

# **Evaluación de las tasas de escorrentía en dos microcuencas en el Parque Nacional La Tigra**

**Yanira Alejandrina Pech Tillett**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

ZAMORANO  
CARRERA DESARROLLO SOCIOECONÓMICO Y AMBIENTE

# **Evaluación de las tasas de escorrentía en dos microcuencas en el Parque Nacional La Tigra**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniera en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente en el Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Yanira Alejandrina Pech Tillett**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

# **Evaluación de las tasas de escorrentía en dos microcuencas en el Parque Nacional La Tigra**

Presentado por:

Yanira Alejandrina Pech Tillett

Aprobado:

---

Luis Caballero, M.Sc.  
Asesor principal

---

Arie Sanders, M.Sc.  
Director  
Carrera Desarrollo  
Socioeconómico y Ambiente

---

Erika Tenorio, M.Sc.  
Asesora

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

## RESUMEN

Pech Tillett, Y. P. 2011 Evaluación de las tasas escorrentía en dos microcuencas en el Parque Nacional La Tigra. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 23 p.

Los bosques nublados son ecosistemas muy importantes como fuentes potenciales de agua durante la época seca. El bosque cumple un papel fundamental en la regulación de los flujos hídricos en una cuenca. A pesar de ello, los bosques nublados siguen disminuyendo producto del avance de la deforestación. El estudio de los procesos hidrológicos a nivel de cuenca es de importancia para la utilización, manejo y protección de los recursos hídricos. En este estudio se comparan los procesos hidrológicos entre dos microcuencas del Parque Nacional La Tigra. Mediante el método de hidrograma unitario se evaluaron las tasas de escorrentía en dos microcuencas: una de 635 ha, TGU (Tegucigalpa) y otra de 93 ha, JTE (El Jute) en las cuales se midió la precipitación, la escorrentía y el caudal base en el periodo lluvioso del año 2009. La precipitación promedio es de 1,571 mm por año. El balance hídrico de la microcuenca TGU, durante la época lluviosa del 2009 fue de 393 mm, de los cuales, 21 mm se convirtieron en escorrentía superficial, 149 mm contribuyeron al caudal básico y el resto pasó a formar parte del almacenamiento del suelo, la evapotranspiración y percolación profunda. En la microcuenca el JTE, de los 393 mm de precipitación, 17 mm contribuyeron a la escorrentía superficial, 36 mm al caudal básico y el resto pasó a formar parte del almacenamiento del suelo, la evapotranspiración y la percolación profunda. En general, los procesos hidrológicos representados en la relación precipitación- escorrentía son relativamente similares con una correlación ( $r^2$ ) de 0.71 para TGU y 0.61 en JTE. Las tasas de escorrentía para ambas microcuencas son también muy similares con 5.4 % (TGU) y 4.3 % (JTE). Estas características afirman que estas microcuencas son de alta importancia hídrica ya que tienen la capacidad de mantener una provisión permanente de agua.

**Palabras clave:** Balance hídrico, escorrentía superficial, microcuencas, Parque Nacional, procesos hidrológicos.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>4 CONCLUSIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>5 RECOMENDACIONES.....</b>	<b>16</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>17</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>20</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Datos generales de las microcuencas TGU (Tegucigalpa) y JTE (El Jute) en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra. ....	4
2. Descripción de las zonas de vida en las microcuencas en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra. ....	4
3. Balance hídrico en época lluviosa (julio, agosto y septiembre) de las microcuencas TGU y JTE. ....	12
4. Ordenadas del hidrograma unitario para la microcuenca TGU, de la tormenta (30 mm) del 11 de septiembre de 2009. ....	13
5. Ordenadas del hidrograma unitario para la microcuenca JTE, de la tormenta (30mm) del 11 de septiembre de 2009. ....	14

Figuras	Página
1. Ubicación geográfica de los pluviómetros y las microcuencas TGU y JTE en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra. ....	3
2. Diseño de uno de los vertederos en forma de “V” construidos en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra. ....	6
3. Precipitación diaria en mm de julio 2008 a junio 2011 en la cuenca experimental La Tigra, Parque Nacional La Tigra. ....	7
4. Precipitación mensual en mm de julio 2008 a junio 2011 en la cuenca experimental, Parque Nacional La Tigra. ....	8
5. Comportamiento de los caudales y precipitación diaria registrada durante julio, agosto y septiembre (época lluviosa) de las microcuencas TGU y JTE. ....	9
6. Relación precipitación-escorrentía de eventos mayores a 5 mm d <sup>-1</sup> de la microcuenca TGU (Tegucigalpa) de 1 de julio 2009 a 30 de junio 2010. ....	10
7. Relación precipitación-escorrentía de eventos mayores a 5 mm d <sup>-1</sup> de la microcuenca JTE (El Jute) del 1 de julio 2009 a 30 de junio 2010. ....	10
8. Separación de hidrograma de la microcuenca TGU durante la época lluviosa (julio, agosto y septiembre 2009). ....	11

Anexos	Página
1. Vertedero en forma de “V” construido en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra.....	20
2. Vertedero tipo rectangular construido en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra.....	20
3. Precipitación promedio anual en milímetros de 2009 a 2011 en La Microcuenca Experimental La Tigra.....	21
4. Zonas de vida de las microcuencas TGU (Tegucigalpa) y JTE (El Jute) en la Microcuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra. ....	21
5. Ordenadas del hidrograma unitario para la microcuenca TGU (Tegucigalpa), de la tormenta del 4 de noviembre de 2009. ....	22
6. Ordenadas del hidrograma unitario para la microcuenca JTE (El Jute), de la tormenta del 4 de noviembre de 2009. ....	23

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel global, el agua es el líquido más abundante, sin embargo, hay regiones del mundo que presentan escasez principalmente donde la demanda de la población es alta (Brenes 2010). Centroamérica, una región dotada de abundantes recursos hídricos, cuenta con una disponibilidad de  $656 \text{ m}^3$  *per cápita* de agua por año. A pesar de ello, Centroamérica no está exenta de los problemas de acceso al agua (GWP- CA 2006). El agua se distribuye irregularmente tanto en el tiempo como en el espacio. Por ejemplo la vertiente pacífica tiene dos estaciones bien marcadas, la seca (noviembre a abril) y la lluviosa (mayo a octubre). Por otro lado, la región litoral atlántica recibe mucho más precipitación (3,300 mm) que la vertiente pacífica (1,800 mm), misma que además alberga la mayor concentración de población (GWP-CA 2006).

El agua es considerada un recurso estratégico e integrador para el manejo de cuencas y la reducción de la vulnerabilidad socioambiental, asociada a la sequía, las inundaciones, los deslizamientos y la contaminación del agua (Cotto *et al.* 2010). Así mismo, la deforestación, la urbanización y otras actividades de uso de la tierra pueden alterar significativamente la distribución estacional y anual de los caudales (Mustafa *et al.* s.f.). Entender cómo estas actividades influyen en el caudal permitirá a los planificadores formular políticas para la protección efectiva de las fuentes de agua. Es conocido que el flujo del agua en una cuenca puede tomar dos rutas, una superficial y la otra subsuperficial. Según Sanchez (2004), la escorrentía superficial es aquella parte del hidrograma formado por el agua que no infiltra, por ende escurre sobre la superficie del suelo y forma parte de los caudales que salen de la cuenca. El estudio de la escorrentía como parte de la oferta hídrica reviste gran importancia en la planificación del aprovechamiento de los recursos hídricos y en el diseño de obras hidráulicas. La tasa de escorrentía superficial tiene un efecto directo en la calidad de agua y a mediano plazo en la reducción de la provisión sostenida de agua en una cuenca. Así mismo, en manejo de cuencas es muy importante medir la escorrentía puesto que ella es un reflejo del comportamiento y estado de los suelos y la cobertura forestal en una cuenca (Rojas s.f.).

