



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

Efecto del uso del suelo sobre los peces de la parte alta de la cuenca del río La Antigua, Veracruz

## TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestro en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:  
Biol. Saúl Isaías Navarrete Vázquez

Dirigido por:  
Dr. Edmundo Díaz Pardo

### SINODALES

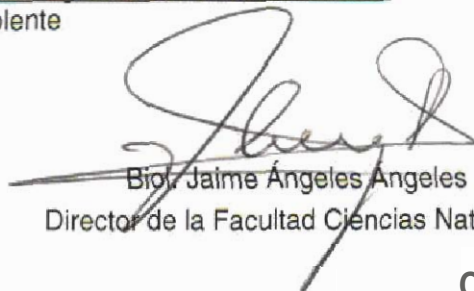
Dr. Edmundo Díaz Pardo  
Presidente

Dr. Jorge A. Navarro Alberto  
Secretario

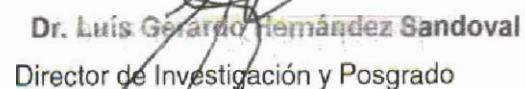
M. en C. Rocío Medina Torres  
Vocal

Dr. Norman Mercado Silva  
Suplente

Dra. Altagracia Gutiérrez Hernández  
Suplente




Biol. Jaime Ángeles Ángeles  
Director de la Facultad Ciencias Naturales



Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval  
Director de Investigación y Posgrado



Firma



Firma



Firma



Firma



Firma

Centro Universitario  
Querétaro, Qro.  
Octubre de 2008  
México

## RESUMEN

Las cuencas hidrográficas del estado de Veracruz han sido poco estudiadas en relación con el uso del suelo. La Región Hidrológica Prioritaria “Cuenca del río La Antigua” se ha clasificado como un área de uso y de alta riqueza biológica, pero que carece de información científica suficiente. El objetivo de este trabajo es conocer las variaciones temporales y espaciales en los parámetros demográficos de las poblaciones de peces de la parte alta de la cuenca del río La Antigua, comparándolas según el uso de suelo y asentamientos poblacionales que posee cada una de sus microcuencas. Los resultados señalan que existe patrón aleatorio en los parámetros de crecimiento y reproducción de las poblaciones de *H. bimaculata* que se encuentran en microcuencas que están cubiertas por pastizales inducidos, sistemas agroforestales y asentamientos humanos. Sin embargo, las poblaciones que se encuentran en microcuencas cubiertas por sistemas agroforestales, plantaciones de café y ausencia de asentamientos humanos presentan un patrón coherente y sincronizado de sus estrategias de vida. Se deduce que la combinación de uso de suelo presentado en la última microcuenca son ambientes estables, debido a que las poblaciones de peces no tienen que ir modificando la dinámica estacional de sus estrategias de vida en un intento de adaptarse a un ambiente cambiante. Por lo contrario, poblaciones que se encuentran en microcuencas cubiertas por pastizales inducidos, sistemas agroforestales y asentamientos humanos, se definen como ambientes poco estables, donde las poblaciones de peces invierten energía indiferentemente al crecimiento y reproducción, lo que podría deberse al manejo de su cuenca.

**Palabras clave:** uso de suelo, parámetros demográficos, *Heterandria bimaculata*, microcuencas, La Antigua.

## SUMMARY

The watershed of the state of Veracruz has been little studied in relation its land use. Region Water Priority "La Antigua" has been classified as an area of use and high biological richness, but it lacks sufficient scientific information. The aim of this paper is to determine the temporal and spatial variations in the demographic parameters of fishes in the upper basin of the river La Antigua, comparing them according to land use and population settlements of its watersheds. The results indicate that random pattern exists within the parameters of growth and reproduction of the populations of *H. bimaculata* who are in watersheds that are covered by pasture lands, agroforestry systems and human settlements. However, fish populations who are in watersheds covered by agroforestry, coffee plantations and absence of human settlements have a pattern consistent and synchronized their livelihoods. It follows that the combination of land use presented in the latest watershed, it has a stable environment, because the stocks do not have to go changing the dynamics of their livelihoods in an attempt to adapt to a changing environment. In other hand, fish stocks that are found in watersheds covered with pasture lands, agroforestry systems and human settlements, are defined as unstable environments, where fish stocks are investing energy indifferently to the growth and reproduction, which could be due to the management of its watershed.

**Keywords:** land use, demographic parameters, *Heterandria bimaculata*, watershed, La Antigua.

## **DEDICATORIAS**

A ti amor (Azucena), ya que sin tu apoyo y compañía en los momentos difíciles no hubiese podido salir adelante, GRACIAS POR TODO, TE AMO.

A mis padres Alberto y Rosario, ya que a sus enseñanzas y educación pude alcanzar esta meta en mi vida, gracias por haberme brindado todo su apoyo y cariño, los amo y que dios los bendiga.

A mis hermanos Emilio, Ricardo y Antonio, gracias por todo su apoyo en esta etapa importante de mi vida.

A mis sobrinos Ricky, Valeria, Marifer y Miguelito, gracias por todo su cariño.

## AGRADECIMIENTOS

Azu, la vida no me alcanzaría para agradecerte todo tu ayuda, paciencia y comprensión durante la elaboración de este trabajo, y sobre todo por tu amor.

Dr. Edmundo Díaz. Muchas gracias por haber aceptado dirigirme la tesis y sobre todo permitirme aprender de usted. Y un millón de gracias por su paciencia, consejos y por la amistad que me brindo durante todo este tiempo.

Al Dr. Norman Mercado y a la Dra. Altagracia Gutiérrez por haber revisado y otorgado sus comentarios para el mejoramiento de este trabajo. Su ayuda fue pieza fundamental para realizar éste trabajo, gracias por su apoyo y amistad.

A la M. en C. Rocío Medina y al Dr. Jorge A. Navarro Alberto, por apoyarme en la difícil tarea de revisar éste trabajo, gracias por brindarme sus conocimientos para su mejoramiento.

A la Dra. Gabriela Vázquez (Instituto de Ecología A. C.) por brindarme la oportunidad de participar en su proyecto de investigación “Análisis y modelación del efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua de los ríos en la cuenca alta del río La Antigua (Veracruz-Puebla)”, con clave CONACYT 43082-F.

Al Dr. Raúl Pineda por sus enseñanzas en el manejo integrado de cuencas. Y al CONACYT por otorgarme una beca completa de estudios.

A mis compañeros y amigos Isaac Chacón (Universidad Autónoma de Hidalgo), Antonio Fernández (Universidad Autónoma de Querétaro) y David Escandon (Universidad de Guadalajara) por su apoyo en las salidas de campo. A Francisco Xavier Aboytes, Jorge García, Azucena Álvarez y María Cecilia Carrasco, ya que de una u otra forma contribuyeron para alcanzar ésta meta en mi vida.

