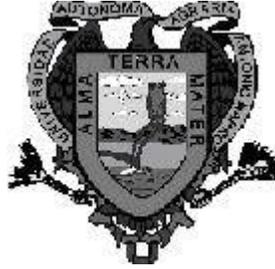


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE LA MICROCUENCA LAS
TERNERAS AL SURESTE DE COAHUILA.**

POR:

SONIA ELENA GÓMEZ GÓMEZ

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.
NOVIEMBRE DE 2003.**

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ PARTICULAR DE
ASESORÍA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OBTENER EL
TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal: _____

Dra. Iliana Isabel Hernández Javalera

Asesor: _____

Dr. Heriberto Díaz Solís

Asesor: _____

Dr. Arturo Gallegos del Tejo

Asesor: _____

M.C. Luis Pérez Romero

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

M.C. Ramón F. García Castillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; Noviembre de 2003.

DEDICATORIA

Con Respeto y Amor a mis Padres:

María Elvira Gómez Zúñiga.

Adrián Alberto Gómez Varela.

A quienes debo todo lo que soy, quienes con su ejemplo siempre me mostraron el camino del bien y hoy ven lograda con satisfacción mi formación profesional.

Con afecto a mis ***hermanos:***

Elvira Gómez Gómez (+)

Claudia Patricia Gómez Gómez. A quienes deseo lo mejor del mundo.

Carlos Alberto Gómez Gómez.

Mariana Engracia Gómez Gómez.

A mi sobrino.....¡bienvenido!

Al gran amor de mi vida, mi novio **Martín Ávila Colomo**, Gracias por tu compañía, por apoyarme en todo...Gracias por estar ahí cuando más te necesite.....Por eso y más..... Gracias.

iii

AGRADECIMIENTO

A mi inolvidable “**ALMA MATER**”

A la **Dra. Iliana Isabel Hernández Javalera**, por confiar en mi para realizar el presente estudio, por su sincera amistad, por su espíritu de cooperación, por ayudarme en todo y por ofrecerme su hogar...Gracias..... Al igual que a su hijo *Pavel*.

Al **Dr. Heriberto Díaz Solís**, por su confianza y ayuda gracias.

Al **Ing. M.C. Luis Pérez Romero**, por su amistad, por participar en el presente estudio y por su orientación.

Al **Dr. Arturo Gallegos Del Tejo**, por su disponibilidad y apoyo de material para la realización del presente estudio.

Al **Ing. M.C. Silvia Xiomara Gonzáles Aldaco**, por su sincera amistad, y por su colaboración en el presente estudio.

Al **Ing. Myrna Julieta Ayala Ortega**, por su valiosa amistad y por estar ahí cuando la necesite y por sus consejos y orientación.

Al **Ing. M.C. Luis Lauro De León González**, por su amistad y por guiarme cuando más lo necesite y por sus inolvidables consejos.

A la **LSC. Diana E. Castro**, por su amistad y apoyo.

Al **Ing. Juan Cepeda Corvera**, por su orientación, amistad y por apoyarme en todo.

Al **Ing. Martha** por su apoyo y por saber guiarme y orientarme cuando más lo necesite.....Gracias.

Al personal administrativo del Departamento de Recursos Naturales. En especial a **Sr. Jesús Cabrera Hernández** (auxiliar de investigación) por colaborar en el trabajo de campo, al igual que a la Secretaria *Lourdes Robledo*.

A mis compañeros de generación: Adriana Ayala Sánchez, Andrés Gómez Vásquez, Benigno Martínez Canúl, *Jesús Armando Zaleta Fernández*, Marco Antonio Coello Consuegra, Jorge Eduardo López Martínez, Agustín Díaz Acosta, *José Alfredo Morales Molina*, Cesar Orlando Medina Raso, Abelino A.,

iv

Piedra, Marlene Rojas Torres, Alejandro Fraga, José Guadalupe Martínez López, Marlen Jiménez Navidad, José Luis González Domínguez, Juan Carlos García Alvarado, por la sincera amistad que ha prevalecido entre nosotros.

A todos mis maestros, que me transmitieron su sabiduría para mi formación.

A mis amigos *Alma Delia Cruz López*, Juan Carlos Ávila Colomo, *José Solís Cortes (pelón)*, *Rosa Isela Acosta Romero* por su gran amistad desinteresada.

A mi abuela **Ofelia Zúñiga Ramírez**, por su amor, y comprensión al igual que a mis **tíos**.

A mi abuelo **Albino Gómez Molina**, por su apoyo, de igual forma a mi abuela y tíos.

A mis tíos **Rosa y Javier Gómez**, por apoyarme cuando más los necesite y por brindarme su confianza.

A mis padrinos **Rosa e Ismael**, por su apoyo y amistad.

Al **Club Río Grande Zacatecas en Chicago, Illinois**, por su apoyo económico para poder concretar mis estudios.

A todas las personas que de alguna forma colaboraron para que yo concluyera mis estudios.

v

INDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis.....	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Definiciones.....	3
Cuenca Hidrológica.....	3
Manejo de Cuencas Hidrológicas.....	3
Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas.....	4
Escurremientos Superficiales.....	4
Partes de la Cuenca Hidrológica.....	5
Morfología de Cauces.....	5
Perfil Longitudinal del Cauce.....	6
Trazado de los Ríos.....	6
Recto.....	6
Meandriforme.....	7
Trenzado.....	7
Geometría Hidráulica.....	8
Sedimentos.....	8
Formas del Lecho.....	9
Áreas Riparias.....	10
Aspectos Hidrológicos.....	12

Sistemas de Clasificación de Cauces.....	12
Sistemas de Información Geográfica.....	13
Material y Equipo de Apoyo para los SIG´S.....	13
Carta Topográfica.....	13
Carta Geológica.....	14
Carta Edafológica.....	14
Carta de Uso de Suelo y Vegetación.....	14
Fotografía Aérea.....	15
Geoposicionador Satelital.....	15
MATERIALES Y METODOS.....	16
Área de Estudio.....	16
Suelos.....	16
Geología.....	18
Vegetación.....	21
Clima.....	23
Metodología.....	23
Trabajo Previo.....	23
Caracterización del Área de Estudio.....	24
Toma de Datos en Campo.....	24
Información Digital.....	25
Análisis Estadístico.....	26
Clasificación del Cauce.....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
Características métricas.....	28
Relación entre Variables.....	28
Sistema de Clasificación de Cauces.....	33
CONCLUSIONES.....	37
RESUMEN.....	39
LITERATURA CITADA.....	41
ANEXOS.....	45

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1.	Bienes y Servicios de las áreas Riparias.....	11
2.	Unidades de Suelo y Superficie aproximada que ocupan en la microcuenca Las Terneras.....	18
3.	Tipo de Roca y Superficie que ocupan en la microcuenca Las Terneras.....	21
4.	Tipo de vegetación y Superficie que ocupan en la microcuenca Las Terneras.....	21
5.	Porcentaje de Varianza Total por Factor.....	30
6.	Coeficiente de Correlación de las Variables con los tres Primeros Factores.....	30

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Perfil Longitudinal del Cauce.....	6
2.	Tipos de Trazados Meandriiformes.....	7
3.	Sección Transversal del Cauce.....	8
4.	Acumulación de Sedimentos en el Cauce.....	9
5.	Secuencias de Rápidos y Pozos.....	10
6.	Ubicación del Área de Estudio.....	16
7.	Mapa de Unidades de Suelo.....	17
8.	Formación La Peña.....	19
9.	Mapa de Unidades Geológicas.....	20
10.	Mapa de Uso de Suelo y Vegetación.....	22
11.	Descripción de Transecto de Muestreo.....	24
12.	Ubicación de los Puntos de Muestreo.....	29
13.	Uso del Suelo.....	31
14.	Relación del Ancho y Profundidad.....	32
15.	Distribución del Factor 1 y Factor 3.....	32
16.	Distribución del Factor 1 y Factor 2.....	33
17.	Tipos de Cauces Según Rosgen.....	34
18.	Material Presente Dentro del Lecho.....	35
19.	Subtipos de Cauce.....	35
20.	Perfil longitudinal del Cauce Principal.....	36

INTRODUCCIÓN

Desde las primeras civilizaciones los ríos y arroyos han sido clave para el desarrollo de las comunidades y su supervivencia. Estos cauces han servido como medio de suministro de agua, alimento, fuente de energía y otros. Es por ello indispensable conservarlos, manejarlos, restaurarlos y protegerlos, ya que constituyen un recurso natural que hace posible que todo ser vivo exista. Una de las herramientas fundamentales para lograr este objetivo es el estudio de su morfología, así como, el efecto del uso de suelo que se da en sus márgenes y en las partes altas de las cuencas, ya que a través de los cauces se puede conocer el estado en que se encuentran las cuencas y su evolución en el tiempo.

La caracterización morfológica así como el uso de suelo que impacta los arroyos que provienen de la Sierra de Zapalinamé, es de gran importancia para la ciudad de Saltillo, ya que de ahí se provee la mayor parte de agua que llega a sus habitantes, siendo también esta región donde se producen los escurrimientos que inundan la ciudad.

El cauce principal de la cuenca Las Terneras forma parte de estos arroyos, por lo que se hace necesario conocer las características de su cauce, así como de la condición que presentan las partes adyacentes como reflejo de lo que pasa en toda la cuenca. Lo anterior sirve de base para la implementación de planes de desarrollo, conservación y rehabilitación que se pudieran aplicar en estas áreas.

Para el presente estudio se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis.

OBJETIVO GENERAL

Caracterizar morfológicamente el cauce principal de la microcuenca hidrológica Las Terneras, al Sureste de Coahuila.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la relación de las características morfológicas del cauce principal: Pendiente, ancho, profundidad y material del lecho del cauce con el uso del suelo adyacente a éste.
- Clasificar el cauce principal con base al sistema de clasificación de Rosgen.

HIPÓTESIS

- Las características morfológicas del cauce principal están relacionadas con el uso de suelo adyacente al cauce, reflejando en gran medida la condición actual de toda la microcuenca.
- El sistema de clasificación de Rosgen es útil para determinar la condición de la cuenca.

REVISIÓN DE LITERATURA

Definiciones

Cuenca Hidrológica

Es la unidad fundamental de la naturaleza, la cual se forma con la lluvia directa a las montañas enlazando los escurrimientos a las plantas y de ahí a los ríos, lagos, océanos, entre otros. La cuenca hidrológica es la unidad básica de suministro de agua, la cual es fundamental para cualquier actividad y subsistencia de todo ser viviente. Constituye la unidad geográfica en la que ocurren las fases del ciclo hidrológico y por lo tanto es la unidad básica de gestión de agua; se delimita superficialmente por los parteaguas (cerros), que abarcan la cuenca hidrológica. (Maderey, 1970).

