

**UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y
ARTES DE CHIAPAS**

**INSTITUTO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS**

TESIS

**ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN PEQUEÑAS ÁREAS
DE APOORTE DE LA CUENCA COATÁN Y PROPUESTAS
PARA SU ORDENACIÓN AGROHIDROLÓGICA**

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS**

PRESENTA

ANA DEYSI ARRIAZA RODRÍGUEZ

Director

Dr. José Luis Arellano Monterrosas

Asesora

M. en C. Silvia Elena Montesinos Núñez

Tonalá, Chiapas a 10 de Agosto de 2016.



Dedicatoria:

Primeramente le agradezco y le dedico este logro a dios por estar con vida y así poder haber concluido una etapa más en mis estudios.....

A mi madre: Ilse Rodríguez Morales

Gracias te doy madre por haberme ayudado a concluir, mis estudios y que siempre has estado en cada uno de mis logros. Y siempre me das tu amor y tus besos. Te amo mamita.

A mi padre: Ramón Arriaza Montoya

Padre eres una parte importante en la culminación de mis estudios y por eso te agradezco que me hayas apoyado. Te quiero papito.

A mi hermana: Tere Arriaza

Te agradezco el apoyo incondicional que has dado... Y los buenos momentos que hemos pasado juntas.

A mis tíos J. Alberto y Yadira:

Tíos les agradezco humildemente todo el apoyo que me han otorgado en los momentos difíciles de mi vida. Y que a pesar de eso no han dejado caer y siempre están hay cuando los necesito... Los quiero mucho.

Agradecimientos:

Le agradezco a la Universidad de Ciencias y Arte de Chiapas (UNICACH), por haberme permitido ser parte de la institución académica.

Agradezco también a todos los maestros que formaron parte de mi enseñanza en la institución. Gracias les doy a ustedes Maestras: Citlalli Tapia, Silvia Montesinos, Cielo, Angie Chivardi, Selene.

A ustedes maestros: Arkadi Uscanga, Jose Reyes, Juan Pedro, Ignacio Díaz, Delmar.

Tambien le agradezco al Dr. José Luis Arrellano Monterrosas por haber aceptado ser mi director de tesis.

ÍNDICE	Página
Índice de cuadros	I
Índice de figuras	II
Resumen	III
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	13
CAPITULO II. MARCO TEORICO	16
2.1. La cuenca como sistema	16
2.2. La ordenación agrohidrológica de una cuenca tropical	17
2.3. Factores que influyen en la respuesta hidrológica de una cuenca	18
2.4. El uso del suelo y su relación con la hidrología de una cuenca	19
2.5. Los bosques y la recarga de acuíferos	20
2.6. Los servicios ambientales hidrológicos y manejo integrado de cuencas	21
CAPITULO III. ANTECEDENTES	23
CAPITULO IV. HIPÓTESIS	25
CAPITULO V. OBJETIVOS	25
5.1. Objetivos generales	25
5.2. Objetivos específicos	25
CAPITULO VI. ZONA DE ESTUDIO	26
6.1. Microcuenca progreso	27
6.2. Microcuenca Chanjalé	27
CAPITULO VII. MÉTODO	28
7.1. Parámetros morfométricos de las microcuencas	28
7.1.1. Delimitación y superficie	28
7.1. 2. Área	28
7.1.3. Perímetro	29
7.1.4. Longitud del cauce principal	29
7.1.5. Perfil longitudinal del cauce	29
7.1.6. Coeficiente de compacidad (kc)	30
7.1.7. Perfil del cauce principal	31
7.1.8. Pendiente media de la microcuenca	31

7.1.9. Orden de corrientes y número de orden de corrientes	32
7.1.10. Relación de bifurcación	32
7.1.11. Densidad de corrientes	33
7.1.12. Densidad de drenaje	33
7.1.13. Curva hipsométrica	33
7.1.14. Tiempo de concentración	34
7.2. Instrumentos empleados en la medición de los procesos hidrológicos	35
7.2.1. Pluviógrafo	35
7.2.2. Estación de aforo	37
7.3. Variables y su análisis	38
7.3.1. Lluvia	38
7.3.2. Escurrimiento superficial	41
7.3.3. Caudal base de escurrimiento	44
7.3.4. Evapotranspiración	44
CAPITULO VIII. RESULTADOS	46
8.1. Características morfométricas	46
8.1.1. Delimitación y superficie	46
8.1.2. Área	47
8.1.3. Perímetro	47
8.1.4. Perfil longitudinal del cauce	47
8.1.5. Coeficiente de compacidad (kc)	48
8.1.6. Pendiente media de la microcuenca	49
8.1.7. Orden de corrientes y número de orden de corrientes	51
8.1.8. Relación bifurcación	53
8.1.9. Densidad de corrientes	53
8.1.10. Densidad de drenaje	54
8.1.11. Curva hipsométrica	55
8.1.12. Tiempo de concentración	57
8.2. Precipitación	58
8.3. Escurrimiento superficial	64
8.3.1. Láminas de escurrimiento directo	64