## INDICE

Resumen.....	I
Summary.....	II
Dedicatorias.....	III
Agradecimientos.....	IV
Índice.....	V
Índice de cuadros.....	IX
Índice de figuras.....	XI
Índice de apéndices.....	XII
I. INTRODUCCION.....	1
II. ANTECEDENTES.....	4
2.1. Región Hidrológica Prioritaria río La Antigua.....	4
2.2. Uso de suelo.....	5
2.3. Urbanización.....	7
2.4. Producción pecuaria.....	8
2.5. Producción agrícola.....	10
2.6. Áreas Naturales Protegidas.....	13
2.7. Calidad del agua.....	14
2.8. Fauna ictiológica.....	16
2.9. Antecedentes de <i>Heterandria bimaculata</i> .....	17
2.10. Estrategias de vida de los peces.....	18
2.11. Influencia de las prácticas agropecuarias y la urbanización sobre comunidades de peces.....	20
III. OBJETIVOS.....	22

IV. HIPOTESIS.....	22
V. AREA DE ESTUDIO.....	23
VI. MATERIALES Y METODOS.....	27
6.1. Ubicación de los sitios de muestreo.....	27
6.2. Muestreo en campo.....	28
6.3. Procesamiento de datos de las microcuencas.....	28
6.4. Análisis de muestras de <i>Heterandria bimaculata</i> .....	29
6.5. Análisis de datos.....	30
VII. RESULTADOS.....	32
7.1. Caracterización de las microcuencas.....	32
7.1.1. Microcuenca Mata Oscura.....	32
7.1.1.1. Marco físico.....	32
7.1.1.2. Vegetación y uso de suelo.....	33
7.1.1.3. Marco socioeconómico.....	34
7.1.2. Microcuenca Agua Bendita.....	36
7.1.2.1. Marco físico.....	36
7.1.2.2. Vegetación y uso de suelo.....	38
7.1.2.3. Marco socioeconómico.....	39
7.1.3. Microcuenca Arroyo Seco.....	39
7.1.3.1. Marco físico.....	39
7.1.3.2. Vegetación y uso de suelo.....	41
7.1.3.3. Marco socioeconómico.....	42
7.1.4. Microcuenca Piedra Parada.....	44
7.1.4.1. Marco físico.....	44

7.1.4.2. Vegetación y uso de suelo.....	45
7.1.4.3. Marco socioeconómico.....	46
7.1.5. Microcuenca Las Lomas.....	46
7.1.5.1. Marco físico.....	46
7.1.5.2. Vegetación y uso de suelo.....	48
7.1.5.3. Marco socioeconómico.....	49
7.1.6. Microcuenca El Zapote.....	52
7.1.6.1. Marco físico.....	52
7.1.6.2. Vegetación y uso de suelo.....	54
7.1.6.3 Marco socioeconómico.....	55
7.2. Parámetros demográficos de las poblaciones de <i>H. bimaculata</i> .....	58
7.2.1. Ciclo anual 2007.....	58
7.2.1.1. Parámetro de crecimiento.....	58
7.2.1.2. Parámetros de reproducción.....	59
7.2.2. Temporada de lluvias 2005 y 2007.....	64
7.2.2.1. Parámetro de crecimiento.....	64
7.2.2.2. Parámetros de reproducción.....	65
VIII. DISCUSIÓN.....	68
8.1. Microcuencas.....	68
8.2. Parámetros demográficos de <i>Heterandria bimaculata</i> .....	68
8.2.1. Ciclo anual 2007.....	68
8.2.1.1. Parámetro de crecimiento.....	68
8.2.1.2. Parámetros de reproducción.....	70
8.2.2. Época de lluvias 2005 y 2007.....	72



8.2.2.1. Parámetro de crecimiento.....	72
8.2.2.2. Parámetros de reproducción.....	73
8.3. Estrategias de vida.....	75
IX. CONCLUSIONES.....	77
X. LITERATURA CITADA.....	79
XI. APENDICE.....	87

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Sitios de muestreo y sus microcuencas de influencia.....	28
Cuadro 2. Parámetros hidromorfológicos de la microcuena Mata Oscura.....	33
Cuadro 3. Vegetación y uso de suelo de la microcuena Mata Oscura.....	34
Cuadro 4. Índices y grados de marginación de las localidades de la microcuena Mata Oscura.....	36
Cuadro 5. Parámetros hidromorfológicos de la microcuena Agua Bendita.....	37
Cuadro 6. Vegetación y uso de suelo de la microcuena Agua Bendita.....	38
Cuadro 7. Parámetros hidromorfológicos de la microcuena Arroyo Seco.....	40
Cuadro 8. Vegetación y uso de suelo de la microcuena Arroyo Seco.....	41
Cuadro 9. Población de la microcuena Arroyo Seco.....	42
Cuadro 10. Servicios públicos de las localidades de la microcuena Arroyo Seco.....	43
Cuadro 11. Índices y grados de marginación de las localidades de la microcuena de Arroyo Seco.....	43
Cuadro 12. Parámetros hidromorfológicos de la microcuena Piedra Parada.....	44
Cuadro 13. Vegetación y uso de suelo de la microcuena Piedra Parada.....	46
Cuadro 14. Parámetros hidromorfológicos de la microcuena Las Lomas.....	47
Cuadro 15. Vegetación y uso de suelo de la microcuena Las Lomas.....	48
Cuadro 16. Población de la microcuena Las Lomas.....	50
Cuadro 17. Servicios públicos de las localidades de la microcuena Las Lomas.....	51
Cuadro 18. Índices y grados de marginación de las localidades de la microcuena Las Lomas.....	51
Cuadro 19. Parámetros hidromorfológicos de la microcuena El Zapote.....	53
Cuadro 20. Vegetación y uso de suelo de la microcuena El Zapote.....	54
Cuadro 21. Población de la microcuena El Zapote.....	56
Cuadro 22. Servicios públicos de las localidades de la microcuena El Zapote.....	56
Cuadro 23. Índices y grados de marginación de las localidades de la microcuena El Zapote.....	57
Cuadro 24. Análisis de varianza en un ciclo anual del factor de condición.....	58
Cuadro 25. Análisis de varianza en un ciclo anual del índice gonadosomático.....	60

Cuadro 26. Análisis de varianza en un ciclo anual del tamaño de camada.....	61
Cuadro 27. Análisis de varianza en un ciclo anual de la biomasa embrionaria.....	63
Cuadro 28. Análisis de varianza del factor de condición en la temporada de lluvias....	64
Cuadro 29. Análisis de varianza de índice gonadosomático en lluvias.....	65
Cuadro 30. Análisis de varianza para el tamaño de camada en lluvias.....	66
Cuadro 31. Análisis de varianza para la biomasa embrionaria en lluvias.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.....	24
Figura 2. Sitios de muestreo.....	27
Figura 3. Red hidrológica de la microcuenca Mata Oscura.....	32
Figura 4. Vegetación y uso del suelo de la microcuenca Mata Oscura.....	34
Figura 5. Localidades de la microcuenca Mata Oscura.....	35
Figura 6. Red hidrológica de la microcuenca Agua Bendita.....	37
Figura 7. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Agua Bendita.....	38
Figura 8. Red hidrológica de la microcuenca Arroyo Seco.....	40
Figura 9. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Arroyo Seco.....	41
Figura 10. Localidades de la microcuenca Arroyo Seco.....	42
Figura 11. Red hidrológica de la microcuenca Piedra Parada.....	44
Figura 12. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Piedra Parada.....	45
Figura 13. Red hidrológica de la microcuenca Las Lomas.....	47
Figura 14. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Las Lomas.....	48
Figura 15. Localidades de la microcuenca Las Lomas.....	49
Figura 16. Red hidrológica de la microcuenca El Zapote.....	53
Figura 17. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca El Zapote.....	54
Figura 18. Localidades de la microcuenca El Zapote.....	55
Figura 19. Variación anual del factor de condición de <i>H. bimaculata</i> .....	59
Figura 20. Variación anual del índice gonadosomático de <i>H. bimaculata</i> .....	60
Figura 21. Variación anual del tamaño de camada de <i>H. bimaculata</i> .....	62
Figura 22. Variación anual de la biomasa embrionaria de <i>H. bimaculata</i> .....	63
Figura 23. Grafica de interacción del factor de condición en lluvias.....	64
Figura 24. Grafica de interacción del índice gonadosomático en lluvias.....	65
Figura 25. Grafica de interacción del tamaño de camada en lluvias.....	66
Figura 26. Grafica de interacción de la biomasa embrionaria en lluvias.....	67