El estudio de las fuentes de agua y los procesos hidrológicos en la cuenca es de alta importancia para el diseño de sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano y agropecuario. Según Westerberg *et al.* (2011) una de los principales limitantes para resolver el abastecimiento de agua en América Central es la poca información disponible para fines de diseño de sistemas de aprovechamiento. A la fecha se han desarrollado pocos estudios de esa naturaleza en Centro América y especialmente en Honduras. Entre ellos, la literatura menciona el realizado en la cuenca del Río Talgua (Hanson *et al.* 2003) en el que se estudió el efecto de la degradación del suelo y los flujos hídricos. Se conoce

que un efecto común de la deforestación de los suelos es causa de la reducción en la capacidad de infiltración de la superficie del suelo (FAO 2002), lo cual afecta la recarga hídrica de los acuíferos. Según el estudio de Hanson *et al.* (2003) en la cuenca del río Talgua de Honduras, la tasa de infiltración disminuyó drásticamente cuando el uso de la tierra cambió de bosque primario ( $840 \text{ mm h}^{-1}$ ) en plantaciones de café ( $190 \text{ mm h}^{-1}$ ) a tierras degradadas ( $8\text{-}11 \text{ mm h}^{-1}$ ).

El presente estudio se realizó en la cuenca experimental La Tigra localizada dentro del Parque Nacional La Tigra, Francisco Morazán, Honduras. Según Alvarado (2009), las fuentes de agua provenientes de dicho parque abastece aproximadamente 32 % de la demanda de Tegucigalpa ( $\text{m}^3/\text{año}$ ), mientras que 58 % lo proveen las represas de Guacerique y la Concepción, que juntas proporcionan aproximadamente 29 millones de metros cúbicos por año (Villeda 2010).

En esta investigación se comparan las tasas de escorrentía en dos microcuencas, una cubierta mayormente con bosque latifoliado y otra con bosque de pino. Los resultados del análisis de las dos microcuencas ayudarán a entender las diferencias espaciales y temporales de los flujos hídricos en dichas microcuencas. Los objetivos del estudio son:

- Estimar y comparar las tasas de escorrentía en las dos microcuencas en el Parque Nacional La Tigra mediante el método de hidrograma unitario.
- Desarrollar un balance hídrico para las microcuencas durante el periodo de julio 2009 a junio del 2010 mediante el método de hidrograma unitario.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en La Cuenca Experimental La Tigra, ubicada en el Parque Nacional La Tigra, Francisco Morazán, Honduras (Figura 1). Esta cuenca forma parte de la sub-cuenca del Río Yeguaré que drena al río Choluteca mismo que desemboca en el Océano Pacífico y fue instrumentalizada como cuenca experimental en el 2008 como parte de una tesis de doctorado (Caballero *et al.* 2011). En el sitio experimental se seleccionaron dos microcuencas: TGU que es la principal fuente de agua para Tegucigalpa tiene una área de 635 ha se encuentra en la parte superior de la cuenca, JTE de 93 ha está ubicada en la parte baja de la cuenca experimental.

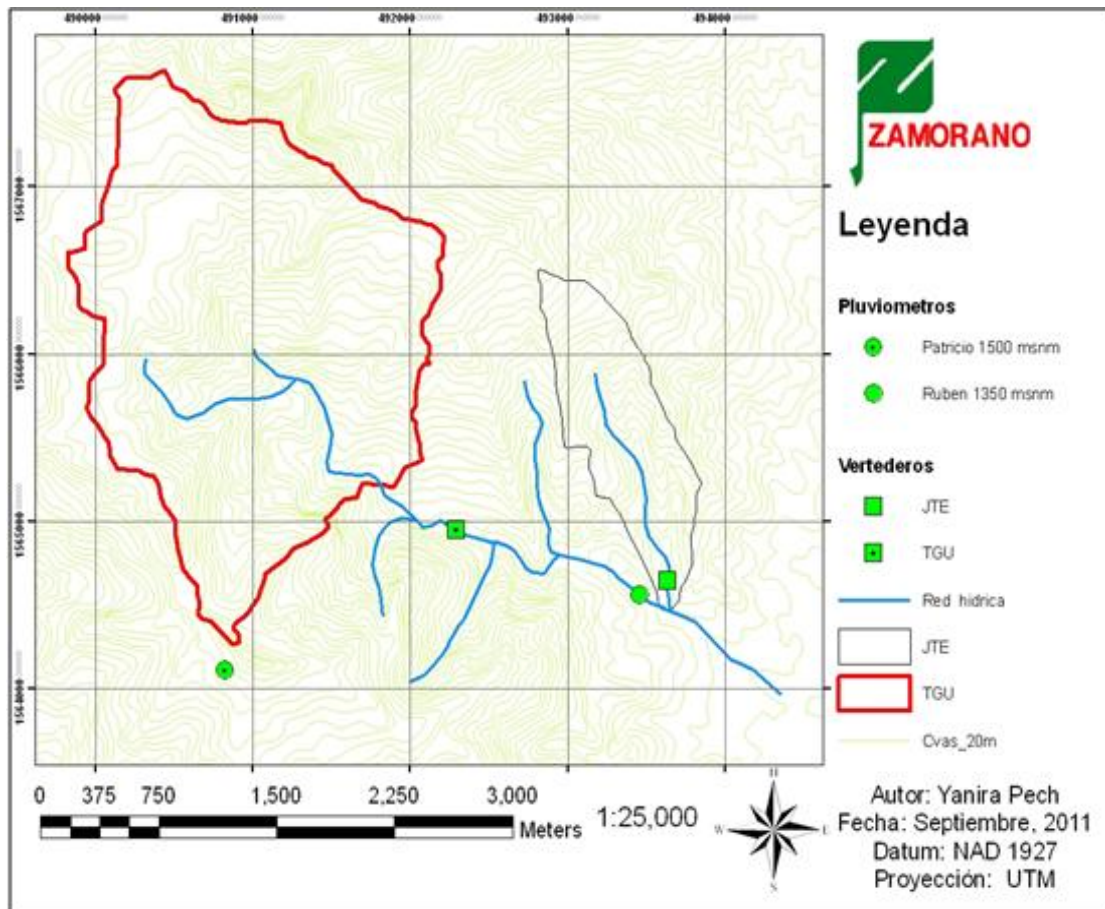


Figura 1. Ubicación geográfica de los pluviómetros y las microcuencas TGU y JTE en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra.

Cuadro 1. Datos generales de las microcuencas TGU (Tegucigalpa) y JTE (El Jute) en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra.

Parámetro	TGU	JTE
Área de la microcuenca (ha)	635	93
Perímetro de la microcuenca (km)	10	5
Área de bosque nublado (%)	58	0.6
Otros bosques (%)	41	99.6
Área deforestada (%)	1	0
Elevación de desembocadura (msnm)	1,505	1,374
Altura Máxima (msnm)	2,270	1,850
Altura Mínima (msnm)	1,505	1,374
Elevación promedio (msnm)	1,905	1,625
Pendiente promedio de la cuenca (%)	18	14
Longitud de la cuenca (m)	6,600	1,508
Descarga media anual (mm)	520	-
Formación geológica	Volcánico	Volcánico
Tipo de fuente	Permanente	Permanente
Forma de la Cuenca	Ovalada	Ovalada

Fuente: Caballero *et al.* 2010; adaptado por la autora.