Manejo de Cuencas Hidrológicas

El manejo de cuencas hidrológicas incluye la manipulación del suelo y la vegetación de un área en particular para reducir la erosión, mejorar la calidad del agua, estabilizar descargas, incrementar el suplemento del agua, controlar la infiltración, escurrimiento, contaminación y erosión. Debe ser hecho en respuesta a las oportunidades y a los retos de protección, rehabilitación y mejoramiento de los objetivos del manejo de cuencas, de las libertades individuales y de las metas de la gente a las cuales pertenecen los recursos y quienes, en última instancia, son los que los manejan (Black, 1996).

Así mismo lleva a realizar una serie de prácticas tales como conservación del tipo de vegetación, construcción de pequeñas presas, cosecha de agua, control de apacentamiento, recreación, agricultura, uso urbano, uso forestal, manejo de áreas riparias, entre otras. (Holechek *et al.*, 2003).

Manejo Integral de Cuencas Hidrológicas

Mediante el enfoque de manejo integrado de cuencas hidrológicas es posible incorporar, no solamente los aspectos ligados directamente al agua, sino a todos los recursos existentes en el área geográfica en la que escurre. El objetivo de este enfoque es lograr restaurar y mantener la integridad física, química y biológica de los ecosistemas, proteger la salud de las personas y lograr el desarrollo sustentable. La visión integrada es necesaria para analizar las razones por las que se rompe el equilibrio y se pone en riesgo la sustentabilidad de los recursos; lo es también porque permite buscar sinergias en el manejo de los recursos naturales para evitar su deterioro. Algunos elementos que guardan una estrecha vinculación y que por lo tanto deben ser manejados con un enfoque integrado son: agua, vegetación, fauna, suelos y biodiversidad. (CNA 2001, y SEMARNAT, 2001)

Escurremientos Superficiales

Los escurrimientos son la parte del agua de lluvia proveniente de la precipitación que circula por los cauces, ya sea sobre o bajo la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca. (Aparicio, 1994)

Según Becerra (1999), los escurrimientos superficiales, son una parte de la lluvia que llega a la superficie terrestre y fluye a los terrenos con pendiente hacia los ríos, lagunas y océanos. Los escurrimientos superficiales se forman por el flujo sobre el terreno y las corrientes en los cauces; los escurrimientos subsuperficiales están constituidos por el agua de precipitación que se infiltra y escurre pendiente abajo dentro del suelo, cerca de la superficie; por último, los escurrimientos subterráneos, son la parte del agua que se infiltra hasta una profundidad inferior al nivel freático. (Becerra, 1999). Estos tres tipos de filtraciones constituyen los patrones de drenaje, una característica importante de cualquier cuenca hidrológica, refiriéndose al arreglo de los cauces naturales,

ya sea por su naturaleza, efectos del clima, geología de la cuenca, relacionándose para producir ciertos patrones de la erosión, las cuales conforman una red de drenaje.

Partes de la Cuenca Hidrológica

Generalmente al hablar de una cuenca hidrológica, nos estamos refiriendo a las partes por las cuales esta compuesta: parte alta, parte media y parte baja. En la parte alta abundan los afloramientos rocosos, materiales leñosos y sedimentos más gruesos, con pendientes pronunciadas en las laderas; la anchura del cauce es pequeña, los árboles de los lados dan sombra a la mayor parte del cauce. En la parte media, el ancho del cauce tiende a ser mayor que en la parte alta, sin embargo puede presentarse lo contrario, si el cauce presenta un marcado disturbio; el lecho del cauce esta constituido principalmente por gravas y piedras que son de menor tamaño que en la misma posición las partes altas.

En la parte baja de la cuenca los cauces tienden a ser todavía más anchos que las partes alta y media de la cuenca; el lecho del fondo del cauce presenta sedimentos más finos, que se depositan o transportan más fácilmente; las áreas riparias en esta parte de la cuenca se ven impactadas por el uso urbano, agrícola y ganadera (González *et al.*, 1998; Leopold, 1994).

Morfología de Cauces

La morfología de los cauces hace referencia a las formas que presentan estos, interviniendo la forma, pendiente y vegetación riparia del valle. Siendo importante considerar al río en tres aspectos, vista lateral o perfil longitudinal, vista en planta o trazado y vista transversal o geometría hidráulica del cauce (González *et al.*, 1998).

Perfil Longitudinal del Cauce

González *et al.* (1998) describe el perfil longitudinal de un cauce como la forma en que el río pierde cota a lo largo de su recorrido. La forma de este perfil es comúnmente cóncava con una pendiente que disminuye hacia las partes bajas debido generalmente por la disminución del tamaño de los sedimentos.

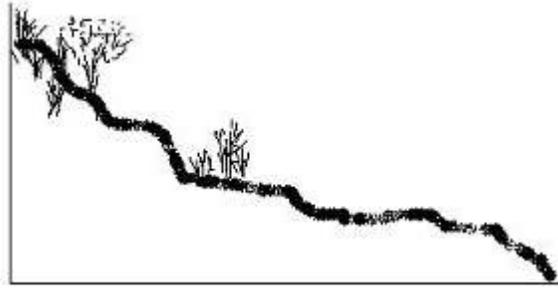


Figura 1. Perfil longitudinal del cauce.

Trazado de los Ríos

Se refiere al tipo de trayectoria que presenta en planta y que puede observarse en las fotografías aéreas. La sinuosidad y el cociente entre la longitud del río y la longitud del valle en determinado tramo, permiten establecer tres tipos de trazados: recto, meandriforme y trenzado (Leopold *et al.*, 1995; Rosgen, 1996).

Recto

No se presentan o se aprecian curvas en el cauce. En cauces naturales no es común encontrar este tipo de trazo como patrón general del cauce, pero sí en segmentos o tramos cortos. Sin embargo el flujo y la deposición de sedimentos se presenta en cauces rectos, meandriformes o trenzados (Leopold, 1994).

Meandriforme

Es el tipo de trazo o patrón que se presenta principalmente en los cauces naturales, ya que virtualmente todos los cauces presentan curvas, sin embargo, este término se aplica a los cauces que presentan curvas regularmente (Leopold, *et al.*, 1995). Este se presenta cuando el coeficiente de sinuosidad es mayor a 1.5, a causa de que las curvas del cauce se desplazan en sentido transversal del valle de un lado a otro (González *et al.*, 1998). Estas curvas o meandros son de diferentes tipos (Figura 2).

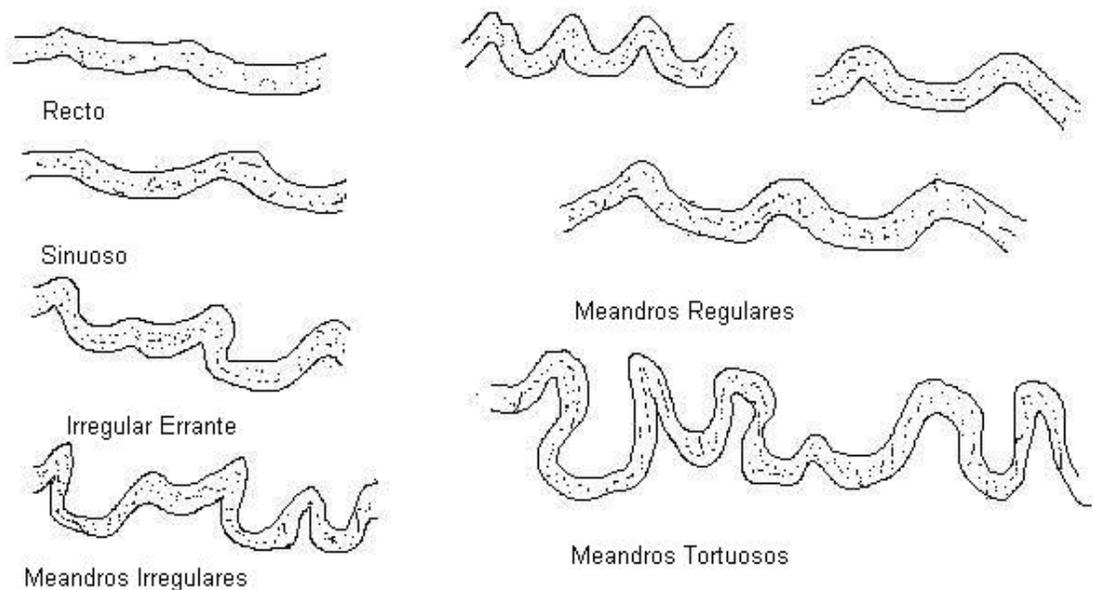


Figura 2. Tipos de trazados meandriformes.

Trenzado

Se presenta en tramos de mayor pendiente cuando la carga sólida es elevada; es característico por la formación de un curso de agua ancho y poco profundo, dividiéndolo en varios brazos, dejando islas intercaladas, uniéndose aguas abajo y nuevamente separándose, aparentado trenzados. (González *et al.*, 1998). De acuerdo con Ritter (1986), los cauces con trazo trenzados son generalmente más pronunciados, someros y anchos que los cauces no múltiples.

Geometría Hidráulica

Se refiere a la sección transversal del cauce, donde se relacionan el caudal, el ancho del cauce, la profundidad, velocidad de las aguas y la carga de sedimentos. González *et al.* (1998) menciona que siempre que se analiza la sección transversal del cauce, se hace distinción a la relación entre la misma sección del cauce, según varía el nivel del agua con el caudal y la relación a las distintas secciones aguas abajo; aquí el cauce tiende a ser más ancho y menos profundo que aguas arriba, por lo que el área transversal comúnmente toma una forma trapezoidal más regular para cauces rectos y formas irregulares para cauces meandriiformes (Leopold, 1994). La figura 3 muestra la sección transversal de un cauce natural.

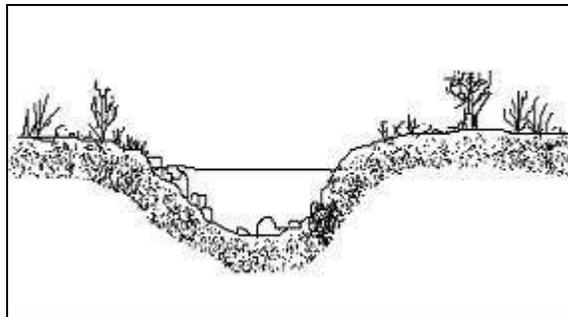


Figura 3. Sección transversal del cauce.

Sedimentos

Siempre que se analiza la morfología de los ríos, es importante considerar los sedimentos, ya que debido a la naturaleza del cauce, estos presentan diferente granulometría y distribución. Lo anterior trae como consecuencia que los sedimentos se acumulen a los lados del lecho del cauce. Estas acumulaciones generalmente se presentan con diferente rugosidad, creando rápidos y remansos (Figura 4). Los sedimentos que se transportan y acumulan o depositan en el lecho del cauce provienen tanto de los terrenos adyacentes a estos, como de los que se arrastran sobre el mismo cauce

(González *et al.*, 1998). La cantidad de sedimentos que se transporta depende en gran medida de las descargas del caudal y el tamaño de los sedimentos. Las partículas grandes o de mayor tamaño pesan más y son más difíciles de iniciar el movimiento, mientras que las más pequeñas responden a la fuerza de adherirse (Rosgen, 1996).