## ÍNDICE DE APÉNDICES

Cuadro A.1. Parámetros físicos de las microcuencas.....	87
Apéndice 2. Resumen ejecutivo.....	89

## I. INTRODUCCION

La degradación de los recursos naturales en las cuencas de México es muy grande e incluye tanto los aspectos ambientales como los sociales y económicos (Casillas-González, 2007a, b). Éstos aspectos dependen del manejo integrado de las cuencas hidrográficas, por lo tanto cuando ésta área recibe un adecuado manejo en todos sus medios (físico, social y económico), se dice que podía encontrarse en equilibrio; lo que no sucede cuando el manejo es inadecuado. Al estar regida por su comportamiento hidrológico, cualquier cambio positivo o negativo en su manejo va a reflejarse en sus sistemas lóticos, modificando la cantidad, calidad y comunidades bióticas. Por lo que estos cambios pueden ser utilizados como indicadores o como parte del biomonitoreo de lo que esta ocurriendo en una cuenca.

En estos días existen un numero elevado de cuencas en las cuales el manejo que se les está dando ha ido modificando la cantidad y calidad de agua disponible para el uso del ser humano (Garrido *et al.*, 2007). Los arroyos y ríos se encuentran entre los ecosistemas que soportan mayores niveles de presión antropogénica, sufren de una creciente degradación debido a la destrucción del hábitat y a las alteraciones en el régimen natural de sus cauces, derivado por la deforestación de las cuencas, contaminación química, construcción de obras hidráulicas y explotación del agua (Badii *et al.*, 2005).

Otras acciones que inciden en el deterioro de la calidad del agua, hábitat y comunidades acuáticas, son la contaminación puntual y no puntual que está dando en las cuencas. La primera es cuando la fuente de contaminación se localiza en un punto específico, la segunda cuando el contaminante llega de forma distribuida mediante la escorrentía, como es la contaminación de suelos y acuíferos por fertilizantes y pesticidas utilizados en sus actividades agrícolas y pecuarias (Wang *et al.*, 2006). Los principales impactos de la actividad agricultura es la pérdida de vegetación de sus bancos y zona riparia; y de la actividad de pastoreo es la destabilización de los bancos y la descarga directa de los desechos de animales del corral y de sus abrevaderos

(Belsky *et al.*, 1999; Lyons *et al.*, 2000). Estas actividades causan erosión del banco, y por consiguiente la modificación del canal, enriquecimiento de nutrientes orgánicos e inorgánicos, y el agotamiento del oxígeno disuelto de los ríos de la cuenca (Wang *et al.*, 2006).

La mejora de los ecosistemas en las cuencas es prioritaria, es necesario un importante esfuerzo para desarrollar estrategias de gestión integrada ligadas a sus características ecológicas. El nuevo enfoque no sólo consiste en eliminar los focos de contaminación, sino sobre todo en rehabilitar la integridad ecológica de los sistemas acuáticos bajo la perspectiva holística de cuenca. La estimación de la salud de los ecosistemas y la integridad biótica permitirán evaluar estos efectos como apoyo para proponer alternativas para su manejo y conservación (Savory, 1999). Por lo tanto, los estudios que tratan sobre la calidad del agua de los sistemas acuáticos y su relación con la composición y estructura de las comunidades bióticas son herramientas valiosas para poder alcanzar un desarrollo sustentable a través de la conservación y manejo de recursos (Albariño, 1999).

En este sentido, las comunidades bióticas son un componente altamente sensible a los cambios en los sistemas lóticos generados por el deterioro de la cuenca, y tienen algunos atributos que las hacen útiles como indicadores de la integridad biótica y de la salud de un ecosistema (Segnini, 2003; Badii *et al.*, 2005). En particular, los peces responden de manera predecible a los cambios en algunos factores bióticos y abióticos, tales como la calidad del hábitat y calidad del agua, por lo que son especies indicadoras, y sus cambios en presencia/ausencia, número y en las características morfológicas, fisiológicas o de comportamiento, indican que algunas de las variables físicas, químicas y biológicas se encuentran fuera de sus límites de tolerancia y afectan sus ciclos de vida (Gutiérrez-Hernández, 2003).

Muchas de las cuencas del estado de Veracruz no han sido estudiadas en la composición y estructura de sus comunidades ícticas, y si hablamos de la relación de éstas con su entorno natural y social los trabajos han sido nulos. Entre ellas destaca la

Región Hidrológica Prioritaria “Cuenca del río La Antigua” (Mercado-Silva *et al.*, en prensa), situada en la porción sudoccidental del Golfo de México, perteneciente a la Región Hidrológica número 77: río La Antigua (CONABIO, 2000a).

En este contexto, el presente trabajo pretende conocer las variaciones temporales y espaciales en los parámetros demográficos de las poblaciones de peces de la parte alta de la cuenca del río La Antigua, comparándolas según el uso de suelo y asentamientos poblacionales que posee cada una de sus microcuencas. Éste estudio se basa en la problemática de deterioro ecológico que está ocurriendo en la Región Hidrológica Prioritaria del río La Antigua, que se asocia a una serie de cuerpos de agua que son receptores de descargas de aguas residuales municipales y agroquímicos que se emplean en la zona de pastizales para la crianza de ganado lechero y de producción de carne, además de desechos derivados de los beneficios del café en la área de cultivos de sombra; así como la carencia de mecanismos para la gestión de la conservación de áreas prioritarias, por la falta del conocimiento de la biodiversidad y su afectación por la contaminación de sus arroyos y ríos (CNA, 1998; CONABIO, 2000a).



## II. ANTECEDENTES

### 2.1. Región Hidrológica Prioritaria río La Antigua (RHP-La Antigua).

Con el objeto de obtener un diagnóstico de la relación que guardan los recursos hidrológicos con la diversidad biológica, que sirva como marco de referencia para los diferentes sectores involucrados en el desarrollo de planes de investigación, conservación uso y manejo, la CONABIO identificó 110 regiones hidrológicas prioritarias por su biodiversidad.

Entre estas se encuentra la RHP-La Antigua, que además de ser una cuenca de alta riqueza posee aprovechamientos hidráulicos importantes situados en el distrito de riego 035, presenta un canal de derivación que transporta 14 m<sup>3</sup>/s y un drén que tiene una capacidad de 8 m<sup>3</sup>/s, en una superficie de 14,000 ha distribuidas en los municipios de La Antigua, Úrsulo Galván, Puente Nacional, Manlio Favio Altamirano y Paso de Ovejas. La cuenca cuenta con: pesquerías de langostinos (*Macrobrachium acanthurus* y *M. carcinus*), cultivo de café y caña de azúcar, además de la agricultura de temporal y la producción de ganado vacuno lechero y de carne (CONABIO, 2000a).

