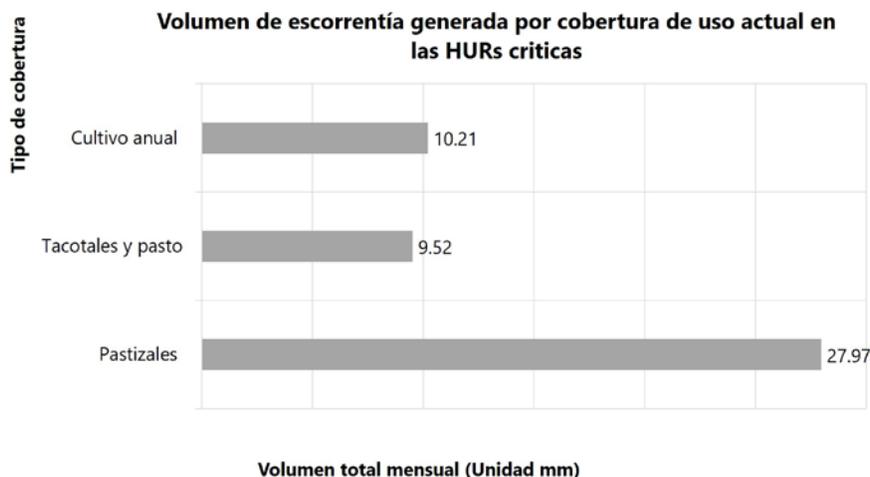


Gráfico 1: HURs que generan los mayores volúmenes de escorrentía mensual (Unidad: mm).

Fuente: Elaboración propia

Sedimentos a nivel de unidad de respuesta hidrológica (HURs)

En *tabla 2*, se muestra las HURs de mayor producción de sedimentos (Ton/ha/año), que se encuentran en intervalos de 5.6 a 9.2, 4.5 a 5.5, 3.7 a 4.4 correspondiente a las unidades de respuesta hidrológica, ubicadas en la parte alta y media de la microcuenca. En la clasificación de la degradación de los suelos causados por erosión hídrica establecido por la FAO (1980), establece las siguientes categorías de pérdidas de suelo:

Categoría	Pérdida de suelo	
	Ton/ha/año	mm/a
Ninguna a ligera	<10	<0.6
Moderada	10-50	0.6-3.3
Alta	50-200	3.3-13.3

Las áreas que más generan sedimentos corresponden a la HURs 36, 38, 24, 14, 7, **55, 52, y 34**, estas últimas tres son coincidentes con las áreas de mayor generación de escorrentía (*ver Figura 4 y tabla 2*). Su uso está representado por pastizales y tacotales/pasto.

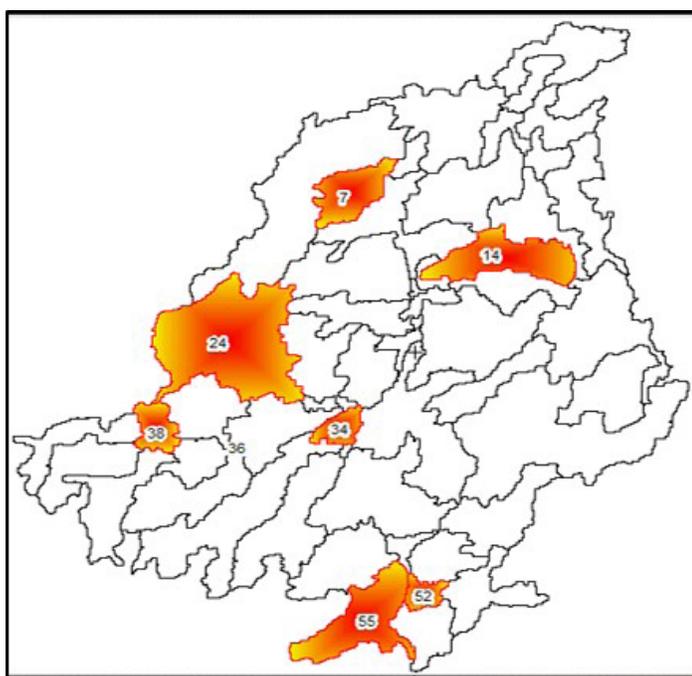


Figura 4: HURs de mayor producción de sedimentos.

Fuente: Elaboración propia

En la microcuenca existen HRUs de menor extensión que contribuyen significativamente en la generación de sedimentos localizadas en alturas mayores a los 600 metros entre ellas, la número 34 (*ver tabla 2*), que aporta aproximadamente 9.2 ton/ha/año de sedimentos, lo cual se encuentra muy cerca de la categoría erosión hídrica moderada, la misma tiene una extensión de 0.4 km, tipo de suelo Molisol y el 100% está ocupado por tacotales. La generación de sedimentos en esta área se ve favorecida por el uso de suelo y la confluencia de dos unidades hidrológicas (Peñasco y Las Burras) en alturas mayores a 800 m.