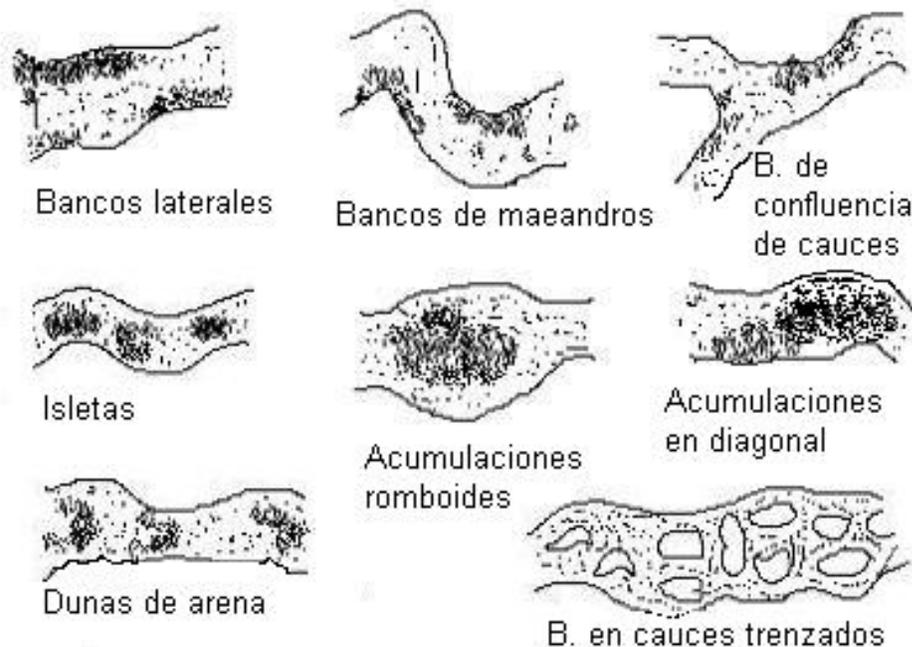


Figura 4. Acumulación de sedimentos en el cauce.

Formas del lecho

Las formas del lecho están determinadas por los continuos procesos de erosión y sedimentación en las aguas, con una redistribución de partículas, formando acumulaciones más o menos regulares. En los tramos de ríos arenosos se desarrollan rizaduras, dunas, lecho liso o antidunas, estos en función al tipo de régimen. Las formas de lecho son importantes debido a su significado, en la resistencia que ofrece en el paso de las aguas. En los tramos del río de granulometría más gruesa (grava), se forman barras de sedimentos, a un lado y otro de las orillas, formando acumulaciones y secuencias de rápidos

(riffles) y pozas (pools), que son fáciles de observar en los caudales bajos (González *et al.*, 1998) (Figura 5).

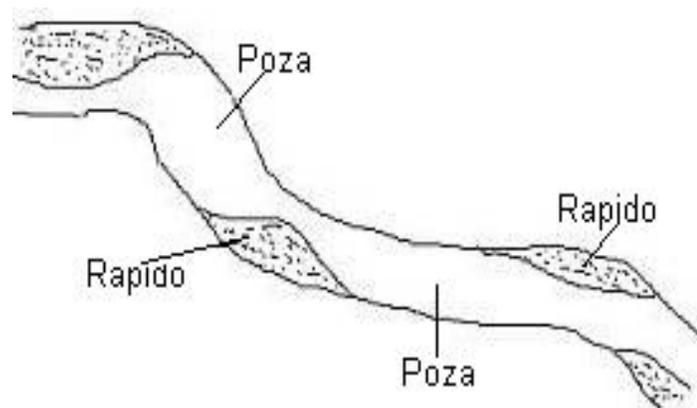


Figura 5. Secuencia de rápidos y pozas.

Áreas Riparias

Las áreas riparias son las zonas más próximas a los cauces, siendo espacios que bordean a los ríos. Estas áreas constituyen la zona de transición entre los sistemas terrestres y los acuáticos, por lo tanto son áreas que presentan un complejo potencial suelo-vegetación dado por la influencia de la humedad extra presente en el suelo (Anderson, 1987). Las áreas riparias son uno de los ecosistemas de mayor valor ecológico y paisajístico, ya que proveen bienes y servicios inigualables (cuadro 1). Existen muchas formas de clasificar estas áreas bajo perspectivas prácticas y/o teóricas (Brooks *et al.*, 1997) una forma práctica, es la proporcionada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1994), donde las clasifican en dos grupos: 1) Lénticas, que son áreas de agua quieta, como los lagos, lagunas, filtraciones de agua, pantanos y praderas, y 2) Lóticas, que son áreas de agua que corre como, los ríos, manantiales y arroyos. Los factores que más influyen para su clasificación son el suelo, la vegetación y la hidrología presentes en cada área. La Capacidad y Potencialidad de los recursos en estas áreas están determinados por la composición física de: vegetación, suelos, hidrología, fauna silvestre y

acuática, donde éste último es debido a la habilidad de las especies para poder sobrevivir (USDA, 1994).

Cuadro 1. Bienes y servicios de las áreas riparias

Bienes	Servicios
Agua	Pesca como alimento y actividad recreativa
Movimiento y energía	Valor recreativo baños, día de campo
Vegetación en las áreas riparias	Importancia económica, <i>ie.</i> Turismo y alimento
Fauna asociada con la ribera	Extracción de material, <i>ie.</i> Arena y grava
Valor paisajístico	Pastoreo
Valor científico y cultural	Agricultura

Las áreas riparias, que incluyen a las áreas adyacentes de ríos y arroyos ya sean perennes, intermitentes o efímeros son corredores de paisaje preferidos por los excursionistas, competidores de deportes, amantes de la naturaleza entre otros para recreación, en especial por su vegetación característica (bosque de galerías) y la gran variedad de fauna y flora que se puede encontrar en éstas. El hecho de que exista gran variedad de vegetación ayuda a controlar la contaminación y a oxigenar el aire, si todo funciona adecuadamente en la parte alta de la cuenca estará bien en la continuidad de esta. Además de preservar las especies vegetativas y animales en peligro de extinción. (Wood, 1998)

Aspectos Hidrológicos

Las áreas riparias funcionan similarmente a las zonas húmedas, el agua que se ha infiltrado al suelo durante la lluvia sube por gravedad a los horizontes saturados, circulando lentamente a las zonas de menor presión, apareciendo depresiones del terreno, como sucede en los cauces. Las áreas riparias lénticas se presentan en el nivel de saturación de agua en el suelo

aproximándose a la superficie del terreno, correspondiente a la zona más baja de la ladera, antes de llegar al cauce. Otro aporte hídrico que tienen las áreas riparias, se debe al efecto de las avenidas y desbordamiento del cauce, estas actúan como zonas de carga, al quedar el nivel de las aguas del río por encima del nivel freático. La inundación de las áreas riparias representa la llegada de sedimentos, semillas, materia orgánica, por mencionar algunos, al suelo, trayendo como consecuencia fertilización y siembra natural, siendo importante para el mantenimiento del bosque de galería y su riqueza faunística. (González *et al.*, 1998)

Sistemas de Clasificación de Cauces

Los sistemas de clasificación de cauces se han utilizado para entender la funcionalidad y condición de las cuencas hidrológicas. Amoros *et al.* (1987) clasificaron los cauces morfológicamente en base a la sección transversal de estos. Y relacionó el lecho del río, el movimiento lateral, la conexión biótica con el acuífero aluvial y diversidad de hábitat en la llanura con esta clasificación.

Rosgen en los 80's desarrollo un sistema jerárquico de clasificación de cauces, donde inicialmente se realiza una caracterización morfológica dada principalmente por la pendiente, forma y trazado del cauce. Presenta después, una descripción morfológica del material presente en el cauce, evalúa por último, la condición del cauce, considerando la vegetación riparia, el orden y ancho del cauce, régimen y depósitos (Rosgen, 1994). Leopold (1994) recomienda este sistema de clasificación para obtener, manejar y manipular datos de acuerdo a las características y comportamiento del río.

Sistemas de Información Geográfica

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen la posibilidad de conocer y analizar las características físicas del terreno y sus recursos naturales, al mismo tiempo facilita la creación de bases de datos que permiten la creación de mapas temáticos (INEGI, 1999)

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se define, como un conjunto de métodos, herramientas y datos diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. (Chuvieco, 1990)

Por otra parte, son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. En forma general, un SIG es un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con el estudio científico de la Biodiversidad. (INEGI, 1999). Los sistemas de información geográfica son alimentados con información ya existente como mapas básicos y temáticos, fotografías aéreas, imágenes de satélite, datos estadísticos, entre otros, y datos que se obtienen directamente del campo con geoposicionadores para después darles un tratamiento geográfico digital.

Material y equipo de apoyo para los SIG's

Carta Topográfica

Contiene la representación tanto del relieve como de la configuración del terreno, al ubicar mediante signos convencionales, todos los accidentes geográficos y las obras hechas por el hombre: poblaciones, construcciones aisladas, vías de comunicación, líneas de transmisión y conducción, presas, entre otras. También, la distribución del agua superficial (arroyos, ríos, lagos) y las arreas cubiertas con vegetación, con escalas 1:50 000, 1: 250 000 y 1:1 000 000 (INEGI, 1999).

Carta Geológica

Esta presenta la distribución de los tipos de rocas (ígneas, metamórficas y sedimentarias), y se señala aquellos sitios relacionados con la extracción de los recursos geológicos tales como; minas, cotas, bancos de material, pozos, zonas geotérmicas, manantiales, por mencionar algunos, con escalas 1: 50 000, 1: 250 000 y 1: 1 000 000 (INEGI, 1999).

Carta Edafológica

Contiene información referente a las unidades de suelo de acuerdo con la clasificación de la FAO, En esta carta también se hace referencia a la textura del suelo, y a las fases químicas y físicas de cada sitio. Esta cartografía se encuentre con escalas de 1: 50 000 y 1: 250 000 (INEGI, 1999).

Carta de Uso de Suelo Y Vegetación

Esta carta presenta información de las zonas agrícolas de riego y de temporal, de tipos de cultivo, así como las diferentes cubiertas vegetales (bosques, selvas, matorrales, entre otras). También muestra las regiones con agua, zonas industriales y puntos de verificación de campo que cuenten con información, encontrándose esta al reverso de la carta, además de planimetría de la zona en cuestión, con escalas de 1: 250 000 y 1: 1 000 000 (INEGI, 1999).