8.3.2. Escurrimiento máximo	66
8.3.3. Escurrimiento pico específico	68
8.3.4. Escurrimiento base	71
8.3.5. Coeficiente de escurrimiento	76
CAPITULO IX. PROPUESTA PARA LA ORDENACIÓN AGROHIDROLÓGICA	79
9.1. Terrazas de muro vivo (TMV)	79
9.1.1. Descripción	79
9.1.2. Funciones	79
9.1.3. Procesos de construcción	80
9.2. Barreras vivas de especies perennes	81
9.2.1. Descripción	81
9.2.2. Funciones	81
9.2.3. Proceso de construcción	81
9.3. Regeneración natural	84
9.3.1. Descripción	84
9.3.2. Funciones	84
9.3.3. Proceso de construcción	84
9.4. Reforestación	86
9.4.1. Descripción	86
9.4.2. Funciones	86
9.4.3. Proceso de construcción	87
9.5. Terrazas individuales (TI)	88
9.5.1. Descripción	88
9.5.2. Funciones	88
9.5.3. Proceso de construcción	89
9.6. Presa filtrantes vegetativas (PFV)	90
9.6.1. Descripción	90
9.6.2. Funciones	90
9.6.3. Proceso de construcción	91

9.7. Presa filtrante de ramas y estacas	92
9.7.1. Descripción	92
9.7.2. Funciones	92
9.7.3. Proceso de construcción	93
9.8. Presa de geocostales	93
9.8.1. Descripción	93
9.8.2. Funciones	93
9.8.3. Proceso de construcción	94
9.9. Presa filtrante de morrillos	96
9.9.1. Descripción	96
9.9.2. Funciones	96
9.9.3. Proceso de construcción	96
9.10. Presa filtrante de piedras acomodadas	97
9.10.1. Descripción	97
9.10.2. Funciones	97
9.10.3. Proceso de construcción	98
X. DISCUSIÓN	100
XI. REFERENCIA	102

INDICE DE CUADROS

Cuadro Núm.		Pág.
1	Clasificación de Gravellius	30
2	Parámetros de lluvias obtenidos de los pluviogramas registrados durante 2011	41
3	Parámetros de escurrimiento y su unidad de medida	43
4	Número de cauces de la microcuenca de uso Agroforestal, Progreso	52
5	Número de cauces de la microcuenca de uso forestal, Chanjalé	52
6	Relación de bifurcación en la microcuenca de uso agroforestal, Progreso	53
7	Relación de bifurcación en la microcuenca de uso forestal, Chanjalé	53
8	Cálculos para la obtención de la curva hipsométrica en la microcuenca de uso agroforestal, Progreso	55
9	Cálculos para la obtención de la curva hipsométrica en la microcuenca de uso forestal, Chanjalé	56
10	Eventos de lluvias de la microcuenca de uso agroforestal Progreso 2011, Municipio de Cacahoatán, Chiapas	59
11	Eventos de lluvias de la microcuenca de uso forestal Chanjalé 2011, Municipio de Tapachula, Chiapas	60
12	Intensidades máximas de eventos de lluvias de la microcuenca Progreso 2011, Municipio de Cacahoatán, Chiapas	61
13	Intensidades máximas de eventos de lluvias de la microcuenca Chanjalé 2011, Municipio de Tapachula, Chiapas	62
14	Rango y promedio del índice de erosividad de la microcuenca de uso agroforestal Progresó 2011, Municipio de Cacahoatán, Chiapas	62
15	Rango y promedio del índice de erosividad de la microcuenca Chanjalé 2011, Municipio de Tapachula, Chiapas	63
16	Lámina de escurrimiento de la microcuenca de uso agroforestal Progresó 2011, Municipio de Cacahoatán, Chiapas	65
17	Lámina de escurrimiento de la microcuenca de uso forestal Chanjalé 2011, Municipio de Tapachula, Chiapas	66
18	Magnitud del gasto pico de la microcuenca de uso Progresó 2011, Municipio de Cacahoatán, Chiapas	66
19	Magnitud del gasto pico de la microcuenca de uso Chanjalé 2011, Municipio de Tapachula, Chiapas	67
20	Gasto pico específico (q en L/s/ha) de la microcuenca agroforestal Progresó 2011, Municipio de Cacahoatán, Chiapas, México	68

21	Gasto pico específico de la microcuenca de uso forestal Chanjalé 2011, Municipio de Tapachula, Chiapas, México	68
22	Características del escurrimiento de las microcuencas Progreso y Chanjalé	70
23	Flujo base máximo y promedio registrado en las microcuencas de estudio	75
24	Algunas plantas útiles para el establecimiento de barreras vivas	83
25	Caracterización morfométrica de la microcuenca, Progreso	101
26	Caracterización morfométrica de la microcuenca, Chanjalé	101