Alternativas de conservación del recurso agua y suelo

Escorrentía

Los resultados de la simulación con SWAT muestran que de las 55 HURs nueve son las que generan los mayores volúmenes de escorrentía, considerándose las mismas como áreas críticas. La parte alta de la microcuenca es considera la zona de recarga incluyendo las HURs: 55,54 y 53; pero de acuerdo a los datos mostrados por el modelo presentan los mayores escurrimientos lo cual se ve favorecido por el cambio de uso de suelo en pendientes por encima de los 700 m de altura.

HURS	Sedimentos To/ha/año (promedio anual)	Tipo de suelo	Cobertura
55	5.23	Ultisol	Pastizales
38	4.98	Molisol	Tacotales y pasto
36	5.20	Molisol	Cultivo anual
34	9.20	Molisol	Pastizales
52	5.25	Ultisol	Pastizales
24	5.37	Molisol	Pastizales
14	5.46	Molisol	Tacotales y pasto
7	4.90	Molisol	Tacotales y pasto

Tabla 2: HURs que generan los mayores To/ha/año de sedimentos.

Fuente: Elaboración propia

Parte Alta: áreas que se encuentran por encima de los 700 metros de altura: (HURs: 54, 55, 52, 53, 29,34), incluyendo las HURs críticas.

La parte alta se debe de reforestar, (bosque de conservación y protección) esta acción mitiga los efectos de la erosión, escorrentía y propicia la infiltración, lo cual tendrá impactos positivos en el balance hídrico del área. De no reforestar estas áreas, se puede establecer un sistema de producción "bosque de producción" (café, conífera).

Parte Media: áreas que se encuentran por debajo de los 700 metros de altura (HURs 20 y17):

Una de las principales problemáticas en el área de estudio es el déficit de agua disponible en los meses

secos, se propone aprovechar los volúmenes de escorrentía generados en las unidades hidrológicas 20,17 y en el resto de las HURs 21,27,19 creando estructuras físicas (Cosecha de agua). Se debe profundizar en los estudios desde el punto de físico, edafológico.

Las HURs (no críticas) se debe mejorar la cobertura vegetal de los suelos, lo cual debe de incluir residuos de rastrojos para protegerlo de la erosión por impacto de las gotas de las lluvias intensas, además de incluir medidas como rotación de cultivos.

Mejorar la estructura y el drenaje de los suelos, a fin de favorecer la infiltración del agua y la conservación de la humedad en el suelo. Un suelo que contiene mucha materia orgánica absorbe con mayor facilidad el agua evitando que escurra sobre su superficie.

En el uso potencial del suelo, aproximadamente el 70% del territorio debe ser bosque latifoliado. En las áreas deforestadas es necesario tomar medidas tales como cultivos en fajas, que consiste en sembrar de forma alterada, fajas de diferentes cultivos en curvas a nivel. El largo de la fajas debe estimarse considerando la pendiente del terreno, el tipo de suelo y le cultivos específico.

Construir diques interceptores de baja pendiente en los alrededores de las HURs. Con ello se está contribuyendo a disminuir la escorrentía superficial la cual es responsable del traslado de las partículas del suelo.

Sedimentos

Parte alta: áreas que se encuentran por encima de los 700 metros de altura (HURs 55, 38, 36, 34, 52, 14, 7 y 24):

Cambiar las prácticas convencionales de ganadería y agricultura, sustituyendo estas áreas por bosque de protección y conservación; de no lograrse dicha medida se pueden establecer sistemas mixtos en los cuales se establezca un sistema de producción que combine áreas de bosque (conífera y café); ello generará un incremento de la infiltración.

Parte media y baja: áreas que se encuentran por debajo de los 700 metros de altura:

Establecimiento de barreras de retención de sedimentos las cuales serán útiles para controlar los sólidos en suspensión en el agua, proporcionando una zona de contención controlada.

Instalación de diques de retención de sedimentos (Dique de piedra sobre piedra, mampostería en seco) y zanjas de infiltración.

Establecimiento de zanjas de infiltración que permitan retener el escurrimiento y sedimentos, favorecer la infiltración; las mismas son idóneas en laderas con fuerte pendiente.

Manejo de suelos, como labranza conservacionista, surcos en contorno, incorporación de materia orgánica, labranza de subsuelo y surcos tabicados. Practicas agroforestales, silvoagropecuarios, silvopastoriles.

Mejorar la estructura y drenaje de los suelos, a fin de favorecer la infiltración del agua y la conservación de la humedad del suelo.

CONCLUSIONES

- Las unidades de respuesta hidrológica que producen los mayores volúmenes de sedimentos y escorrentía corresponde a áreas cubiertas por pastizal/tacotal y ubicadas en la zona de recarga alta del acuífero, en alturas mayores a los 700 metros.
- Las HURs más productivas se deben aprovechar a través de la construcción de obras de retención de agua. (Cosecha de agua), para cubrir el actual déficit de agua presente en la microcuenca.
- Las unidades de respuesta hidrológica críticas, se debe priorizar acciones dirigidas a mitigar los impactos de la escorrentía, sedimentos y calidad de las aguas superficiales.

BIBLIOGRAFÍA

- AMUNSE, M. U. (Mayo de 2010). *Diagnostico Biofísico y Socioeconómico de la cuenca media alta del Río Coco*. Obtenido de MARENA
- FAO. (2005). *Relaciones agua tierra en cuencas rurales*.