Aunque es un área de alta biodiversidad, existen escasos trabajos recientes que sustentan la riqueza biótica y el uso de suelo que se está empleando en esta cuenca. Uno de ellos es el que involucra la disposición a pagar por servicios ambientales generados en una zona ganadera de la cuenca del río La Antigua, donde se encontró que el 83.42% del público encuestado está dispuesto a pagar por un incremento de la calidad ambiental y un 85.93% cree que el medio ideal sería que los ganaderos usen prácticas ambientalmente eficientes y ser compensados por ello por parte del estado (Del Ángel-Pérez *et al.*, 2006). Otra investigación que aporta conocimiento al sector bioeconómico de la cuenca es el realizado por Hietz (2005), donde se demuestra el valor de policultivos tradicionales para la diversidad de epifitas y la importancia de conservar árboles de sombra grandes en plantaciones de café de algunas localidades del municipio de Coatepec, Veracruz. Los resultados de este

trabajo sugieren que estos sistemas de producción pueden ser inadecuados para todas las epifitas que se encuentran en este ecosistema.

Otras investigaciones realizadas en la cuenca: es la comparación de la diversidad de escarabajos, murciélagos y ranas en sistemas de bosque tropical montano nublado y plantaciones de café de sombra, donde la diversidad de escarabajos fue mayor en dichas plantaciones, ya que estas forman una matriz que rodea a los fragmentos remanentes del bosque y que en conjunto representan un recurso altamente funcional para la preservación de la biodiversidad (Pineda *et al.*, 2005); también, la modelación mediada sobre el funcionamiento hidrológico de un bosque mesófilo de montaña y el estudio de la comprensión, el análisis y la búsqueda de consensos entre investigadores de distintas disciplinas en la RHP-La Antigua. Éste modelo es el primer paso para la comunicación inter y multidisciplinaria, que en este momento se encuentra en ejecución (Pérez-Maqueo *et al.*, 2007). Otros trabajos son la evaluación de la erosión de la parte alta por causas hídricas (Ten Raa, 1983), el estudio del cambio de uso de suelo asociado al valor de producción y empleo de las comunidades rurales (Álvarez-Palacios, 2004) y los relacionados con el efecto del uso del suelo sobre la calidad del agua (Childers y Gosselink, 1990; Gosselink *et al.*, 1990; Pringle, 1991; Harding y Winterbuourn, 1995; Muñoz-Villers y López-Blanco, 2006).

## **2.2. Uso de suelo.**

Los estudios sobre el uso del suelo proporcionan la base para conocer las tendencias de los procesos de deforestación, degradación, desertificación y pérdida de la biodiversidad de una región determinada (Lambin *et al.*, 2001). Aunque existen eventos naturales (ej. huracanes) que propician variaciones en la cobertura natural, durante las últimas décadas las actividades humanas han sido el detonador de las transformaciones más marcadas que se están dando en los diferentes ecosistemas (Vitousek *et al.*, 1997).

Para la parte alta de la RHP-La Antigua se describen 15 diferentes usos de suelo. Los pastizales inducidos ocupan la mayor cantidad de cobertura

(aproximadamente el 22.06% de la superficie total) el cual sirve para la alimentación de ganado productor de leche y carne. El segundo lugar lo ocupa el bosque mesófilo de montaña con una superficie aproximada del 21.30% del área total. Ésta cobertura forestal es la mas importante fuente de recarga de la cuenca, la cual en su mayoría no ha sido designada como área natural protegida (ej. La Cortadura en la localidad Congregación Tapachapan, municipio de Coatepec). Le siguen la agricultura de temporal y las plantaciones de café de sombra, con superficies del 10.95% y 9.07% respectivamente, que son importantes ya que de ellas depende la mayoría de los habitantes de las comunidades rurales de la parte alta de la cuenca (Muñoz-Villers y López-Blanco, 2006).

Los bosques de pino-encino ocupan el 8.75% de la superficie de la cuenca, se encuentran en las parte altas por encima del bosque mesófilo de montaña, de igual manera son importantes zonas de recarga. Los sistemas agroforestales poseen el 8.38% de la superficie y son importantes portadores de beneficios económicos y ambientales para las comunidades de la parte alta de la cuenca. El bosque de coníferas contiene el 6.84% y las plantaciones de caña de azúcar el 5.15% aproximadamente de la superficie total de la cuenca (Muñoz-Villers y López-Blanco, 2006).

El área urbana de la parte alta de la cuenca posee el 4.83% de la superficie total, en la cual destacan los municipios de Xalapa, Coatepec y Xico las cuales poseen poblaciones que van de los 14,000 a mas de 300,000 habitantes. Las plantaciones de café ocupan el 1.22% de la superficie, esta actividad no se ha incrementado en los últimos años, ya que las características de la zona y el sistema de producción hace que los productores de café opten por la producción de café de sombra, donde no se tiene que desmontar en su totalidad el bosque y no tiene tantos cuidados como el café de sol. Los pastizales nativos se encuentran en las partes mas altas de la cuenca por encima de los bosques mesófilos y los de pino y encino, ocupan una superficie del 0.93% del área de la cuenca (INEGI, 2002). El bosque tropical caducifolio posee una superficie del 0.39 de la parte alta de la cuenca, pero es importante mencionar que este tipo de

ecosistema natural es muy conspicuo en la parte media y baja de la RHP-Antigua (Muñoz-Villers y López-Blanco, 2006).

El suelo desnudo de la parte alta de la cuenca representa sólo el 0.24% y el suelo desnudo asociado al pastizal alpino posee el 0.003% de la superficie total. Los cuerpos de agua lénticos en esa zona de la cuenca son muy raros (0.008%) ya que el área por su topografía es mas propensa a presentar sistemas lóticos (Muñoz-Villers y López-Blanco, 2006).

A partir de ésta información se pueden predecir parcialmente la dirección de los cambios que puedan sufrir los diferentes usos de suelo en esta región. En consecuencia, se podrán medir las implicaciones ambientales y sociales de estos cambios probables, sus repercusiones económicas y establecer mecanismos de control de las causas de origen (Velázquez *et al.*, 2002a; b).

### **2.3. Urbanización.**

La urbanización afecta de muchas maneras el cambio de uso de tierra, a través de las interacciones entre lo urbano y rural. El cambio de uso de tierra en el continuo rural urbano puede afectar tanto el entorno natural como a la situación socioeconómica regional. A diferencia de los habitantes de la ciudades, los pobladores de las comunidades rurales se relacionan de manera mas directa con los recursos naturales, por lo tanto, les afecta cualquier tipo de degradación o contaminación de su entorno natural (Gerritsen *et al.*, 2005).

La modificación de los hábitats naturales, asociados al rápido crecimiento poblacional y la insustentable actividad económica, pueden ser causantes de la aceleración de la tasa actual de pérdida de especies a niveles catastróficos (Fernández-Chicharro *et al.*, 2007). Frecuentemente la urbanización en las cuencas degrada indirectamente los ecosistemas acuáticos mediante la contaminación no puntal, como son la aportación de metales pesados, aceites, pesticidas, materiales orgánicos,

nutrientes y sedimentos que degradan la calidad del agua en los arroyos y ríos y por consiguiente el equilibrio ambiental de las cuencas (Stepenuck *et al.*, 2002).

Wang *et al.* (2000) sugieren que el crecimiento poblacional se relaciona con los cambios en las corrientes de agua naturales que drenan en la cuenca. Además de modificar la calidad de agua y sus comunidades bióticas (Stepenuck *et al.*, 2002).

En las principales ciudades de la parte alta de la RHP- La Antigua: Xalapa, Coatepec y Xico el crecimiento de la población en el periodo del 1995 al 2005 fue de 76,504, 9,357 y 5,042 respectivamente (INEGI, 2008a). Este crecimiento fue más marcado hacia las urbes como las que se mencionan anteriormente, en comparación al crecimiento poblacional que se da a nivel de localidad rural, donde en ocasiones el número de habitantes disminuye debido a la migración de sus habitantes en busca de empleos más redituables para sus familias, dejando las actividades agrícolas y pecuarias que desempeñan en sus localidades.