Fotografía aérea

Contiene la imagen del terreno obtenida mediante una cámara métrica instalada en una nave aérea. Dichas fotografías tienen una sobre posición longitudinal del 60% y una transversal del 15 al 30%. Pueden ser de color blanco y negro y su tamaño más común es de 23 x 23cm, aunque se pueden hacer ampliaciones a diferentes escalas. (INEGI, 1999). La ortofotografía es una imagen que resulta del proceso de corrección de la fotografía aérea, a través del cual se eliminan las distorsiones propias de la fotografías como son la

deformación de la película, las curvas de los lentes y el desplazamiento en la impresión de los objetos situados en el relieve rugoso de la superficie, en diversas escalas (INEGI, 1999).

Geoposicionador Satelital

El geoposicionador satelital (GPS) calcula la posición y movimiento rastreando señales enviadas desde los satélites. Cada uno de los 24 satélites utilizados por los GPS orbitan la tierra dos veces al día en una órbita muy precisa. Las señales que reciben son relativamente débiles y no viajan a través de las rocas, edificios, personas, montañas u otras estructuras significativas (Garmin, 1996).

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El presente estudio se realizó en la microcuenca Las Terneras, ubicada en la Sierra Zapalinamé, al Sureste de Coahuila (Figura. 6), la cual es una de las cuencas que abastecen de agua a la Ciudad de Saltillo. La microcuenca las Terneras se encuentra localizada con altitudes entre 1,700 y 2,800 msnm y se ubica geográficamente entre las coordenadas 25° 17' y 25° 24' Latitud

Norte, y $101^{\circ} 0.5'$ y $101^{\circ} 6.3'$ Longitud Oeste. Esta microcuenca presenta una superficie de 1381 ha.

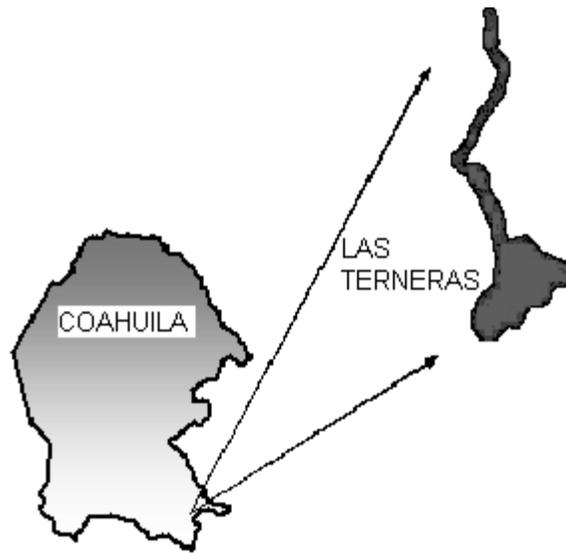


Figura 6. Ubicación del área de estudio

Suelos

El suelo predominante en la microcuenca Las Terneras es el Litosol-calcárico, ya que ocupa casi el 60% de la superficie, esta unidad esta constituido por suelos someros de menos de 10 cm de espesor que se encuentran sobre rocas o macizo montañoso (Figura 7). Seguido por el suelo

Castañozem háplico- Feozem calcárico que ocupan una superficie de casi el 20% de la total, Los suelos castañozem son característicos de las zonas semiáridas, presentan una capa superior de color pardo o rojizo, rica en materia orgánica y nutrientes, con acumulación de caliche suelto en pequeñas manchas blandas en una capa clara, moderadamente susceptibles a la erosión; mientras los suelos Feozem se caracterizan por tener una superficie blanda de color oscuro, tiene una riqueza orgánica moderada, de profundidad 20 y 50cm, se encuentra un horizonte calcáreo y dependiendo del porcentaje de arcilla pueden tener problemas de drenaje. El resto de la superficie, aproximadamente el 20%, exhibe suelos Rendzina-litosol, Rendzina-calcárico y Litosol, Xerosol-háplico (Cuadro 2).

Cuadro 2. Unidades de suelo y superficie aproximada que ocupan en La microcuenca Las Terneras.

Unidades de Suelos	Superficie en ha
Litosol –calcárico	806
Castañozem- háplico, Feozem- calcárico	256
Rendzina- litosol	181
Redzina –calcárico	125
Litosol, Xerosol- háplico	12.5

Geología

La Sierra de Zapalinamé, se formó por elevaciones del fondo marino que ocurrieron entre los períodos Cretácico Inferior al reciente, en cuanto a la columna estratigráfica que aflora en el área de estudio esta formada por unidades litológicas de origen marino y continental cuya edad relativa varía (Anexo 1), las capas de sedimentos presentan modificaciones y rupturas debido a las presiones generadas por el choque de las placas tectónicas. Es importante señalar la formación Cupido (Hauterviano- Aptiano Inferior) y la formación La Peña (Aptiano Superior) ya que estas se encuentran dentro de la microcuenca Las Terneras, donde la primera formación está compuesta de calizas con desarrollo arrecifales dolomitizados de color gris oscuro, en la segunda formación esta compuesta por estratos de 10 a 25cm de calizas de intraclastos de color gris oscuro (Figura 8).



Figura 8. Formación La Peña

Mediante la curva de Monterrey consecuencia de la presencia de materiales más resistentes a la deformación, el plegamiento continuo hacia el oeste, al presentarse sedimentos clásicos (zona continental) se desvía al suroeste para formar la Sierra Zapalinamé (Megank y Carrera, 1981).

El tipo de roca predominante es la caliza, ocupando el 60% aproximadamente del total de la superficie de la Microcuenca (Figura 9). Moreno (1984) describe esta roca como del tipo de las rocas sedimentarias químicas, se forma en el ambiente marino, de agua tibia y profundidades bajas, se compone principalmente del mineral calcita, pero también puede contener pequeñas cantidades de cuarzo, máficos y minerales pesados, tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco, son secos y áridos. El 26% de la superficie aproximadamente presenta suelo aluvial, el cual es un sedimento arrastrado por la lluvia y la corriente que posee un alto índice de rodamiento (Moreno, 1984). El resto del tipo de rocas, aproximadamente el 14% de la microcuenca está ocupado por Arenisca-conglomerado, Conglomerado y

Lutita-arenisca (Cuadro 3), donde dominan las areniscas, las cuales son rocas sedimentarias de origen detrítico, formado con granillos de cuarzo unidos por un cemento silíceo, arcilloso, calizo o ferruginoso (Moreno, 1984).

Cuadro 3. Tipo de roca y superficie que ocupa en la microcuenca Las Terneras.

Tipo de roca	Superficie en ha
Caliza	775
Aluvial	350
Arenisca-conglomerado	175
Conglomerado	15.6
Lutita -arenisca	12.5

Vegetación

En esta microcuenca la vegetación es muy diversa, debido a su ubicación dentro del desierto, (Figura 10). Donde aproximadamente el 50% de la superficie de la microcuenca esta ocupada por Matorral subinerme y Crasi-rosulifolio espinoso, el resto de la superficie es ocupada por chaparral, bosque caducifolio, pino, pastizales, y oyamel, entre otras (Cuadro 4).

Cuadro 4. Tipo de vegetación y superficie que ocupa en la microcuenca Las Terneras.

Tipo de Vegetación	Superficie en ha
Matorral subinerme, Crasi-Rosulifolio espinoso	700
Chaparral, Bosque caducifolio, Pino	150
Pastizal natural, Matorral subinerme	87.5
Oyamel	78.1
Pino	75

Clima

El clima general del área de estudio puede describirse de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por García (1973), lo clasifica como BSo kw" (e), para la parte del macizo montañoso, descrito como clima seco, templado cálido semifrío, con una temperatura media anual entre 5 y 12°C, la del mes más frío entre -3° y 18°C, mientras que la del mes más caliente mayor a 18°C, con un régimen de lluvias de verano, por lo menos diez veces mayor de lluvia en el mes más lluvioso. Mientras que para el valle de Saltillo como BSok (x')(e). Se describe como clima seco, templado, con verano cálido extremo, temperatura media anual entre 12° y 18°C, las del mes más frío entre -3° y 18° y la del más caliente superior a 18°C, región de lluvias intermedias entre el verano e invierno.

La precipitación promedio anual oscila entre los 350 y 500 milímetros, las precipitaciones son de tipo convectivo coincidiendo con los meses calientes del año. En el Plan de Manejo del Cañón de San Lorenzo se menciona que la

temperatura en la región es muy variada de acuerdo a la diferencia en altitud, topografía y otros factores, la mayor parte de la región presenta subtipos, áridos o semiáridos. (Megank y Carrera, 1981).

Metodología

Trabajo previo

Para la selección y reconocimiento del área de estudio, primeramente, se delimitó la microcuenca hidrológica en la carta topográfica G14C33 Saltillo (INEGI, 2000). El cauce principal y algunos rasgos topográficos también fueron analizados previos a la toma de datos en campo en la misma carta topográfica. Posteriormente, se complementó el reconocimiento de la microcuenca y el cauce principal de ésta con un análisis previo sobre fotografías aéreas blanco y negro escala 1:20 000 (INEGI, 1994).

Caracterización del área de estudio

Se determinaron las características físicas de la microcuenca Las Terneras como los elementos lineares, aéreos y de relieve como por ejemplo: orden de cauces, patron de drenaje, longitud de cauce, forma de la cuenca y otros por medio de fórmulas según Maderey (1970).

Toma de datos en campo

Los datos fueron tomados en campo durante la primavera del 2003, en el cauce principal de la microcuenca Las Terneras. Los datos se tomaron en 17 transectos ubicados a lo largo del cauce principal de la microcuenca. Los transectos fueron muestreados bajo un diseño sistemático a cada kilómetro donde el terreno lo permitió. Los transectos fueron tendidos perpendiculares al cauce (Figura 11).

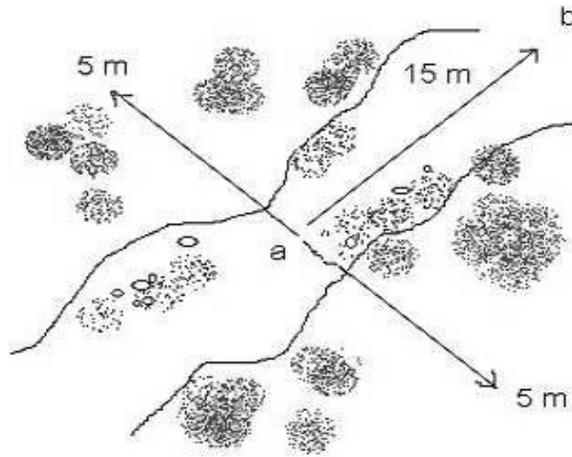


Figura 11. Descripción del transecto de muestreo

En cada punto de muestreo se tomaron datos de Altitud, Latitud y Longitud en grados y minutos con un Geoposicionador Satelital (GPS). Las lecturas en el GPS se realizaron cuando éste captaba la señal de al menos 4 satélites para tener una posición más precisa del sitio.