La cobertura vegetal en la microcuenca TGU es dominada por vegetación arbórea de bosque pinar en la parte baja y media y bosque mixto en la parte alta, mientras que en JTE está cubierta por bosque de pino (Cuadro 1). La elevación se extiende de 1,374 a 2,270 msnm, mientras que predominan las pendientes moderadas a escarpadas y pendientes medias entre 12-30 % (Cruz y Fiallos 2010). Se identificaron tres zonas de vida distribuidas en el área de estudio (Goyzueta 2008) (Cuadro 2).

Cuadro 2. Descripción de las zonas de vida en las microcuencas en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra.

Zonas de Vida	Nomenclatura	Área (ha)	Ámbito de altura
Bosque húmedo subtropical	Bh-S	145.79	1,300- 1,500 msnm
Bosque húmedo montano bajo subtropical	Bh-MBS	254.88	1,501- 1,700 msnm
Bosque muy húmedo montano bajo subtropical	Bmh-MBS	673.77	1,701- 2,240 msnm

Fuente: Goyzueta (2008).

Un estudio de suelos realizado en 2010 indica que 48 % de los suelos de la cuenca experimental son poco profundos (profundidad efectiva de 60 centímetros), tienen una humedad de 27.4 % y una densidad aparente de  $1.24 \text{ g cm}^{-3}$ , mientras que 32 % de los suelos son moderadamente profundos con una profundidad efectiva de 90 centímetros ubicados en la parte alta (Cruz y Fiallos 2010).

Así mismo, Cruz y Fiallos (2010) encontraron que los suelos son de textura predominantemente medias (francas, franco-arenosas, franco limosa) y muy finas (franco arcillo limosas, franco arcillo arenosas, arcillo limosa, arcillosa, arcillo arenosa); cubren 615 ha (85 %) de 785 ha del área total.

Para la medición de la precipitación se utilizó dos pluviómetros tipo balancín, Onset ® “Data Logging Gauge”. Cada vuelco del balancín registra 0.2 mm de un “data logger” con la hora y fecha. Los registros de precipitación se procesaron con el programa Hoboware Pro ® y hojas de Excel. Las mediciones se llevaron a cabo el 1 de julio de 2008 al 30 de junio 2011. La información se tabuló en mm día<sup>-1</sup>. Fallas en el registro de datos de precipitación durante varios días de este año se sustituyeron usando una correlación lineal a través del tiempo con datos de la estación de Zona 1 de Zamorano.

La medición de caudal se realizó mediante un vertedero uno tipo “V” con un ángulo de 90° en la microcuenca de JTE y uno tipo rectangular en la microcuenca de TGU (Figura 4). En cada vertedero un traductor de presión tipo Global Water ® (“WL-15 o WL-16 Water Level Logger”) registró los datos de elevación del agua, cada 10 minutos durante la estación lluviosa y cada hora durante la estación seca. Los registros fueron descargados utilizando el programa “Global Logger V2. 1.2” y luego procesados en un hoja electrónica de Excel, para calcular los caudales cada 10 minutos y luego agregados a caudales diarios.

Para el cálculo de los caudales se utilizaron las siguientes ecuaciones (USBR 1987):

Vertedero rectangular:

$$Q = K (L - 0.2 H)^{1.5} \quad [1]$$

Donde: Q es el caudal en metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s).

K es la constante dependiente del tipo de unidades a utilizar.

L es el largo de corte del vertedero en metros (m).

H es la altura del espejo de agua (m).

Vertedero triangular o tipo “V”:

$$Q = (K \times H)^{2.5} \quad [2]$$

Donde: Q es el caudal en metros cúbicos por segundo (m<sup>3</sup>/s).

K es la constante dependiente del ángulo de abertura del vertedero.

H es la altura del espejo de agua en metros (m).

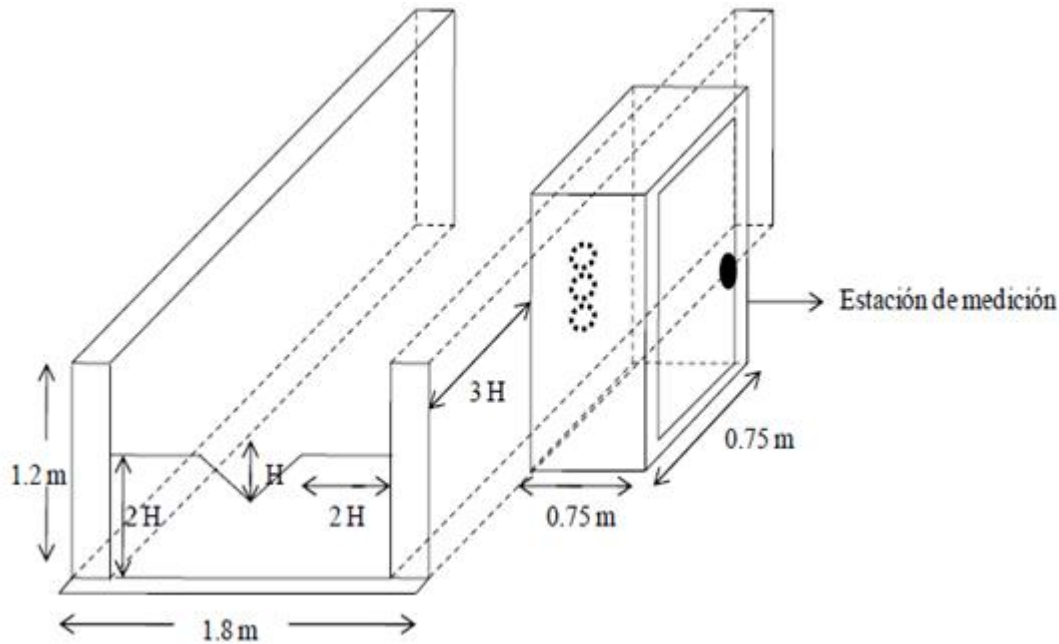


Figura 2. Diseño de uno de los vertederos en forma de “V” construidos en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra.

Fuente: Goyzueta (2008).

Con los datos de precipitación se elaboró hietogramas, para presentar ladistribución de la precipitación durante cualquier evento de lluvia. Se utilizaron eventos mayores a  $5 \text{ mm d}^{-1}$  para calcular la escorrentía superficial y el caudal base luego estos datos se representaron gráficamente para relacionar mediante una ecuación lineal la variación de caudal y tiempo. Para evaluar la relación precipitación-escorrentía se elaboró el hidrograma unitario para la precipitación de 30 mm ocurrida el 11 de septiembre de 2009 utilizando el filtro digital.

La separación de hidrograma se realizó mediante un método de filtro digital de un parámetro (Ecuación 1) propuesto por Lyne y Hollick (1979) y Nathan y McMahon (1990) con el fin de obtener el caudal base. El caudal base se obtuvo restando el caudal del caudal total por hora (Caballero *et al.* 2010).

$$q_t = \alpha \times q_{t-1} + \frac{1+\alpha}{2} \times (Q_t - Q_{t-1}) \text{ para } q_t > 0 \quad [3]$$

Donde:  $q$  es la tasa filtrada del flujo base ( $\text{cm día}^{-1}$ )

$Q$  es el flujo total observado ( $\text{cm día}^{-1}$ ).

$\alpha$  es Parámetro de Filtro (es este caso 0.925)

Los subscriptores  $t$  y  $t-1$  son los índices de tiempo. Cuando la ecuación calcula la escorrentía negativa se fija a cero. El flujo base se obtiene de la substracción de la escorrentía del flujo total para cada lapso de tiempo.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La precipitación durante el período (2008-2011) fue de 3,422 mm (Figura 3). La precipitación promedio anual para este período fue de de 1571 mm año<sup>-1</sup>. Adicionalmente se estimó la precipitación mensual promedio (Figura 4).