#### **2.4. Producción pecuaria.**

Los pastizales inducidos son un uso de suelo que se emplea para el pastoreo de ganado vacuno y bovino. En la actualidad la ganadería se sustenta en sistemas de praderas y desmonte e inducción selectiva de gramíneas (Siemens, 1998), con base en el pastoreo de grandes extensiones. Las praderas están preferentemente compuestas por especies exóticas, algunas dominantes y otras demandantes de insumos comerciales para prosperar como plaguicidas, fertilizantes y otros (Del Ángel-Pérez *et al.*, 2006).

En el estado de Veracruz se dedican cerca de 3.6 millones de ha al pastoreo del ganado vacuno y unas cuantas más para la alimentación del ganado bovino, que representan alrededor del 50% de la superficie estatal; por lo que ocupa el primer lugar nacional como productor de carne de bovino y el quinto en producción de leche (Juárez *et al.*, 2000 citado en Esqueda-Esquivel *et al.*, 2005).

Para la RHP-La Antigua, la Secretaria de la Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) registró dos Distritos de Desarrollo Rural: el 4 Coatepec, Veracruz, que se encuentra en la parte alta de la cuenca; destaca en la producción de ganado lechero, con un inventario ganadero de 77,400 cabezas de bovino, 225,260 de porcinos, 69,200 de ovinos, 58,900 de caprinos, 1'048,400 de aves, 26,050 colmenas y 17,010 equinos (SAGARPA, 2008a).

El distrito 6 La Antigua, corresponde a la parte baja de la cuenca. La actividad ganadera prácticamente se desarrolla en toda el área distrital, en su mayor parte en condiciones de temporal con aproximadamente seis meses de disponibilidad de forraje verde y el resto del año con fuertes restricciones en cuanto a calidad de forraje, lo que ha dado lugar a que los productores adopten prácticas para contrarrestar estos efectos de clima, entre los mas importantes son la suplementación a base de punta de caña, establecimiento de pequeñas áreas de zacate de corte en donde se dispone de riego, y la formulación de raciones a base de granos y fuentes de proteína como gallinaza o soya (SAGARPA, 2008b).

Los recursos forrajeros en su mayor parte corresponden a especies inducidas, y sólo en áreas muy localizadas y por las características físicas de los terrenos se localizan especies nativas como es el caso de las sabanas. Los pastizales inducidos que actualmente se identifican corresponden a zacate privilegio, jaragua, estrella de África y pangola, hace cinco años que se observa la tendencia de los productores por introducir otras especies de origen brasileño como es el caso de los pastos insurgentes, tanzania y mombasa. Por otro lado se ha observado también la inclinación de los ganaderos por el establecimiento de áreas de zacate de corte al interior de sus hatos, destacando las especies king-grass, caña de azúcar, caña japonesa, taiwán y merkerón (SAGARPA, 2008a, b).

La ganadería en la RHP-La Antigua ocupa mas del 45% (195,025 ha) de la superficie de la cuenca, en la cual destacan tanto los pastizales que se producen con agua de riego como los de temporal (SAGARPA, 2008a, b).

La problemática ganadera en esta región y en el estado de Veracruz radica en la búsqueda de soluciones en asuntos de alimentación, sanidad y reproducción, y no en la investigación de los problemas ambientales que esto conlleva (Macmillan *et al.*, 2002). Por este motivo, el sistema de pastoreo se aprecia como una estrategia económica individual, cuyos costos ambientales los paga la sociedad debido a que las estimaciones económicas no consideran dichos costos sobre los recursos naturales (Kondratyev *et al.*, 1997; Stevens *et al.*, 2000).

## **2.5. Producción agrícola.**

El estado de Veracruz cuenta con una superficie agrícola de 1'780,984 ha de las cuales 1'668,513 ha se cultivan en la modalidad de temporal y 112,470 ha en riego. Éstas incluyen alrededor de 110 cultivos, dentro de los que destacan: la caña de azúcar, café, naranja, limón persa, mango, plátano, papaya, piña y vainilla. En el estado los cultivos son establecidos en tres ciclos agrícolas y son: otoño-invierno, primavera-verano y perennes. La agricultura en éste estado posee primeros lugares de producción a nivel nacional (cítricos, arroz, café, piña, mango, entre otros), más por volumen que por productividad (SAGARPA, 2008c).

La parte alta de la RHP-La Antigua (contenida en el Distrito de Desarrollo Rural 4) posee gran variedad de cultivos anuales y perennes por su gran diversidad de condiciones agro-climatológicas. Durante el año agrícola 2002 la actividad agrícola ocupó una superficie de 116,284 ha (7.94 % del total estatal). De la superficie sembrada, el 95.58% se estableció en áreas de temporal y el 4.42% en áreas bajo riego. Los cultivos de mayor importancia en cuanto a superficie de producción son: maíz con 51,659 ha (44.4% del total de la superficie del distrito), café con 35,454 ha (30.5%), caña de azúcar 6,289 ha (5.4%) y frijol con 4,520 ha (3.88%) (SAGARPA, 2008c).

La parte baja de la cuenca del río La Antigua (contenida en el Distrito de Desarrollo Rural 6) tiene una superficie total de actividad agrícola de 89,735 ha, (35.6%

del total distrital). De estas 54,233 ha corresponden a la modalidad temporal y 35,502 ha son de riego, lo que representa el 60.43 % y 39.57% del total de la superficie agrícola respectivamente. Los principales cultivos lo representan la caña de azúcar con un área de 23,881 ha, seguido por el maíz cultivado en una superficie de 20,750 ha en dos ciclos primavera-verano y otoño-invierno, el mango con 4,368 ha de cultivo, el café en 2,028 ha y la toronja en 800 ha (SAGARPA, 2008c).

Las tres actividades agrícolas mas importantes, por la extensión de superficie, para toda la RHP-La Antigua son los cultivos de maíz con 72,409 ha (35.14% de la superficie cultivada de la cuenca), el café con 37,482 ha (18.19%) y el cultivo de caña de azúcar con 30,170 ha (14.64%) (SAGARPA, 2008c). De estas actividades, el cultivo de café es muy importante por los ingresos económicos que obtienen muchas familias rurales de la parte alta de la cuenca, debido al mejor costo que alcanza en comparación del maíz. Entre los municipios que producen en mayor extensión café de sombra se encuentran: Xalapa, Coatepec, Teocelo y Cosautlán de Carvajal, los dos primeros además de ser productores son los principales compradores y comercializadores de la región. También se encuentran otros municipios de la parte alta de la cuenca que se dedican en menor extensión a la producción de café de sombra: Ixhuacan de los Reyes, Tlaltetela, Chichiquila y Quimixtlan, estos dos últimos pertenecientes al estado de Puebla.

El estado Veracruz se encuentra en tercer lugar en la producción de este grano aromático, el cual se desarrolla por medio de los sistemas rustico, policultivo tradicional y monocultivo de sol. En la parte alta de la cuenca del río La Antigua los cultivos tradicionales ocupan una superficie del 9.07% de la superficie total de la cuenca y los monocultivos de sol el 1.22%. Actualmente los cultivos de sombra tradicionales han ido incrementando, remplazando al cultivo de café de sol, donde se tienen que retirar por completo los árboles nativos de la región que se pretende cultivar (Hietz, 2005), afectando la biota existente. En regiones donde la deforestación ha afectado drásticamente el bosque original, los sistemas tradicionales de café pueden actuar como refugio para muchas especies (Moguel y Toledo, 1999).