INDICE DE FIGURAS

Figura Num.		Pág.
1	Ubicación de las microcuencas de estudio dentro de la cuenca del río Coatán, Costa de Chiapas.	26
2	Pluviógrafo de registro continuó para el registro de lluvia en las microcuencas experimentales del río Coatán, Chiapas. (FUENTE:CONAGUA, 2011)	36
3	Sistema de aforo instalado en la salida de las microcuencas de estudio (izquierda: sección de control con aforador tipo H. Derecha: limnógrafo mecánico, horizontal de flotador) (FUENTE: CONAGUA, 2011)	37
4	Formato de tabla en hoja de cálculo para la evaluación de pluviogramas	40
5	Formato de tabla en hoja de cálculo para la evaluación de limnigramas	43
6	Delimitación del parteaguas de las microcuencas de estudio Progreso(izquierda) y Chanjalé (derecha)	46
7	Perfil del cauce principal del área de aporte de la cuenca Coatán, Progreso	47
8	Perfil del cauce principal del área de aporte de la cuenca Coatán, Chanjalé	48
9	Pendiente media de la microcuenca de uso agroforestal, Progreso	49
10	Pendiente media de la microcuenca de uso agroforestal, Chanjalé	50
11	Orden de la corriente en la microcuenca de uso agroforestal, Progreso	51
12	Orden de la corriente en la microcuenca de uso forestal, Chanjalé	51
13	Curva hipsométrica en la microcuenca Progreso	55
14	Curva hipsométrica en la microcuenca Chanjalé	57
15	Láminas de lluvia registradas en las microcuencas de estudio	59
16	Escurrimiento base en la microcuenca de uso forestal Progreso, 2011	71
17	Lámina de escurrimiento base en la microcuenca de uso agroforestal Progreso, 2011.	72
18	Lámina específica de escurrimiento base en la microcuenca de uso agroforestal Progreso, 2011	73
19	Escurrimiento base en la microcuenca de uso forestal Chanjalé, 2011	74
20	Lámina de escurrimiento base en la microcuenca de uso forestal Chanjalé, 2011	74
21	Lámina específica de escurrimiento base en la microcuenca de uso forestal Chanjalé, 2011	75
22	Régimen del coeficiente de escurrimiento en la microcuenca de uso agroforestal Progreso, 2011	77
23	Régimen del coeficiente de escurrimiento en la microcuenca de uso forestal Chanjalé, 2011	78

24	Terreno donde se observan las curvas a nivel	80
25	Formación de una terraza de muro vivo con estacas	80
26	Terrazas individuales con especies forestales	88
27	Sección transversal de una terraza individual (FUENTE: CONAFOR, 2008)	89
28	Presa filtrante vegetativa para controlar escurrimiento y erosión en cárcavas (FOTO: Rodríguez Morales, J.A.)	90
29	Colocación transversal de hilera de estacas (FUENTE: CONAFOR, 2008)	91
30	Presa de ramas y estacas (FOTO: Rodríguez Morales, J.A.)	93
31	Presa de geocostales para el control de azolves (FOTO: Velázquez Morales, G.M.)	95
32	Presa de piedras acomodadas para el control de azolves (FOTO: Velázquez Morales, G.M.)	98

ARRIAZA RODRÍGUEZ, A.D. 2016. ESCURRIMIENTO SUPERFICIAL EN PEQUEÑAS ÁREAS DE APORTE DE LA CUENCA COATÁN Y PROPUESTAS PARA SU ORDENACIÓN AGROHIDROLÓGICA. TESIS PROFESIONAL. UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS. TONALÁ, CHIAPAS.

RESÚMEN

Se realizó, el estudio en dos microcuencas experimentales, con la finalidad de medir algunos procesos hidrológicos y analizar el papel del uso del suelo (cobertura vegetal) en la respuesta hidrológica y la relación entre las entradas y salidas de agua (coeficiente de escurrimiento), en pequeñas áreas ubicadas en la parte alta y media de la cuenca del río Coatán, de la región Costa de Chiapas.

El análisis de la precipitación, fue a través de los pluviogramas registrados durante el periodo de estudio; estos se ordenaron por fecha y de cada una de las gráficas se calculó, la lámina (mm), intensidad máxima y mínima, así como en diferentes intervalos de tiempo (mm/h), duración (min), energía cinética (MJ/ha) e índices de erosividad máxima en treinta minutos consecutivos de lluvia. El escurrimiento superficial, se midió a la salida de cada microcuenca, mediante el uso de aforadores con limnógrafos horizontales de resolución múltiple de registro, en los que se totalizaron los volúmenes de escurrimiento (m^3) por evento de lluvia, los que relacionados al área de captación, se expresaron en unidad lámina (mm), se midió el caudal máximo (l/ s), duración y coeficientes de escurrimiento.

Como complemento al análisis de la lluvia y el escurrimiento superficial se presentan propuestas de prácticas y obras de conservación del suelo y agua, que puede implementarse en las áreas de estudio, para almacenar humedad en el suelo, regular el escurrimiento superficial pico y controlar la erosión hídrica.