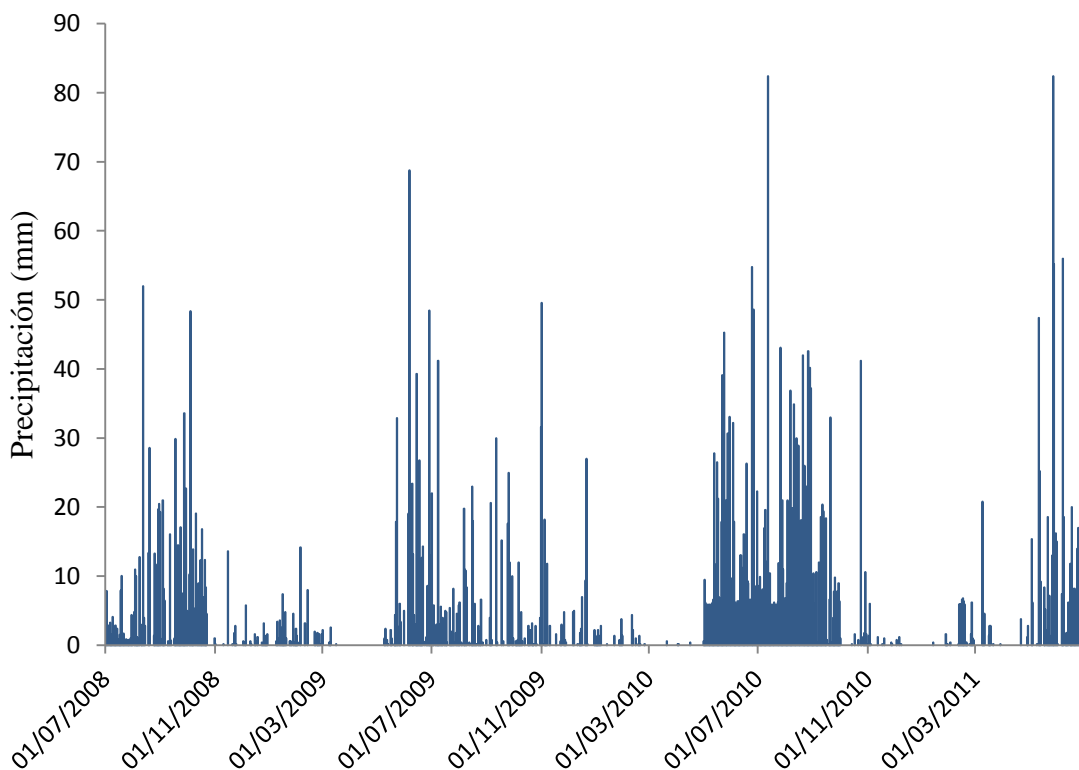


Figura 3. Precipitación diaria en mm de julio 2008 a junio 2011 en la cuenca experimental La Tigra, Parque Nacional La Tigra.

En agosto se registró la mayor precipitación mensual (320.9 mm) en el año 2010. En abril no se registró precipitación y la lluvia registrada durante el período seco representó el 8 % de la lluvia total anual. De los 1,094 eventos, 74 % tenían menos de 5 mm día<sup>-1</sup> de precipitación. La cantidad media de lluvia (con dos medidores) para cada caso fue de 4.70 mm h<sup>-1</sup> y el máximo de 82.4 mm h<sup>-1</sup>.

Las lluvias intensas ( $>30 \text{ mm h}^{-1}$ ) fueron poco frecuentes. Las intensidades diarias de los eventos de precipitación oscilaron entre 0 a  $82.4 \text{ mm h}^{-1}$  (Figura 3).

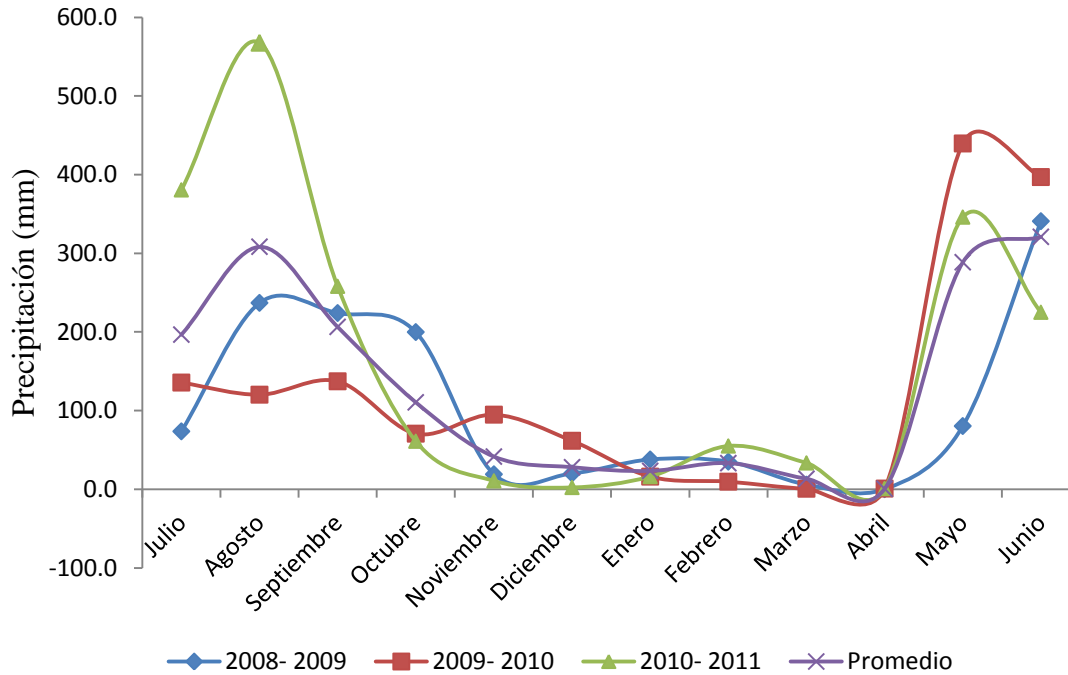


Figura 4. Precipitación mensual en mm de julio 2008 a junio 2011 en la cuenca experimental, Parque Nacional La Tigra.

Según el balance hídrico en el periodo del 1 de julio 2009 a 30 de junio del 2010 las microcuencas TGU y JTE exportaron un volumen total de 2.53 hectómetros cúbicos y 0.07 hectómetros cúbicos de agua, respectivamente. En la época lluviosa de 2009, TGU exportó 1.08 hectómetros cúbicos mientras JTE exportó 0.05 hectómetros cúbicos. Los caudales máximos registrados en esta temporada corresponden a una tormenta que cayó el día 1 de julio de 2009 ( $8 \text{ mm día}^{-1}$ ) y 2 de julio de 2009 ( $22 \text{ mm día}^{-1}$ ), los cuales generaron para TGU. ( $27, 170 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) y JTE ( $6,104 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ) (Figura 5).