Posteriormente, se tomaron fotografías para darse cuenta del estado actual del cauce e iniciar el registro de los datos correspondientes a la morfología del cauce. La pendiente, se obtuvo con un clisímetro a una distancia de aproximadamente 15 metros desde donde cruzó el transecto, Esta lectura se realizó visualizando a un emisor, al que previamente se le conocía la altura de la vista del receptor. El ancho del cauce y ancho de la cárcava se midió con una cinta métrica. La profundidad del cauce fue tomada en tres diferentes punto del cauce con una cinta métrica, estas medidas fueron promediadas para obtener la profundidad promedio.

Dentro del cauce también fueron medidas con una cinta métrica, el diámetro de las piedras en el lecho del cauce, para determinar a que tipo de material corresponde (arena y grava) y el diámetro promedio de rocas que estaba presente dentro del mismo como: adoquín, roca grande y roca madre (Anexo 2).

El uso del suelo se consideró como urbano, agrícola, ganadero, banco de material y área natural, a partir de observaciones en cada punto de muestreo,

aproximadamente de 5 a 25 m en ambos lados del cauce, siguiendo la trayectoria del transecto.

Información digital

Para ubicar los puntos de muestreo sobre el cauce, se utilizaron las ortofotos digitales G14C33-C y G14C33-F escala 1: 20 000 producidas por INEGI (1994). Las ortofotos fueron analizadas con el programa ARC/VIEW versión 3.0 (ESRI, 1996). Inicialmente, se unieron las ortofotos para realizar el recorte de la parte correspondiente a la microcuenca Las Terneras, observando los parteaguas. En pantalla se digitalizó el cauce principal con sus tributarios y se definió el patrón de drenaje. Posteriormente, en la ortofoto se identificaron los puntos de muestreo por medio de las coordenadas tomadas con el GPS, estas desde una hoja de cálculo.

Análisis Estadístico

Para conocer la relación que existe entre el ancho, profundidad, pendiente, material del lecho del cauce y el uso de suelo, se utilizó la técnica multivariada análisis de factores (Manly, 1986), la cuál es similar al análisis por componentes principales.

El modelo del análisis de factores se expresa de la siguiente forma (Manly, 1986):

$$X_i = a_{i1} f_1 + a_{i2} f_2 + \dots + a_{im} f_m + e_i$$

Donde:

X_i es el resultado de i -ésima prueba o variable

f 's factores comunes básicos, son no observables, representa un vector de observaciones

a_{ij} indica la importancia de f_j en la variable X_i

e_i factor específico, para interpretar la parte de la variable que es única a esa variable

El análisis multivariado de factores según Rencher (1995) citado por De la Garza (2001), tiene como objetivo representar las variables X_1, X_2, \dots, X_p como combinaciones lineales de un pequeño número de variables aleatorias f_1, f_2, \dots, f_m llamadas factores o índices. Al igual que las variables originales, los factores varían de individuo a individuo, pero a diferencia de las variables, los factores no pueden ser medidos u observados. También establece que si las variables originales están moderadamente correlacionadas, la dimensión básica del sistema es menor al número de variables (De la Garza, 2001).

Clasificación del cauce

Para determinar el tipo y subtipo de cauce, se uso parte del Sistema de Clasificación de Cauces propuesto por Rosgen (1996), este sistema abarca 9 tipos de cauces (Aa+, A, B, C, D, DA, E, F, G), analiza la información tomando en cuenta la pendiente, la sección transversal del cauce, y la vista en planta (anexo 3), El subtipo de cauce considera 6 niveles dados por el tamaño del material presente dentro del cauce, roca madre, roca grande, adoquín, grava, arena, y limo y arcilla. Para definir el subtipo este sistema analiza el radio ancho-profundidad, la sinuosidad y la pendiente. En este estudio sólo se consideraron la pendiente y el diámetro promedio del material del lecho del cauce (anexo 4).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características métricas

Las Terneras tiene un perímetro de 61.8 km y una superficie de 1381 ha. La Microcuenca es del 4to orden de acuerdo al método de ordenamiento de Strahler (1957). El Cauce Principal tiene una longitud de 27.5 Km aproximadamente y tiene una orientación de Sur a Norte. El régimen pluvial es de tipo intermitente; pues sus drenes permanecen secos durante una parte del año, y conducen agua durante y después de la temporada de lluvia. La forma de la cuenca es triangular, es de gran interés ya que indica el comportamiento del agua al caer a la superficie, la velocidad que toma al escurrir, la erosión que causa y el tiempo que tarda en llegar a la boca de la misma (Maderey, 1970)

Esta microcuenca presenta un patrón de drenaje paralelo (Figura 12) que generalmente se presenta en formaciones geológicas con pendientes fuertes. La densidad de drenaje es de $5.14\text{Km}/\text{Km}^2$, expresando el espaciamiento entre los cauces de la microcuenca, la relación que existe entre la longitud total de toda la microcuenca con respecto al área total de la microcuenca. El radio de

bifurcación es de 4, es la relación que existe entre el número de cauces, con respecto al número del orden inmediato superior, lo que indica que hay en promedio cuatro veces tantos cauces, de un orden inmediato superior. Frecuencia de cauces es de 1.66 Nc/Km^2 y es la relación que existe entre el número de cauces por el área de la Microcuenca. La pendiente media de la microcuenca es de 22.8%.

Relación entre variables

Las variables analizadas fueron: pendiente (PEND), ancho del cauce (ANCHO), profundidad del cauce (PROF), diámetro promedio del material dominante dentro del cauce (XMD), y uso del suelo (US) (Anexo 5).

El modelo indica que los tres primeros factores representan el 89.58% de la varianza total. El primero, segundo y tercer factor representan el 51.04%, 25.52% y 13.01% de la varianza total (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de varianza total por factor

Factor	Varianza Total (%)
1	51.04
2	25.52
3	13.01
Total	89.58

Los resultados en el cuadro 6 muestran que las variables uso del suelo (US), diámetro promedio del material dominante (XMD), pendiente (PEND), profundidad del cauce (PROF) están relacionadas positivamente entre sí y con el factor 1; sin embargo, el uso de suelo (US) y el diámetro promedio del material dominante (XMD) son los que presentan los valores más significativos.

Cuadro 6. Coeficiente de correlación de las variables con los factores.

VARIABLE	FACTORES		
	1	2	3

PEND	0.79	-0.26	0.06
ANCHO	0.03	0.93	-0.27
PROF	0.62	0.39	0.65
XMD	0.86	-0.33	-0.25
US	0.88	0.25	-0.26

Esto probablemente se puede explicar porque el uso de suelo es una variable que es impactada por el hombre a diferente intensidad, cabe mencionar que normalmente la urbanización se presenta en la parte baja de la cuenca donde todas las variables anteriormente mencionadas tienden a ser menores, mientras que el material del lecho del cauce, puede estar siendo impacto significativamente porque el uso de suelo (US) es urbano y la extracción de material del cauce ocupan un 35.28% del total del uso del suelo encontrado adyacente al cauce (Figura 13). Esto concuerda con lo que menciona Leopold (1994), que los ríos o cauces tienden a ser más anchos y menos profundos en pendientes más suaves. Por otra parte González *et al.* (1998) menciona que la disminución de la pendiente hacia aguas abajo puede explicarse en gran parte por la disminución del tamaño de los sedimentos, al aumentar el ancho del cauce.

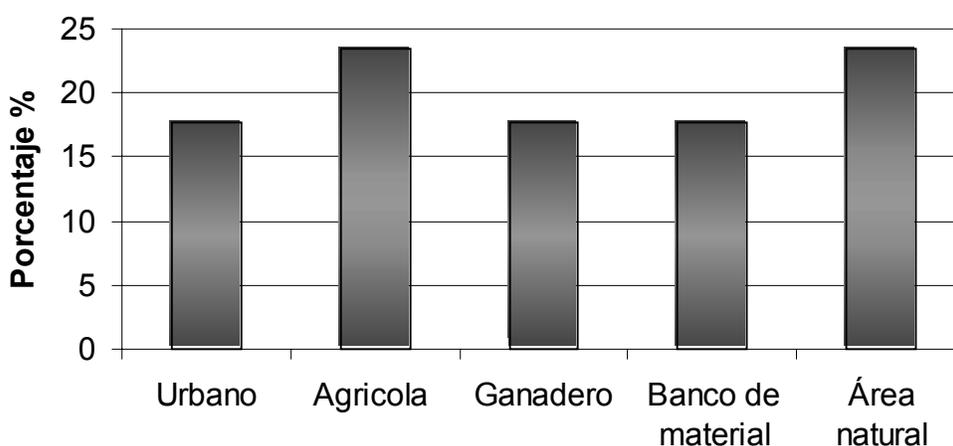


Figura 13. Uso del suelo

El segundo factor muestra que las variables ancho del cauce (ANCHO) y profundidad (PROF) tienen relación positiva entre ellas y con este factor, aunque la relación del ancho (ANCHO), es mayor a la de la variable profundidad. Lo anterior indica que los sitios del cauce con mayor ancho son menos profundos, y es donde tiende a presentarse el desarrollo de la urbanización. Rosgen 1996 considera que el ancho del cauce es una característica morfológica que puede ser impactada ya sea por una canalización o cambio en la vegetación riparia, corrientes y deposición de sedimentos. En la figura 14 muestra que a mayor ancho más profundidad.

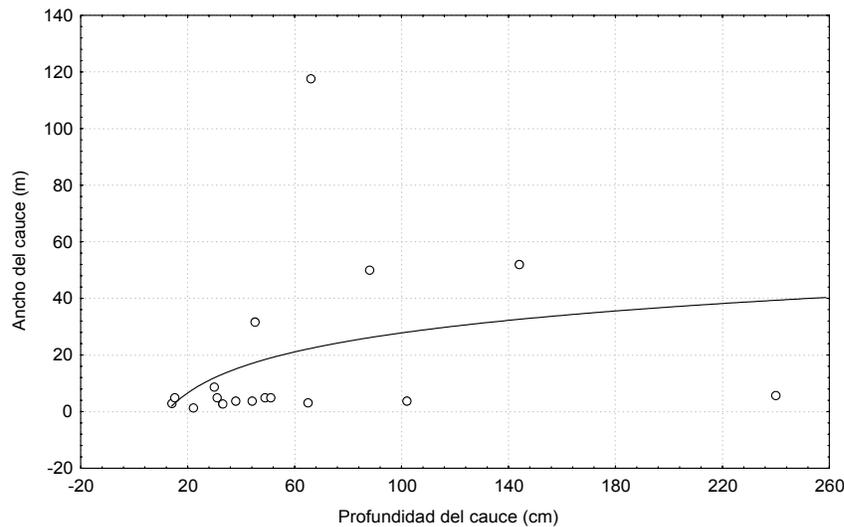


Figura 14. Relación del ancho y profundidad

El tercer factor explica la profundidad (PROF) es la única variable que esta presentando valor significativo, en la figura 15 se muestra la relación del factor 3 y factor 1 donde la variable profundidad (PROF) presenta una ligera relación con pendiente (PEND), diámetro promedio del material dominante (XMD), y uso del suelo (US), ya que cuando la profundidad (PROF) sea mayor las demás variables disminuyen y que estas son variables que modifican la morfología del cauce, esto probablemente explique por que la variable profundidad (PROF) presente valor hasta el tercer factor.