Existen muchos trabajos que mencionan la importancia de los sistemas de producción tradicionales de café en relación con la biodiversidad que resguardan. En los trabajos relacionados con el medio vegetal se menciona la importancia de una correcta estratificación de estos sistemas con presencia de hierbas, arbustos y árboles, que benefician la abundancia y la diversidad de orquídeas (Williams-Linera *et al.*, 1995; Solís-Montero *et al.*, 2005) y de epifitas (Márquez *et al.*, 1976; Hietz, 2005). También se benefician la biodiversidad de artrópodos, la cual esta representada por especies de las familias Diptera, Hymenoptera, Coleoptera, Homoptera y Araneae, todas con abundancias altas excepto la Coleoptera (Janzen, 1973 citado en Moguel y Toledo, 1999; Pineda *et al.*, 2005).

La importancia de estos sistemas en la diversidad de aves ha sido demostrada en estudios empíricos (Borrero, 1986; Andrade y Rubio, 1994; Thiollay, 1995 citados en Moguel y Toledo, 1999), donde ese menciona que estos sistemas constituyen un hábitat apropiado tanto para aves residentes como migratorias. Cruz-Angón y Greenberg (2004) mencionan que las plantaciones tradicionales de café con presencia de epifitas poseen valores altos de abundancia y diversidad de aves en plantaciones de Coatepec, Veracruz. Por otro lado, aunque el número de mamíferos encontrados en estos sistemas es bajo en comparación con los bosques naturales, existen algunas especies importantes, clasificadas como raras o que se encuentran en algún grado de protección, que son encontradas en las plantaciones tradicionales de café (Gallina *et al.*, 1996 citado Moguel y Toledo, 1999). Además de ser considerados en el pago de servicios ambientales por la captura de CO<sub>2</sub> (Pineda-López *et al.*, 2005).

Aunque ya se mencionó la importancia de varios grupos taxonómicos en relación con los sistemas tradicionales de café, los trabajos respecto a la relación que tienen estos sistemas con la calidad de agua de los sistemas lóticos contenidos en estas áreas son escasos, y si hablamos en aquellos donde se relacionen las comunidades acuáticas y en específico los gremios y las poblaciones peces los estudios son mas pobres aun o nulos.

## **2.6. Áreas Naturales Protegidas (ANP's).**

En México la Comisión de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) administra actualmente 164 áreas naturales de carácter federal que representan más de 23'096,877 millones de ha. Estas áreas se clasifican en las siguientes categorías: Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna, Santuarios y otras categorías.

El estado de Veracruz contiene nueve zonas críticas forestales y cuatro Áreas Naturales Protegidas de jurisdicción federal, de las cuales tres son Parques Nacionales. La parte alta de la RHP-La Antigua contienen una superficie considerable de los Parques Nacionales Cofre de Perote y Pico de Orizaba. En este sentido ésta área se hace más importante por su alta biodiversidad y por los beneficios directos que provocan en los habitantes de la región, ya que funcionan como reguladores de clima, protegen las cuencas hidrológicas, evitan deslaves y aluvios que pueden amenazar a las poblaciones y sus estructuras de producción. Además, de captar, almacenar, regular y retener el agua, que sirve para abastecer a las poblaciones, agricultores, ganaderos o industria (CONANP, 2008).

En las principales ciudades urbanas de la parte alta de la RHP-La Antigua se ubican Parques Ecológicos. Como el de Francisco Javier Clavijero situado en el municipio de Xalapa, con una extensión territorial de 76 ha de bosque mesófilo de montaña que forma parte del Cinturón Verde de la zona conurbada de Xalapa, Banderilla, Emiliano Zapata, Coatepec y San Andrés Tlalnehuayocan. El Macuiltepetl ubicado en la zona urbana central de Xalapa, con una superficie de 31 ha de bosque mesófilo de montaña. Y el Cerro de las Culebras ubicado en la ciudad de Coatepec, con ecosistemas principalmente de plantaciones de café asociados con árboles de sombra (Pérez-Maqueo y Ramos-Escobedo, 2008).

En la parte alta de la RHP-La Antigua existen áreas bajo la categoría de protección con destino para la conservación de los recursos naturales, ubicadas dentro del territorio estatal en zonas circunvecinas a los asentamientos humanos, en las que exista uno o más ecosistemas en buen estado de conservación. Una de ellas es el predio La Cortadura, ubicado en la localidad Congregación Tapachapan, municipio de Coatepec, que posee una superficie de 107 ha de bosque mesófilo de montaña y pastizales. Ésta posee una gran diversidad de flora y fauna silvestre (Pérez-Maqueo y Ramos-Escobedo, 2008).

El sitio Ramsar las cascadas de Texolo y su entorno, humedal rodeado de bosque mesófilo de montaña, ecosistema que alberga una alta tasa de endemismo de flora y fauna, así como especies forestales internacionalmente amenazadas y vulnerables como *Magnolia schiedeana*, *Symplocos coccinea* y *Stanhopea tigrina* (Pérez-Maqueo y Ramos-Escobedo, 2008).

## **2.7. Calidad del agua.**

El uso del recurso hídrico en la parte alta de la Antigua es principalmente en criaderos de trucha, beneficios de café y abasto para la población (Pérez-Maqueo y Ramos-Escobedo, 2008), aunque en ciertas zonas del municipio de Xico se puede observar sistemas de riego para pastos que sirven para la producción de ganado vacuno y bovino.

Se reportan 294 descargas de aguas residuales para toda la RHP-La Antigua (CNA), pero es posible que existan muchas otras clandestinas. Gran parte de las descargas son de origen urbano y sobre todo de la producción de café. En general las descargas se infiltran o son vertidas en ríos y arroyos (Pérez-Maqueo y Ramos-Escobedo, 2008).

En la parte alta de la RHP-La Antigua el mayor porcentaje de descargas lo realiza la producción de café, seguidas por servicios de salud rural, granjas acuícolas, producción de licores y servicios urbanos. El 54% de estas descargas tienen como

destino ríos y arroyos, el 38% se infiltra, el 5% no se tiene registro, el 2% son dirigidas a canales de riego y el 1% a pozos de absorción (Pérez-Maqueo y Ramos-Escobedo, 2008).

Ciertos usos de suelo (p. e. plantaciones de café de sombra y pastizales inducidos) y las descargas de aguas residuales han ido modificando la calidad del agua de los ríos de la RHP-La Antigua. Existe una variación estacional en la temporada de lluvias, donde se registran un mayor aporte de sulfatos, sólidos suspendidos totales y una modificación del color de los sistemas lóaticos. Por otro lado, Pérez-Maqueo y Ramos-Escobedo (2008) señalan que para los datos obtenidos antes del año 2000 existe muy poca diferencia entre las dos estaciones (estiaje y lluvias), mientras que para los datos posteriores a esta fecha muestran diferencias entre las estaciones de monitoreo, lo cual sugiere que los cambios en la contaminación del agua de los ríos y arroyos de la RHP-La Antigua estuvieron mas marcados a partir del año 2000.