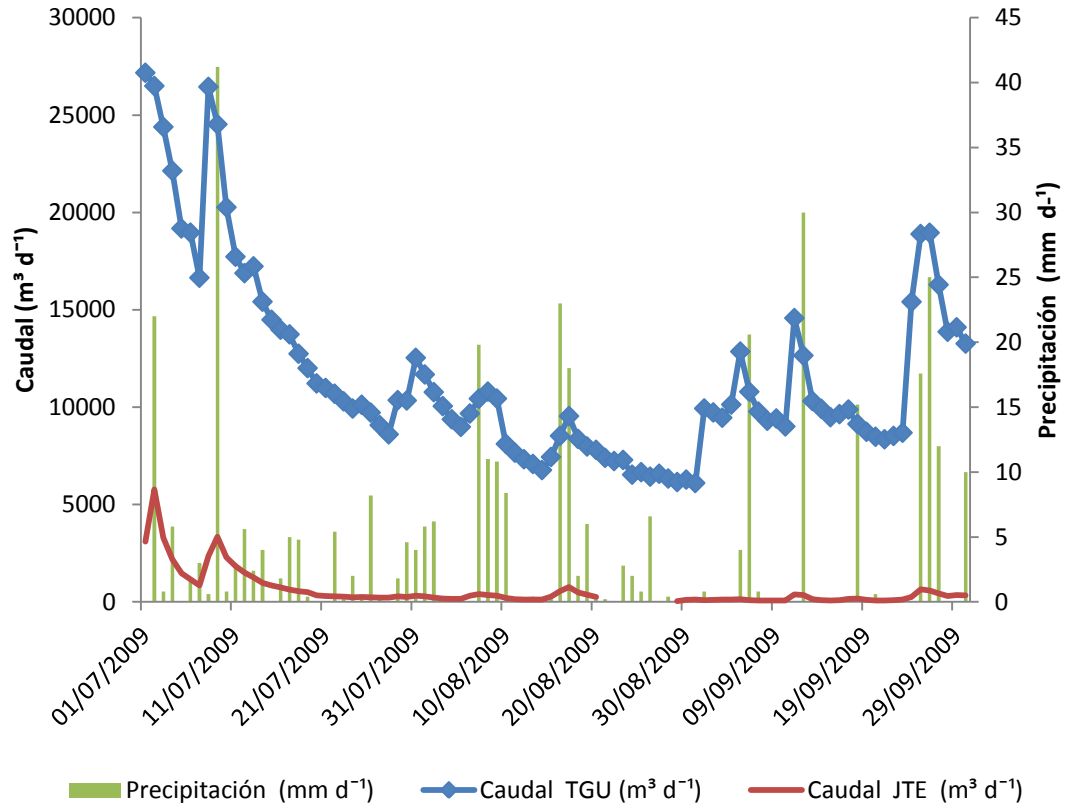


Figura 5. Comportamiento de los caudales y precipitación diaria registrada durante julio, agosto y septiembre (época lluviosa) de las microcuencas TGU y JTE.

Los análisis de la relación precipitación-escorrentía entre las dos microcuencas indican que ambas tienen una respuesta relativamente similar a la precipitación, o sea los procesos hidrológicos son relativamente similares cuando la estación lluviosa está plenamente establecida. La regresión lineal simple para eventos de precipitación superior a 5 mm d<sup>-1</sup> es de un  $R^2 = 0.73$  para TGU y  $R^2 = 0.61$  para JTE (Figuras 6 y 7).

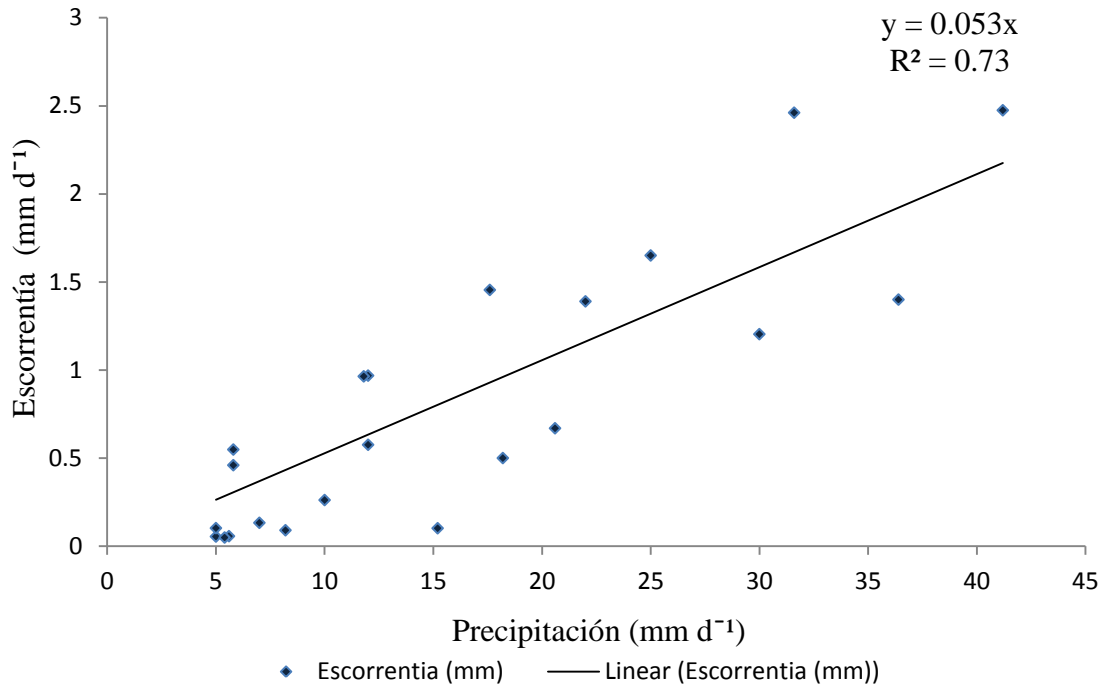


Figura 6. Relación precipitación-escorrentía de eventos mayores a 5 mm d<sup>-1</sup> de la microcuenca TGU (Tegucigalpa) del 1 de julio 2009 a 30 de junio 2010.

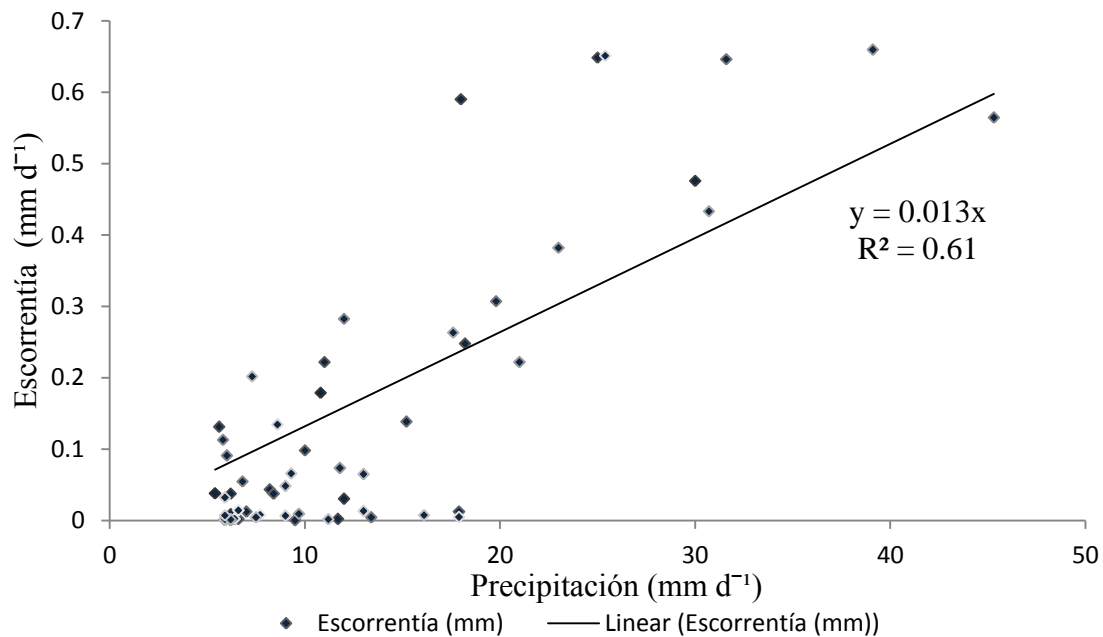


Figura 7. Relación precipitación-escorrentía de eventos mayores a 5 mm d<sup>-1</sup> de la microcuenca JTE (El Jute) del 1 de julio 2009 a 30 de junio 2010.