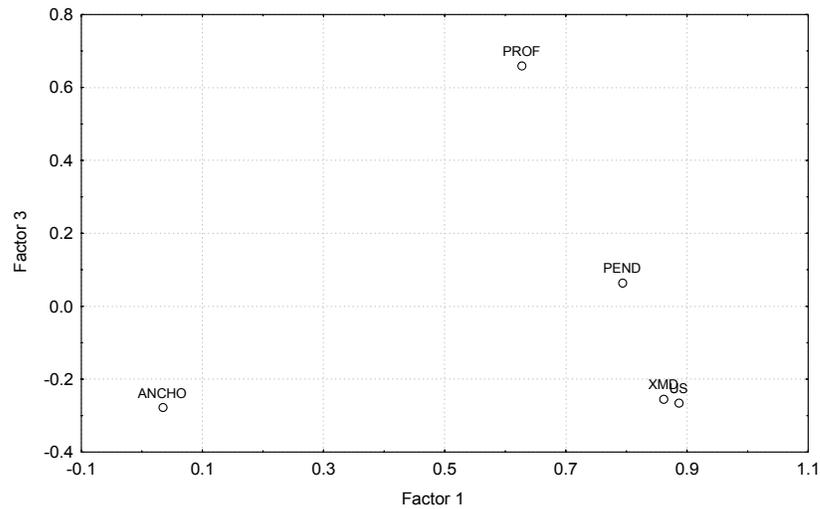


Figura 15 Distribución del factor 1 y factor 3

La figura 16 muestra la distribución que hay entre las variables dentro de los factores 1 y 2, dado que son los factores que explican un 75% del total de la varianza. En esta figura se aprecia que la pendiente y el diámetro promedio del material del lecho del cauce están más relacionados, mientras que el ancho del cauce se encuentra más alejado o menos relacionado con el resto de las variables. Lo anterior, va de acuerdo con lo citado por Leopold (1994) y González *et al.* (1998) quienes mencionan que el ancho del cauce tiende a ser inversamente proporcional a la profundidad y la pendiente del cauce. Por otra parte, Rosgen (1996) considera que los cauces con pendientes más suaves tienden a tener material más fino en su lecho, el uso del suelo nos está indicando que sigue estando relacionando con la profundidad y el diámetro promedio del material ya que estas son variables que más fácilmente el hombre las altera al igual que la pendiente aunque el impacto es menor.

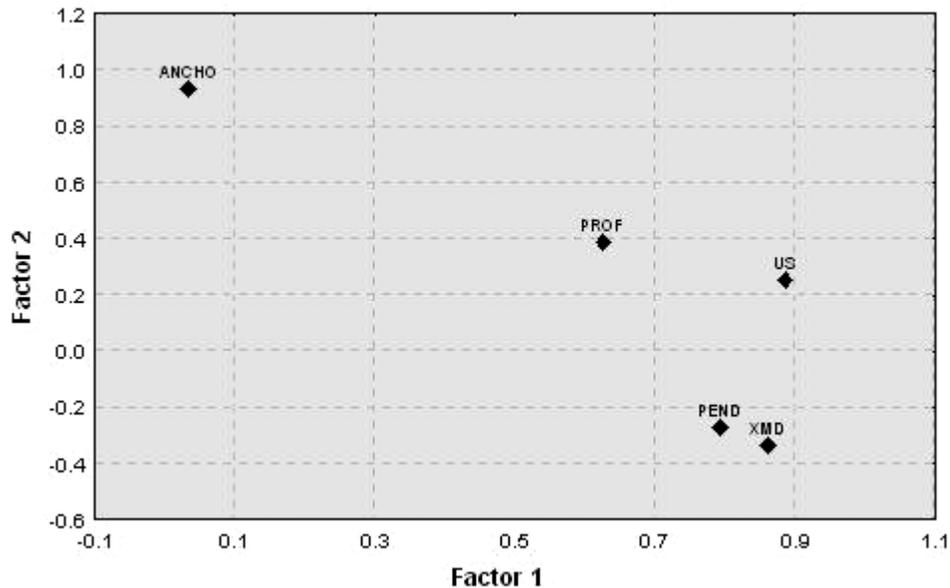


Figura 16. Distribución del factor 1 y factor 2

Sistema de Clasificación de Cauces

En los sitios de muestreo del cauce principal de la microcuenca, se encontraron cauces de los tipos A, B, y G, esto en base a la pendiente y la sección transversal según el sistema de clasificación de Rosgen (1996) (Anexo 3). La Figura 17 muestra que la mayor parte del cauce principal son del tipo B, ya que estos representan el 70.58% de los sitios estudiados. Este tipo de cauces presentan pendientes del 2 al 4% y una relación ancho/profundidad moderada. Mientras que los cauces del tipo A se presentaron en el 23.53% de los sitios de muestreo (Figura 17), los del tipo A son cauces que generalmente se encuentran en la parte alta de las cuencas, donde la pendiente es mayor al 4% y con una relación ancho/profundidad baja, a diferencia de los del tipo B. El 5.88% de los sitios muestreados está representado por el cauce de tipo G (Figura 17). Este tipo presenta regularmente una pendiente del 2 al 4%, considerablemente más suave que el tipo A, pero con una relación ancho/profundidad baja, en contraste con los del tipo B.

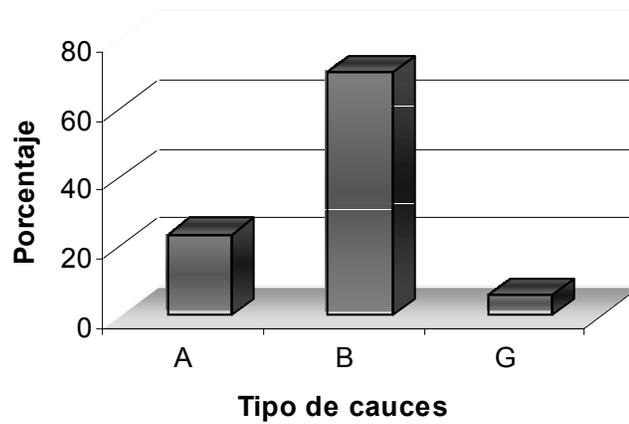


Figura 17. Tipos de cauces

En el cauce principal de la microcuenca Las Terneras (Figura 18) el material presente en la cama de lecho en su mayoría fue de grava con el 41.17% indicando que debido a que la mayoría de los puntos muestreados estuvieron en el pie de monte, siguiéndole arena con el 29.41% y roca grande con el 17.64%, representando que este tipo de material sólo se encuentra en las partes altas de la cuenca y por último roca madre con el 11.76%. El material presente en el lecho del cauce es el que define el subtipo de cauce y se clasifica del 1 al 6. El número 1 representa la roca madre y sucesivamente, hasta el número 6 que representa limo-arcilla (anexo 4).

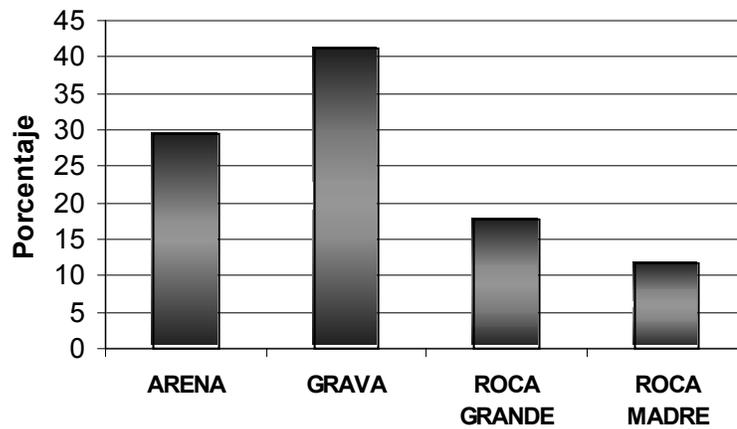


Figura 18. Material presente dentro del lecho

Los resultados muestran que en el cauce principal de Las Terneras se encontraron ocho diferentes subtipos de cauce como a continuación se mencionan: Aa1, A1, A4, B1, B2, B4, B5 y G5 (Anexo 6). Se observa que el tipo B sigue siendo dominante al presentar cuatro subtipos B1, B2, B4 y B5, los cuales ocupan el 5.88%, 5.88%, 35.29% y 23.52% respectivamente. Mientras tanto, el subtipo Aa1 esta presente en el 11.76% de los sitios muestreados, seguido por los cauces del subtipo A1, A4 y G5, quienes ocupan el 5.88% cada uno (Figura 19).

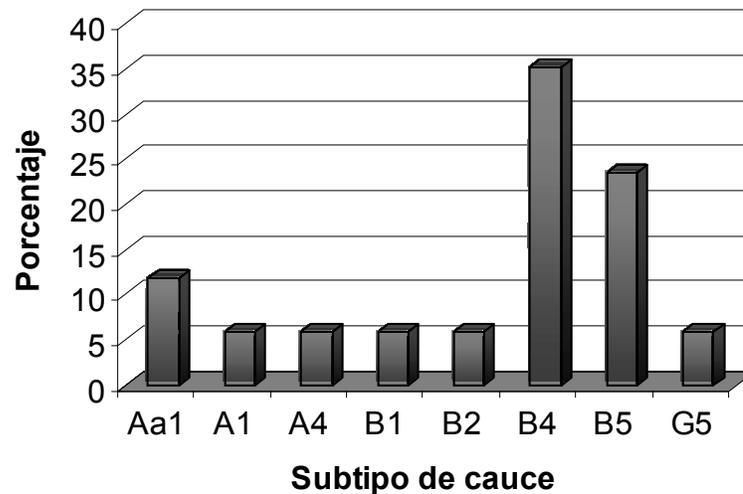


Figura 19. Subtipos de cauce

La figura 20 muestra el perfil longitudinal del cauce principal de la microcuenca y los subtipos encontrados a lo largo de este. El cauce mide 27.5 km de longitud aproximadamente, en altitudes entre 1618 y 2305 msnm. Los subtipos del tipo A se localizan principalmente en la parte alta de la cuenca que corresponde a la colina, mientras que los del tipo B se localizan en la parte media y baja que corresponde al pie de monte y el valle. Estos resultados son similares a los encontrados por Hernández (2002) en un estudio realizado en siete cauces de la cuenca del Río Laja en Guanajuato aplicando el sistema de clasificación de Rosgen. En dicho trabajo, los cauces del tipo A también fueron localizados en las partes altas de las cuencas y los del tipo B en las partes medias o bajas.