Los registros realizados en un periodo anual para la parte alta de la RHP-La Antigua señalan que existe poca variación espacial entre las estaciones de estudio. Sin embargo en la época fría-seca se detectó que los sitios contenidos en microcuencas con sistemas agroforestales poseen ríos más ácidos que los ríos contenidos en microcuencas con pastizales inducidos. Existe una variación estacional en los sólidos disueltos totales y conductividad a principio de la temporada de lluvias; y a principio de la temporada de nortes se registran las menores temperaturas y los niveles mas altos de oxigeno disuelto (nuestras observaciones no publicadas).

Aunque existe poca variación espacial y un patrón temporal de ciertos parámetros fisicoquímicos evaluados en un periodo anual. Se detectó para ríos de la parte alta de la RHP-La Antigua en la temporada de lluvias un ligero aumento en el pH y oxigeno disuelto del 2005 al 2007; y una disminución en los sólidos disueltos totales (nuestras observaciones no publicadas).

## **2.8. Fauna ictiológica.**

En el Estado de Veracruz los trabajos que de manera integral tratan la diversidad íctica de los ríos y lagos son escasos. En el más reciente se reportan 144 especies, de 36 familias distintas (Mercado-Silva *et al.*, en prensa). Desde un punto de vista ecofisiológico 23 de ellas son de condición primaria, 56 secundarias, 64 periféricas y una catádrroma (Myers, 1938). El número de especies dulceacuícolas registradas para éste estado representa aproximadamente el 28% de las especies que se distribuyen en México, por lo que es considerada como una región de alta diversidad íctica (Mercado-Silva *et al.*, en prensa).

Para la RHP-La Antigua la ictiofauna presente no había sido formalmente descrita, se mencionaban algunas especies que se encuentran distribuidas en esta cuenca como son: *Astyanax fasciatus*, *Cathorops aguadulce*, *Ictiobus bubalus*, especies endémicas como *Heterandria sp.*, especies amenazadas (*Gambusia affinis* y *Priapella bonita*) y una especie introducida para cultivo, *Onchorhynchus mykiss* o trucha arcoiris (CONABIO, 2000a). Sin embargo, la última investigación para la cuenca menciona que la ictiofauna total registrada consiste de 15 especies, contenidas en 13 géneros y ocho familias. 11 de ellas son dulceacuícolas nativas; dos son talasogénicas (de origen marino) y dos son exóticas (Díaz-Pardo *et al.*, sometido).

Para la RHP-La Antigua Díaz-Pardo *et al.* (sometido) mencionan que las familias mejor representadas fueron Poeciliidae, con 6 especies contenidas en 4 géneros; 5 son nativas (*Heterandria bimaculata*, *Poecilia mexicana*, *P. latipinna*, *P. sphenops* y *Poeciliopsis gracilis*) y una exótica (*Xiphophorus hellerii*). Y Cichlidae con 3 especies, agrupadas en 3 géneros: *Thorichthys ellioti*, *Parachromis friendrichsthalii* y *Vieja fenestrata*. La especie más abundante fue *Heterandria bimaculata*, además de ser el taxón con mayor distribución.

Las comunidades ícticas en la RHP-La Antigua están siendo afectadas por diversos factores antropogénicos, la pérdida de hábitat es quizás el más importante agente de cambio para los cuerpos de agua dulce y consecuentemente para las comunidades de peces (Díaz-Pardo *et al.*, sometido). El cambio en el uso de suelo, la

deforestación y la pérdida de vegetación ribereña favorecen la erosión y con ello el azolve de segmentos de los ríos (Walling y Webb, 1996). Por lo tanto, peces que requieren de aguas relativamente claras y sustratos rocosos pueden sufrir tanto por el incremento en los sólidos totales suspendidos como por el aumento de sustratos suaves en el fondo de los ríos y lagos. En consecuencia existe una reducción del hábitat disponible para los peces y se trunca el proceso de migración de algunas especies (Díaz-Pardo *et al.*, sometido).

El poco conocimiento que se tiene acerca de las variaciones de las estrategias de vida de las poblaciones de peces contenidas en sistemas lóticos de la parte alta de la RHP-La Antigua, brinda la oportunidad de establecer generalidades acerca del uso de suelo que pueden estar modificando los parámetros demográficos de sus peces dulceacuícolas nativos, como es el caso de *H. bimaculata* pecílido mejor distribuido en la cuenca (Díaz-Pardo *et al.*, sometido).

## **2.9. Antecedentes de *Heterandria bimaculata*.**

*Heterandria bimaculata*, "el guatopote manchado" (Heckel, 1848) es una especie vivípara originaria de América Central. Se encuentra en la Vertiente del Atlántico, sus límites geográficos hacia el norte no han sido establecidos pero no se extiende a la cuenca del Río Nautla. Se distribuye en los ríos Misantla, Blanco, Papaloapan, Coatzacoalcos y Sarabia, siendo este su límite sur en el estado de Oaxaca. Se registran tanto en elevaciones que van del nivel del mar hasta arriba de los 1,400 msnm (Miller *et al.*, 2005).

Fue registrada por primera vez en la Vertiente del Pacífico por Gaspar-Dillanes (1987), y es considerada como una especie introducida en la parte alta de la cuenca del río Balsas, así como en el Vaso de "El Rodeo" y la laguna de Coatetelco, Morelos (Gomez-Marquez *et al.*, 1999). También ha sido registrada en los canales de Xochimilco, en el Valle de México (Espinosa-Pérez *et al.*, 1993) e introducida en el medio y bajo Lerma (Díaz-Pardo, *com. pers.*).

Se conocen cuatro subespecies que presentan diferencias en el número de radios de su aleta dorsal, forma del cuerpo y pigmentación. Distribuidas en el siguiente gradiente geográfico: *H. bimaculata jonesi*, en ríos de alta montaña y lagos del centro-este de México desde el río Tamesí a el río Tecolutla; *H. bimaculata bimaculata*, en aguas templadas de elevación baja a moderada, del río Chalchalacas al Papaloapan (Miller *et al.*, 2005); *H. bimaculata peninsulae*, en el norte de la península de Yucatán en dos localidades, en puerto Progreso y puerto Sisal (Navarrete-Vázquez, 2006); y *H. bimaculata teniata* registrada en tierras bajas del istmo de Tehuantepec hasta Nicaragua (Miller *et al.*, 2005).

Investigaciones que abordan la relación del uso del suelo sobre las variaciones de los parámetros de crecimiento y reproducción de las poblaciones de *H. bimaculata* ha sido nulas. Las únicas aportaciones se limitan a describir estadios gonádicos, radios sexuales y temporadas de reproducción (Reza y Díaz, 1994), y otras como del complemento factor de condición (Gómez-Márquez *et al.*, 1999).

## **2.10. Estrategias de vida de los peces.**

Los procesos de crecimiento, sobrevivencia y reproducción (historia de vida) son resultados de un conjunto de atributos coadaptados que evolucionaron en respuesta a ciertas presiones de selección, debido a lo cual, el patrón de crecimiento, diferenciación, almacenamiento de energía y reproducción, edad y talla a la madurez sexual, tamaño de camada, inversión reproductiva, longevidad y mortandad de cada organismo es único (Stearns, 1976; Begon *et al.*, 1990). Al conjunto de estas características de una población se le llama estrategia de vida (Benabib, 1993).

Las poblaciones de *H. bimaculata* de la parte alta de la RHP-La Antigua deben optimizar sus estrategias de vida para que su adecuación sea máxima, por lo que es importante determinar el ambiente responsable de la gran diversidad de estrategias de vida existentes, y las características que evolucionaran en las poblaciones que viven bajo condiciones ambientales específicas (Benabib, 1993).