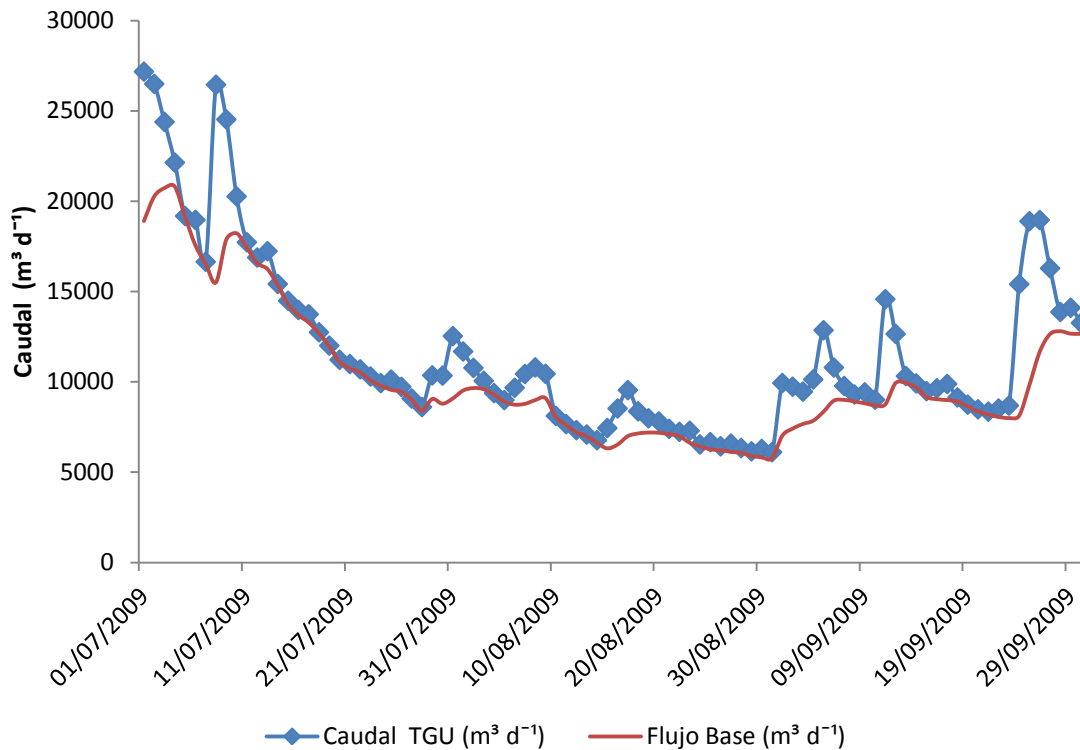


Figura 8. Separación de hidrograma de la microcuenca TGU durante la época lluviosa (julio, agosto y septiembre 2009).

Durante el período lluvioso de junio 2009 a septiembre del 2009, en la microcuenca TGU llovieron 393 mm y del total, 21 mm se convirtió en escurrimiento (5.4 %). El caudal base representa 149 mm y un aporte de agua de 43 % al caudal total. La microcuenca JTE, a menor elevación y menor porcentaje de bosque nublado, presentó un rendimiento de solo 14 % (Cuadro 3). La productividad de agua de esta microcuenca fue menor en relación a una misma entrada de lluvia. Sin embargo, la tasa de escorrentía de JTE (4.3 %) es similar a la de TGU (5.4 %). Esto indica que la mayoría de la precipitación se infiltra o tiene salida como evapotranspiración o flujo, pero en el caso de JTE ésta se pierde por percolación profunda, ya que la evapotranspiración debería ser similar en ambas microcuencas. El índice de flujo base sobre caudal total fue de 0.87 en la microcuenca TGU y 0.68 en la microcuenca JTE. Lo anterior indica que en ambas microcuencas el caudal está dominado por las contribuciones de las aguas subterráneas y esto demuestra la importancia de la cobertura para mantener la recarga de los acuíferos.

Cuadro 3. Balance hídrico en época lluviosa (julio, agosto y septiembre) de las microcuencas TGU y JTE.

Procesos Hidrológicos	TGU (Tegucigalpa)	JTE(El Jute)
Precipitación (mm)	393	393
Caudal Total (mm)	171	53
Escorrentía (mm)	21	17
Flujo Base (mm)	149	36
Productividad (%)	43	14
Tasa de Escorrentía (%)	5.4	4.3
Índice de Flujo Base	0.87	0.68

La precipitación del 11 de septiembre del 2009 generó 1.2 mm de escorrentía y 1.49 mm de flujo base (4 % de escurrimiento) en la microcuenca Tegucigalpa (Cuadro 4). En la microcuenca el JTE, esa misma precipitación generó 0.48 mm de escorrentía y 0.11 mm de flujo base (1% del escurrimiento) de ese día (Cuadro 5). Es posible que la presencia de una mayor área saturada y de roca expuestas hace que la escorrentía sea mayor en TGU debido a su tamaño (> 6 veces).

Cuadro 4. Ordenadas del hidrograma unitario para la microcuenca TGU, de la tormenta (30 mm) del 11 de septiembre de 2009.

N°	Hora	Caudal Total	Flujo Base	Escorrentía
		(mm hr <sup>-1</sup> )	(mm hr <sup>-1</sup> )	(mm hr <sup>-1</sup> )
1	12:00	0.06	0.06	0.01
2	13:00	0.06	0.06	0.01
3	14:00	0.06	0.06	0.01
4	15:00	0.06	0.06	0.01
5	16:00	0.10	0.06	0.04
6	17:00	0.19	0.06	0.13
7	18:00	0.22	0.06	0.16
8	19:00	0.21	0.06	0.15
9	20:00	0.19	0.06	0.13
10	21:00	0.16	0.06	0.10
11	22:00	0.14	0.06	0.08
12	23:00	0.12	0.06	0.06
13	00:00	0.11	0.06	0.05
14	01:00	0.11	0.06	0.04
15	02:00	0.10	0.06	0.04
16	03:00	0.10	0.06	0.03
17	04:00	0.09	0.07	0.03
18	05:00	0.09	0.07	0.03
19	06:00	0.09	0.07	0.02
20	07:00	0.09	0.07	0.02
21	08:00	0.09	0.07	0.02
22	09:00	0.08	0.07	0.02
23	10:00	0.08	0.07	0.02
24	11:00	0.08	0.07	0.02
Total		2.69	1.49	1.20

Cuadro 5. Ordenadas del hidrograma unitario para la microcuenca JTE, de la tormenta (30mm) del 11 de septiembre de 2009.