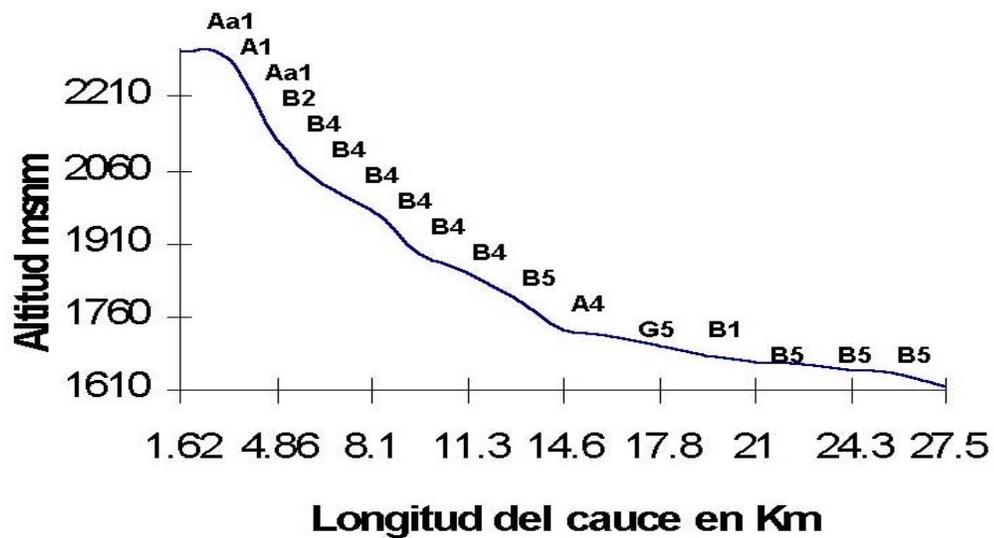


Figura 20. Perfil longitudinal del cauce principal

La información resultante de este estudio es de gran utilidad para posteriores investigaciones, ya que provee las bases para que de ahí se implementen planes de manejo y restauración de ríos y arroyos, ya que estas permiten el reestablecimiento de las características anteriores antes de comenzar el estudio en la microcuenca Las Terneras y poder así reponer las funciones que esta tenía antes de su alteración, como características físicas, químicas y biológicas.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio se concluye lo siguiente:

- La Microcuenca Las Terneras tiene una forma triangular y es del 4to orden. Su red de drenaje presenta un patrón de drenaje paralelo, con pendientes pronunciadas y de régimen intermitente.

- El primero, segundo y tercer factor representan el 51.04%, 25.52% y 13.01% de la varianza total.
- El uso del suelo (US) y el diámetro promedio del material dominante (XMD) son los que presentan los valores más significativos.
- Las Terneras es una Microcuenca que es fuertemente impactada por la urbanización, ya que alrededor de 500 a 700 familias arrojan la basura haciendo esto que se infiltre agua contaminada hacia los acuíferos.
- La extracción de material como grava y arena de Las Terneras causa un gran deterioro al cauce principal de ésta, teniendo como resultado la alteración en su morfología, y por consecuencia impacta su régimen de corriente provocando inundaciones en el valle de Saltillo.
- La presencia de grava en el lecho del cauce a la altura del pie de monte muestra el efecto de la extracción del material en esta área. Ya que este material naturalmente fue de mayor diámetro y en la actualidad esta alterado lo cual hace que en estos tramos afecte la corriente y la velocidad del agua.
- Los cauces del tipo B fueron encontrados en el 70.58% de los sitios y los del tipo A en el 23.53%.
- El sistema de clasificación de Rosgen es una herramienta de utilidad para conocer la condición del cauce principal en base a su morfología, en una forma rápida y barata en la Microcuenca Las Terneras.
- El material y equipo de apoyo para los sistemas de información geográfica es una gran herramienta de apoyo en este tipo de estudios.
- Es importante conocer la morfología de los cauces, ya que en estos se refleja la condición de toda la Microcuenca.

RESUMEN

El estudio se llevó a cabo en la Microcuenca Las Terneras, ubicada dentro de la Sierra Zapalinamé al sureste de Coahuila. El objetivo general fue caracterizar morfológicamente el cauce principal de la Microcuenca hidrológica. La toma de datos de esta investigación se realizó en la primavera del 2003. Se usaron transectos perpendiculares al cauce para determinar la relación de las características morfológicas del cauce principal de la microcuenca Las Terneras las cuales fueron pendiente, ancho del cauce, profundidad del cauce, material del lecho del cauce y el uso del suelo adyacente a este, además de obtener las características métricas de esta y de utilizar el sistema de clasificación de Rosgen para determinar la condición de la microcuenca. De acuerdo a la

longitud del cauce principal se obtuvieron 17 transectos con una distancia entre punto y punto de 1km aproximadamente.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente por medio de la técnica de análisis multivariado por factores, el cual arrojó resultados en los que indica que las variables más significativas fueron el uso del suelo considerado como: urbano, agrícola, ganadero, banco de material, área natural, donde el uso del suelo esta siendo impactando debido a la urbanización, provocando contaminación haciendo que se infiltre agua contaminada hacia los acuíferos y el diámetro promedio del material dominante fue de grava, arena. Donde la extracción de material esta provocando un deterioro en el cauce consecuentemente alterando su morfología al igual que el régimen de corriente provocando inundaciones en el valle de Saltillo. En las características métricas estas mostraron que la microcuenca tiene una forma triangular y que es de 4to orden, con una red de drenaje que presenta un patrón de drenaje paralelo, con pendientes pronunciadas y régimen intermitente.

El sistema de clasificación de Rosgen mostró que la mayoría de los puntos muestreados resultaron cauce de tipo B con el 70.58% los cuales se presentaron en el pie de monte de la microcuenca siguiéndole los cauces de tipo A con el 23.53% en la parte alta de la misma, los subtipos de cauce encontrados fueron Aa1, A1, A4, B1, B2, B4, B5, y G5.

LITERATURA CITADA

- Allen-Diaz, B., R. D. Jackson, and J. S. Fehmi. 1998. Detecting channel morphology change in California hardwood rangeland spring ecosystems. *J. Range Manage.* 51:514-518.
- Anderson, E. W. 1987. Riparian area definition-A viewpoint. *Rangelands* 9:70.
- Aparicio M., F. J. 1994. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Ed. LIMUSA, S.A. México. 303p.
- Becerra, M. A. 1999. *Escorrentía, Erosión y Conservación de Suelos*. UACH. Chapingo, Edo. De México. 376p.
- Black, P.E. 1996. *Watersed hydrology*, Chelsea, Michigan. 435p.
- Brooks, K.N., P F. Ffolliot, H. M. Gregsen, and L. F. DeBano. 1997. *Hydrology and the Management of Watersheds*. Iowa State University y Press, Ames, IA.
- Chuvienco, E. 1990. *Fundamentos de Teledetección Espacial*, Edit. Rialp, S.A. Madrid España. 449p.

- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). 1977, Carta topográfica, edafológica, y vegetación G14-C33. Escala 1:50,000. Secretaría de la Presidencia. México. 1h.
- Comisión Nacional del Agua (CNA) 2001. Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. 128p.
- De la Garza, R. A. 2001. Métodos estadísticos multivariados aplicados a resultados de investigaciones agropecuarias. Tesis. Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 114p.
- Department of the Interior (USDA). 1994. Administración de Áreas Ribereñas. (Proceso para evaluar la condición de funcionamiento adecuado de las áreas lénticas ribereñas y pantanosas). Bureau of Land Management, BLM/RS/ST-97/OO4+1737, Centro de Servicio, Denver, CO. 37p.
- Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI). 1996. Sistema de información geográfica ARCVIEW versión 3.0.
- García, E. 1973. Modificaciones para el Sistema de Clasificación Climática Koopen. 1ª. Edición UNAM, México. 246p.
- Garmin, Corp. 1996. GPS 12XL, Personal Navigator Software 2.00, U.S.A. 35p.
- González, T. M. y García, JL. D. 1998. Restauración de Ríos y Riberas. ETIM. Madrid España 319p
- Hernández, J. I. I. 2002. Stream Prioritization for Natural Resource Recovery and Development in the Rio Laja Watershed, Guanajuato Mexico. Disertación of Phd Doctorado. New Mexico State University. Las Cruces, New Mexico. 124p.

- Holechek, J. L., R.A. Cole, J.T. Fisher, and R. Valdez. 2003. Natural Resources. Ecology, Economics and Policy. 2d. Ed. 761p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Investigación (INEGI). 1994. Información General de la Mapoteca. Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática. Gobierno del Estado de Coahuila. Aguascalientes, Ags.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Investigación (INEGI). 1999. Información General de la Mapoteca. Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática. Gobierno del Estado de Coahuila. Aguascalientes, Ags. 55p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Investigación (INEGI). 2000. Información General de la Mapoteca. Instituto Nacional de Estadística, Geografía, e Informática. Gobierno del Estado de Coahuila. Aguascalientes, Ags.
- Leopold, L. B. 1994. A View of the River. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Leopold, L.B., M. G. Wolman, and J.P. Miller. 1995. Fluvial Processes in Geomorphology. Dover Publications, Inc., Mneolo, NY.
- Maderey, L. E. 1970. Características Físicas de la Cuenca del Río Tizar. Instituto de Geografía UNAM 3:29-38.
- Manly, B. F. J. 1986. Multivariate Statistical Methods. Chapman and Hall. United States of American.
- Megank, R. A. y Carrera, L. J. 1981. Plan de Manejo para el Uso Múltiple del Cañón de San Lorenzo. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Organización de los Estados Americanos-Programa de Desarrollo

Regional Contrato No.02-79-45A-405-MXI. Saltillo, Coahuila, México.
133p.

Moreno, O. C. 1984. Fundamentos de Geomorfología, UAAAN, Saltillo
Coahuila. 51p.

Rencher, A. C. 1995. Methods of Multivariate Analysis. John Wiley & Sons, Inc.
United States of America.

Richards, K. 1982. River Form y Process in Alluvial Channels. Methuen & Co.
New York.

Ritter, D. F. 1986 Process Geomorphology. WCB Group. Dubuque, IA.

Rosgen, D. 1996. Applied River Morphology. Wildland Hydrology, Pagosa
Springs, Colorado.

Rosgen, D. L. 1994. A Classification of natural rivers. Catena 22:169-199.

Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2001.
Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. 128p.

Strahler, A. N. 1957. Quantitative analisis of watershed geomorphology. Am.
Geophys. Union. Trans. 30(6):913-920.

Wood, M. K. 1998. Managing riparian areas for multiple uses. In: Livestock
Research Briefs and Cattle Growers Short Course. NMSU, Las Cruces
New Mexico. U.S.A.