N°	Hora	Caudal Total	Flujo Base	Escorrentía
		(mm hr <sup>-1</sup> )	(mm hr <sup>-1</sup> )	(mm hr <sup>-1</sup> )
1	11:00	0.00	0.00	0.00
2	12:00	0.00	0.00	0.00
3	13:00	0.00	0.00	0.00
4	14:00	0.01	0.00	0.01
5	15:00	0.02	0.00	0.02
6	16:00	0.03	0.00	0.03
7	17:00	0.05	0.00	0.05
8	18:00	0.05	0.00	0.05
9	19:00	0.05	0.00	0.05
10	20:00	0.05	0.00	0.04
11	21:00	0.04	0.00	0.04
12	22:00	0.03	0.01	0.03
13	23:00	0.03	0.01	0.02
14	00:00	0.03	0.01	0.02
15	01:00	0.02	0.01	0.02
16	02:00	0.02	0.01	0.02
17	03:00	0.02	0.01	0.01
18	04:00	0.02	0.01	0.01
19	05:00	0.02	0.01	0.01
20	06:00	0.02	0.01	0.01
21	07:00	0.02	0.01	0.01
22	08:00	0.02	0.01	0.01
23	09:00	0.02	0.01	0.01
24	10:00	0.02	0.01	0.01
Total		0.59	0.11	0.48

## 4. CONCLUSIONES

- Los procesos de generación de escorrentía, cuando las lluvias esta establecidas son muy similares en ambas microcuencas; TGU generó 5.4 % y mientras que JTE genero 4.3 %. El tamaño de la microcuena y la mayor cobertura de bosque nublado tiene un efecto en la producción de agua; TGU con mayor cobertura boscosa y mayor elevación produce 1707 m<sup>3</sup>/ha. JTE, con una menor área y sin cobertura de bosque nublado y una menor elevación produce 533 m<sup>3</sup>/ha.
- El balance hídrico durante el periodo estudiado indica que la precipitación en su mayoría se infiltra para luego contribuir a la evapotranspiración y recarga hídrica. El flujo base fue el principal contribuyente al caudal representando 87 % en la microcuena TGU y 68 % en la microcuena JTE. Esto nos indica la dominancia de procesos sub-superficiales que dan lugar a la recarga hídrica.
- Las microcuencas tienen similar de correlación entre precipitación y escorrentía; TGU (0.71) y JTE (0.61) indicando que, los procesos y rutas de flujo son muy similares. La dominancia de cobertura boscosa mantiene la capacidad de infiltración de los suelos y por ende disminuye la generación de escorrentía superficial.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Desarrollar un balance hídrico de un año hidrológico y completarlo con el análisis de la evapotranspiración.
- Realizar estudios similares en las otras microcuencas (Matahambre y NVO) para conocer la productividad total de la cuenca experimental en el Parque Nacional La Tigra.
- Incrementar el análisis de la relación precipitación-esorrentía incorporando más datos de otros periodos lluviosos.

## 6. LITERATURA CITADA

Brenes, A. 2010. Perspectivas del Deterioro del Recurso Hídrico en Centro América en Contextos de Cambio: Una Lectura desde el Desarrollo. UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. San José. Consultado el 21 de Julio de 2011, Disponible en: [http://amunse.org.ni/archivos/attachments/documentos/DRHCA\\_\\_\\_ABrenes.pdf](http://amunse.org.ni/archivos/attachments/documentos/DRHCA___ABrenes.pdf).

Alvarado, E. 2009. Estrategia para la implementación de un sistema de pago por servicios ambientales basado el recurso hídrico y productos secundarios en el Parque Nacional La Tigra. AMITIGRA (La Fundación Amigos de la Tigra). 92 p. Consultado el 4 de Octubre de 2011. Disponible en: <http://www.agendaforestal.org/Documentos%20FORCUENCAS-/amitigra.pdf>.

Arrueta, M. 2009. Balance Hídrico y análisis de las relaciones precipitación- escorrentía en la microcuenca de la Quebrada El Gallo, San Antonio de Oriente. Tesis Lic. Ing. Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Valle de Yeguaré, Honduras. 47 p.

Bodoque del Pozo, J. 2006. Ensayos Metodológicos para la cuantificación de procesos geomorfológicos activos asociados a la hidrología de superficie en las sierras de Guadarrama y Gredos. Tesis Doctoral. 22 p. Madrid. Universidad Complutense de Madrid. Consultado el 8 de Octubre de 2011. Disponible en: <http://eprints.ucm.es/7706/1/T29491.pdf>.

Caballero L; Rimmer A; Steenhuis T. 2010. Rainfall runoff relationships for a cloud forest watershed in Central America: Implications for water resource engineering. Consultado el 8 de Octubre de 2011. Disponible en: <http://mc.manuscriptcentral.com/jawra>.

Cotto, E; Ponce, J; Segura, D. 2010. Tarea Domiciliaria Final del curso bases hidrológicas para el manejo y gestión de cuencas hidrográficas. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 23 p.

Eckhardt, K. 2005. Hydrological Processes. How to construct recursive digital filters for baseflow separation. Wiley InterScience 19, 507-515.

Fiallos, E; Lavaire, T. 2010. Potencial de captura de agua de la microcuenca El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Francisco Morazán, Honduras. Tesis Lic. Ing. Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 48 p.

Goyzueta, M. 2008. Caracterización hidrológica de la microcuenca de la quebrada El Carrizal, Parque Nacional La Tigra, Francisco Morazán, Honduras. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 57 p.

Gomez, K. 2011. No hay capacidad para atender demanda de agua (en línea). El Heraldillo no. 2. Consultado 22 de Marzo de 2011. Disponible en: <http://www.elheraldo.hn/-Tegucigalpa/Ediciones/2011/03/23/Noticias/No-hay-capacidad-para-atender-demanda-de-agua>

GWP-CA (Asociación Mundial para el Agua, Capítulo Centroamericana). 2006. Situación de los Recursos Hídricos en Centroamérica: Hacia una Gestión Integrada. San Jose, C.R. Ed. V. Reyes (en línea). 3 ed. 99 p. Consultado el 30 Septiembre de 2011. Disponible en: <http://www.gwpcentroamerica.org/uploaded/content/article/1360713710.pdf>.

Hanson, D.L., Steenhuis, T.S., Walter, M.F. y Boll J. 2004. Effects of soil degradation and management practices on the surface water dynamics in the Talgua River Watershed in Honduras. *Land Degradation and Development* 15(4): 367-381.

Hudson, N. 1997. Medición sobre el Terreno de la Erosión del Suelo y de la Escorrentía (en línea). FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 150 p. Consultado el 8 de Octubre de 2011. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/T0848S/T0848S00.htm>.

Kiersch, B. 2002. Relaciones Tierra-Agua en cuencas hidrográficas rurales (en línea). FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 12 p. Consultado el 24 de Julio de 2011. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/agl/-watershed/watershed/papers/paperbck/papbckes/kiersch1s.pdf>.

Lagos, G. 2006. Caracterización del proceso precipitación-escorrentía sólida utilizando un simulador de lluvia. Tesis Ing. Universidad de Talca. Talca- Chile. 5 p. Consultado el 13 de mayo de 2011. Disponible en: [http://dspace.uta.cl/retrieve/10157/lagos\\_farias\\_elizabeth\\_g.pdf](http://dspace.uta.cl/retrieve/10157/lagos_farias_elizabeth_g.pdf).

Monsalve, E. 2000. Hidrología en la Ingeniería: Evapotranspiración. Editorial Alfaomega. Ed 2. México. 382 p.

Mustafa, Y; Amin, M; Lee, T; Shariff. A. s.f. Evaluation of Land Development Impact on a tropical Watershed Hydrology Using Remote Sensing and GIS. *Journal of Spatial Hydrology*. 5(2): 16-30.

Rojas, R. s.f. Escorrentía. (En línea). 17 p. Consultado 22 de jul. 2011. Disponible en: <http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/rojas.r/cap42303.pdf>.

Sánchez, F. 2004. Medidas puntuales de permeabilidad. Departamento de Geología. Universidad de Salamanca, España. 12 p.

USBR (United States Department of Interior Bureau of Reclamation). 2001. Water Measurement Manual: A water resources technical publication. WRRL (Water Resources Research Library). 14 p.

USBR (United States Department of Interior Bureau of Reclamation). 1997. Water Measurement Manual. Consultado: 4 de oct. 2011. Disponible en: [http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics\\_lab/pubs/wmm/index.htm](http://www.usbr.gov/pmts/hydraulics_lab/pubs/wmm/index.htm). (3).

Westerberg, I; Guerrero, J; Seibert, J; Beven, K; Halldin, S. 2011. Stage-discharge uncertainty derived with a non-stationary rating curve in the Choluteca River, Honduras. *Hydrological Processes* 25(4): 603-613.