ANEXOS

Anexo 1. Columna estratigráfica

CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE		Qt	Qal	<p>Qal Aluvión . Material de relleno en cauces de arroyos y zonas topográficamente bajas.</p> <p>Qt Talud. Material de relleno en la base de las sierras. Fragmentos de rocas preexistentes de con posición calcárea</p>		
		PLEISTOCENO						
		TERCIARIO	PLIOCENO					
			MIOCENO					
			OLIGOCENO					
			EOCENO					
	PALEOCENO							
	MESOZOICO	CRETÁCICO	SUPERIOR	SENONIANO	Ksgd	<p>Ksgd Grupo Dífunta. Lutitas y areniscas con predominio de las primeras, las que son de estratificación laminar que forma horizontes delgados a masivos. Las areniscas son de grano fino, medio y grueso, están en estratos delgados a gruesos. Se encuentran frecuentes horizontes fosilíferos. El color general de la unidad es pardo crema y rojo.</p>		
				MAESTRICHTIANO				
				CAMPANIANO				
				SANTONIANO				
				CONIACIANO				
			TURONIANO	Ksi	<p>Ksi Formación Inditua. (No aflora) Intercalaciones de calizas arcillosas y lutitas calcáreas, las primeras de estratos delgados y las segundas laminares que conforman horizontes delgados y gruesos</p>			
			CENOMANIANO					
			INFERIOR			ALBIANO	Kts	<p>Kts Fm. Tamaulipas Superior. Calizas de estratificación media a masiva, presenta microfósiles así como nódulos, lentes y bandas de pedernal y en ocasiones nódulos de hematita.</p> <p>Klp Fm. La Peña Calizas arcillosas con microfósiles y macrofósiles, se intercalan horizontes delgados de lutitas de estructura laminar, presenta horizontes con abundantes conchas</p> <p>Kcu Fm Cupido Calizas en bancos y estratos gruesos, con abundantes fósiles, capas gruesas de dolomitas son encontradas en la base de esta formación. Presenta en ocasiones nódulos de pedernal y horizontes arcillosos.</p> <p>Ktr Fm. Tarales . Calizas arcillosas de color gris oscuro, de estratificación delgada, con intercalaciones de lutitas laminares y se presentan frecuentes nódulos de hematita</p>
						SUPERIOR		
						MEDIO		
INFERIOR								
GARGASIANO								
JURÁSICO		SUPERIOR	ARTIANO	Klp	Kcu	Ktr	<p>Jlc Fm La Casita Areniscas liticas de matriz limarcillosa en estratos delgados, se intercalan limolitas en horizontes gruesos, el color general de la roca es pardo rojo.</p>	
			NEOCOMIANO					
			BEDOULIANO					
			BARREMIANO					
	HAUTERIVIANO							
	VALANGINIANO							
BERRIASIANO								
		TITHONIANO	Jlc					
		KIMMERIDGIANO						

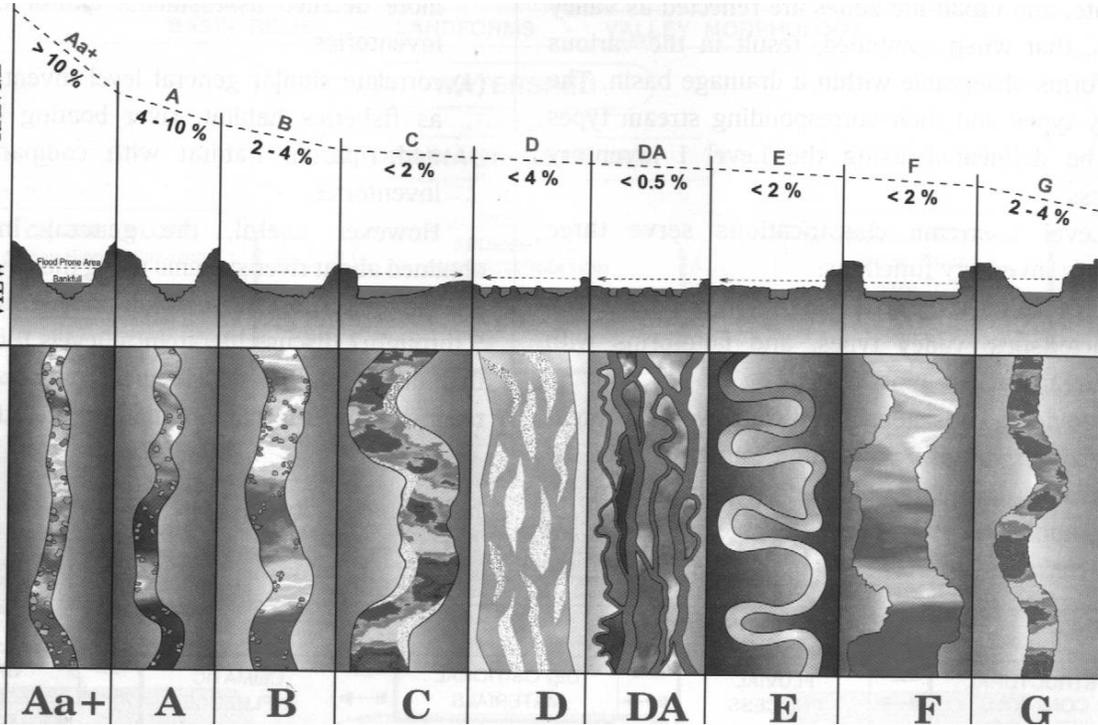
Anexo 2. Tamaño del Materiales

Material	Tamaño Partícula
roca grande, redonda (Boulder)	- grande 50.8cm + - chica 25.4 a 50.8cm
adoquín, piedra en forma rectangular (Cobble)	6.35cm a 25.4cm
grava (Gravel)	2mm a 6.35cm
arena (Sand)	1.6mm a 2mm
Limo, arcilla (Silt/Clay)	< .062mm

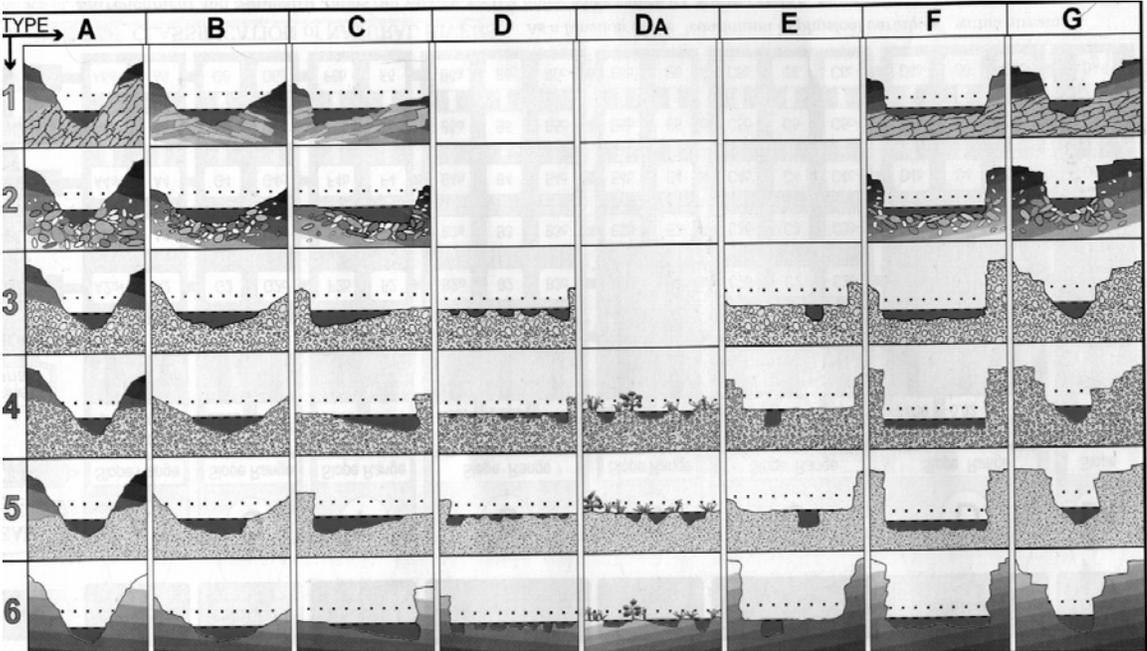
Rosgen, 1996

Anexo 3. Tipos de cauces

Perfil Longitudinal, Sección Transversal y Vista en Planta de los Principales Tipos de Cauces.



Anexo 4. Subtipos de cauces



Anexo 5. Datos por transecto

Transecto	Altitud msnm	Latitud	Longitud	Subtipo	Pendiente %	Profundidad cm	Ancho m	Material
1	1618	25°24.001'	101°02.019'	B 5	2	14	2.9	0.2
2	1642	25°23.803'	101°01.990'	B5	4	22	1.4	0.2
3	1646	25°23.508'	101°02.147'	B5	2	15	5	0.2
4	1661	25°23.040'	101°02.199'	B 1	3	31	4.9	50.9
5	1670	25°21.755'	101°01.824'	G5	3	38	3.75	0.2
6	1679	25°22.158'	101°01.950'	A4	10	102	3.84	6.3
7	1700	25°21.668'	101°02.171'	B5	2	65	3.2	0.2
8	1720	25°21.198'	101°02.493'	B4	4	30	8.8	6.3
9	1736	25°20.703'	101°02.748'	B4	2	33	2.7	6.3
10	1800	25°20.038'	101°02.442'	B4	5	45	31.6	6.3
11	1852	25°19.500'	101°02.321'	B4	2	88	50.1	6.3
12	1889	25°19.094'	101°02.141'	B4	5	144	52.1	6.3
13	1977	25 18.716'	101°01.699'	B4	5	66	117.7	6.3
14	2034	25°18.252'	101°01.606'	B 2	4	49	4.97	43.7
15	2119	25°17.883'	101°01.887'	Aa 1	30	240	5.75	55.4
16	2290	25°17.593'	101°02.293'	A 1	10	44	3.7	60
17	2305	25°17.369'	101°02.240'	Aa 1	54	51	4.93	60

Anexo 6. Fotos de cada punto de muestreo



Transecto # 2.



Transecto # 3.



Transecto # 4.



Transecto # 5.



Transecto # 6.



Transecto # 7.



Transecto # 8.



Transecto # 9.



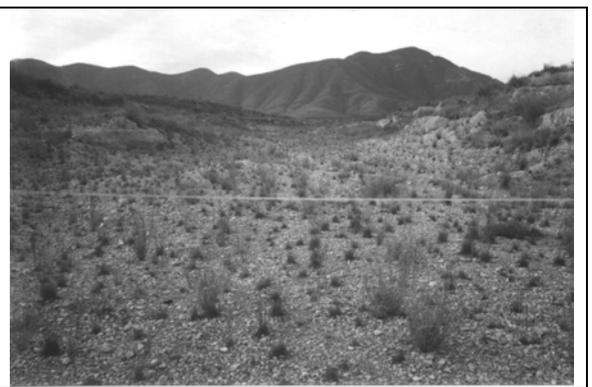
Transecto # 10.



Transecto # 11.



Transecto # 12.



Transecto # 13.



Transecto # 14.



Transecto # 15.



Transecto # 16.



Transecto # 17.