Villeda. 2010. Actualización del estudio obre valoraciones económicas de los recursos naturales y eco turísticas en El Parque Nacional La Tigra, Tegucigalpa. Consultado: 27 de sept. 2011. Disponible en: <http://www.agendaforestal.org/Documentos%20FOR-CUENCAS/PNLT.pdf>. 4-8 p.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Vertedero en forma de “V” construido en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra.



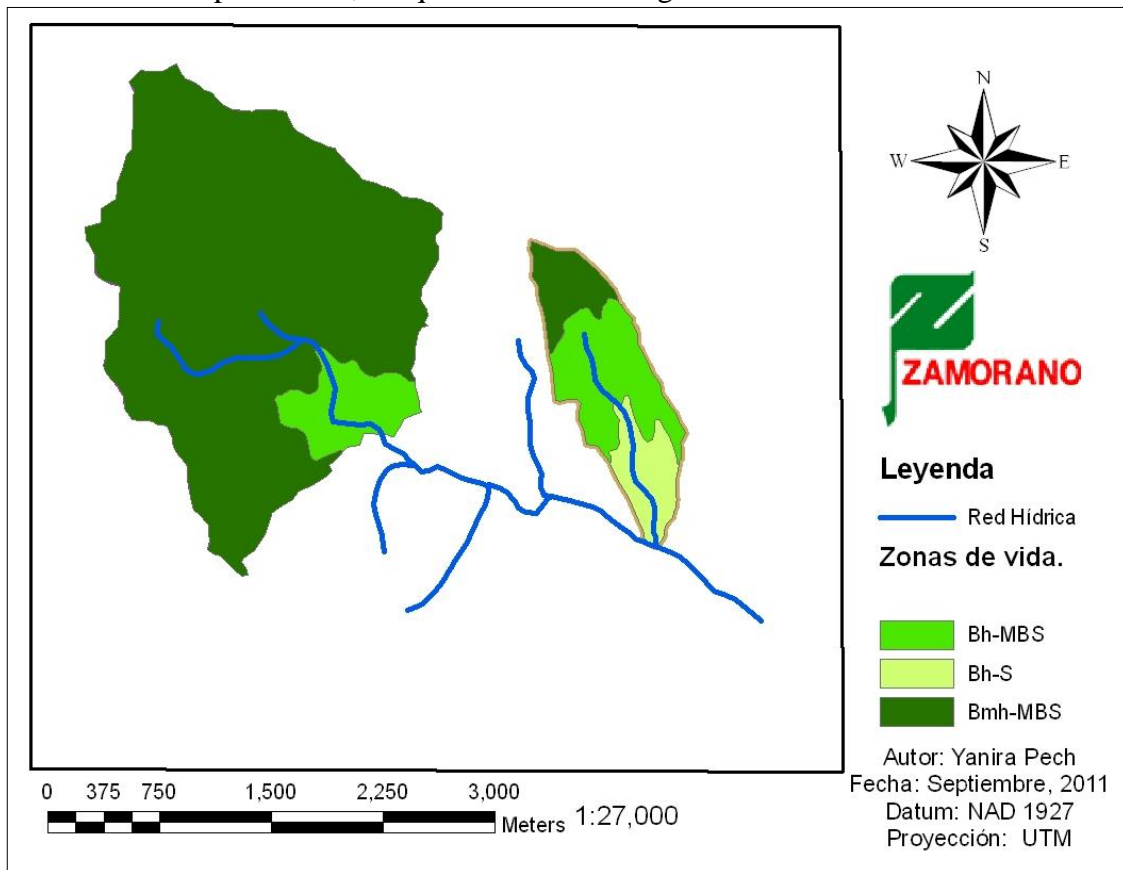
Anexo 2. Vertedero tipo rectangular construido en La Cuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra.



Anexo 3. Precipitación promedio anual en milímetros de 2009 a 2011 en La Microcuenca Experimental La Tigra.

Mes	2008- 2009	2009- 2010	2010- 2011	Promedio
Julio	73.5	135.6	380.6	196.6
Agosto	236.9	120.2	567.8	308.3
Septiembre	224	137.2	258	206.4
Octubre	199.8	70.6	61	110.5
Noviembre	19	94.8	10.6	41.5
Diciembre	20	61.6	2.2	27.9
Enero	37.8	16	16	23.3
Febrero	35	9.6	54.9	33.2
Marzo	5.8	0.6	33.4	13.3
Abril	0	0.8	0.8	0.5
Mayo	80.3	439.6	346	288.6
Junio	340.8	396.9	225	320.9
Precipitación Promedio Anual (mm)	1273.0	1483.5	1956.3	1570.9

Anexo 4. Zonas de vida de las microcuencas TGU (Tegucigalpa) y JTE (El Jute) en la Microcuenca Experimental, Parque Nacional La Tigra.



Anexo 5. Ordenadas del hidrograma unitario para la microcuenca TGU (Tegucigalpa), de la tormenta del 4 de noviembre de 2009.

N°	Hora	Caudal Total	Flujo Base	Escorrentía
		(mm hr <sup>-1</sup> )	(mm hr <sup>-1</sup> )	(mm hr <sup>-1</sup> )
1	12:00	0.05	0.05	0.00
2	13:00	0.05	0.05	0.00
3	14:00	0.05	0.05	0.00
4	15:00	0.05	0.05	0.00
5	16:00	0.07	0.05	0.02
6	17:00	0.11	0.05	0.06
7	18:00	0.12	0.05	0.07
8	19:00	0.11	0.05	0.06
9	20:00	0.09	0.05	0.04
10	21:00	0.08	0.05	0.03
11	22:00	0.08	0.05	0.03
12	23:00	0.07	0.05	0.02
13	00:00	0.07	0.05	0.02
14	01:00	0.07	0.05	0.02
15	02:00	0.07	0.05	0.02
16	03:00	0.07	0.05	0.01
17	04:00	0.06	0.05	0.01
18	05:00	0.06	0.05	0.01
19	06:00	0.06	0.05	0.01
20	07:00	0.06	0.05	0.01
21	08:00	0.06	0.05	0.01
22	09:00	0.06	0.05	0.01
23	10:00	0.06	0.05	0.01
24	11:00	0.06	0.05	0.01
Total		1.71	1.21	0.50

Anexo 6. Ordenadas del hidrograma unitario para la microcuenca JTE (El Jute), de la tormenta del 4 de noviembre de 2009.

N°	Hora	Caudal Total	Flujo Base	Escorrentía
		(mm hr <sup>-1</sup> )	(mm hr <sup>-1</sup> )	(mm hr <sup>-1</sup> )
1	12:00	0.05	0.05	0.00
2	13:00	0.05	0.05	0.00
3	14:00	0.05	0.05	0.00
4	15:00	0.05	0.05	0.00
5	16:00	0.07	0.05	0.02
6	17:00	0.11	0.05	0.06
7	18:00	0.12	0.05	0.07
8	19:00	0.11	0.05	0.06
9	20:00	0.09	0.05	0.04
10	21:00	0.08	0.05	0.03
11	22:00	0.08	0.05	0.03
12	23:00	0.07	0.05	0.02
13	00:00	0.07	0.05	0.02
14	01:00	0.07	0.05	0.02
15	02:00	0.07	0.05	0.02
16	03:00	0.07	0.05	0.01
17	04:00	0.06	0.05	0.01
18	05:00	0.06	0.05	0.01
19	06:00	0.06	0.05	0.01
20	07:00	0.06	0.05	0.01
21	08:00	0.06	0.05	0.01
22	09:00	0.06	0.05	0.01
23	10:00	0.06	0.05	0.01
24	11:00	0.06	0.05	0.01
Total		1.71	1.21	0.50