El crecimiento de *H. bimaculata* pueden ser causado por diferencias ambientales dependientes de la depredación y la disponibilidad de alimento (Reznick *et al.*, 1996). Mientras que las tácticas o estrategias en sus procesos reproductivos pueden estar relacionados con su capacidad física dependiente de la información recibida de los mecanismos sociales y ambientales para permitir un balance en la distribución de recursos entre sobrevivencia y reproducción (Stearns, 1976).

Los cambios en las estrategias de vida pueden ser un indicador de estabilidad ambiental, ambientes estables es de esperarse que la inversión de energía en el crecimiento sea mayor que la reproductiva, y ambientes poco estables es común que las hembras produzcan varias camadas pequeñas a lo largo del año (Stearns, 1976). Sin embargo, Torralva *et al.* (1997) mencionan que la coherencia y sincronía en la dinámica estacional de las estrategias de vida de los peces va a estar regida por la estabilidad ambiental de sus cuencas hidrográficas.

### **2.11. Influencia de las prácticas agropecuarias y la urbanización sobre comunidades de peces.**

Las actividades productivas agrícolas, pecuarias, industriales y urbanas pueden contribuir con el aporte de contaminantes orgánicos e inorgánicos, con efectos negativos sobre los peces (Haslam, 1994). Aunado a estos impactos, el establecimiento de especies exóticas puede incrementar la competencia por los recursos y afectar a las nativas (Lyons *et al.*, 1998).

La conversión de los bosques a tierras de uso agropecuario y urbano ha transformado la cubierta vegetal en un paisaje heterogéneo, formando fragmentos de vegetación rodeados de pastizales, áreas de cultivo, vegetación secundaria y grandes urbes. Este cambio de uso de suelo propicia la pérdida de hábitat, importante factor de cambio para los cuerpos de agua dulce y consecuentemente para las comunidades de peces, practicas que están presentes en la parte alta de la RHP-La Antigua (Díaz-Pardo *et al.*, en revisión).



El mayor impacto de las actividades agropecuarias cerca de los sistemas lóticos es la pérdida de la vegetación riparia por la plantación de cultivos y el pastoreo de ganado, causando la destabilización de los bancos por el pisoteo del ganado y la descarga directa de desechos animales de los corrales de alimentación y pastoreo (Lyons *et al.*, 2000). Estas actividades causan la erosión del banco, modificación en la forma del canal, enriquecimiento de nutrientes orgánicos e inorgánicos y el agotamiento del oxígeno disuelto (Wang *et al.*, 2006). Y las altas densidades poblacionales tienen la capacidad de alterar dramáticamente los cursos de agua naturales que drenan en las áreas urbanizadas (Wang *et al.*, 2000), provocando un incremento en la frecuencia y cantidad del flujo de agua, una pronta erosión del canal, la alteración de la forma del canal y la composición del sustrato (Klein, 1979).

Trabajos recientes mencionan que ciertas prácticas de mejoramiento en el manejo agropecuario de las regiones riparias, en cuencas de Wisconsin, E. U. A., pueden mejorar las condiciones del hábitat, pero no pueden restaurar las comunidades de peces, sino no existe un correcto manejo de estas prácticas productivas en la parte alta de la cuenca (Wang *et al.*, 2002). Sin embargo, Wang *et al.* (2000), concluyen que la agricultura frecuentemente degrada las comunidades de peces de estos sistemas, sin embargo, los impactos de la agricultura son menores que los causados por la urbanización de las cuencas.

Aunque las prácticas agropecuarias y las altas densidades poblacionales en la cuenca provocan que los hábitats y las comunidades de peces varíen sustancialmente entre los años, la detección de las respuestas de los arroyos a estas prácticas requiere muestreos a largo plazo, debido a que la composición de los ensambles y las abundancias de los peces varían considerablemente año tras año cuando los sitios son afectados por ciertas prácticas de manejo agropecuario (Wang *et al.*, 2006).

### III. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo general

Determinar los patrones espaciales y temporales de los parámetros demográficos de las poblaciones de *Heterandria bimaculata* (Pisces: Poeciliidae) de la parte alta de la RHP-La Antigua, contenidas en microcuencas con diferente uso de suelo.

#### 3.2. Objetivos específicos

Caracterizar física y socialmente las microcuencas que contienen cada sitio de muestreo.

Evaluar los parámetros de crecimiento y reproducción de las diferentes poblaciones de *H. bimaculata*.

Describir las variaciones espaciales y temporales de los parámetros de crecimiento y reproducción en un ciclo anual.

Comparar los parámetros de crecimiento y reproducción de una misma temporada en un intervalo de dos años.

### IV. HIPÓTESIS

Considerando la relación tierra-agua que poseen las cuencas hidrográficas, las diferencias en el manejo del uso de suelo y asentamientos humanos provocan que las características fisicoquímicas y morfológicas de los arroyos presenten variaciones espaciales y temporales. Por lo tanto, es muy probable que estas variaciones ejerzan una influencia notable en las estrategias de vida de las poblaciones de *Heterandria bimaculata* por lo que se esperaría que sus parámetros demográficos presenten patrones aleatorios debido a la inestabilidad ambiental de sus cuencas hidrográficas.

## V. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se realizó en la parte alta de la cuenca del río La Antigua, ubicada entre los 19°10', 19°35' de latitud norte y los 96°17', 97°16' longitud oeste que posee una superficie de 132,105.7435 ha. Cubre parte de los estados de Veracruz y Puebla, el primer estado abarca municipios importantes como Xalapa y Coatepec. La parte norte del área es actualmente un paisaje rural donde solo se observan remanentes de la vegetación original (bosques de coníferas y mesófilos de montaña). La parte central hacia el sur y sureste posee paisajes donde se realizan actividades económicas de agricultura y ganadería, como son los sistemas agroforestales, plantaciones de café de sol y sombra, plantaciones de caña de azúcar y el establecimiento de pastos para la crianza de ganado productor de leche y carne (CONABIO, 2000a; b).

La cuenca está ubicada en la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico e incluye dos subprovincias: 1) Lagos y Volcanes de Anáhuac, representada por sierras volcánicas que alternan con amplias llanuras formadas, en su mayoría, por vasos lacustres, y en ocasiones por lomeríos y mesetas, ocupan más del 69% de la superficie total; y 2) Chiconquiaco, que alterna entre unidades de laderas abruptas y tendidas, la mayoría asociados con cañadas y algunos con mesetas donde predominan los lomeríos de tobas asociados con llanuras, aunque en algunas áreas se encuentran sin éstas, posee una extensión de menos del 31% de la superficie total de la parte alta de la RHP-La Antigua (INEGI, 2008b).

La hidrología de la cuenca está basada en sistemas lóticos que van de arroyos de primer a cuarto orden en la parte alta de la cuenca, a ríos de séptimo orden (según la clasificación de Strahler) a la salida de la cuenca. Ejemplos son el río Sordo y el río Pescados, que tienen su origen en la Sierra Madre Oriental a 3750 msnm, hacia el oriente de la población González Ortega del estado de Puebla, por escurrimientos superficiales y la presencia de manantiales (CNA, 1998; CONABIO 2000b). De acuerdo a la disposición de sus cauces, el tipo de drenaje que presenta la cuenca La Antigua es dendrítico, caracterizado por la unión irregular de afluentes con gran variedad de

ángulos, generalmente menores a noventa grados. Se desarrolla sobre rocas de resistencia uniforme y denota una notable falta de control estructural, se asocia a estratos de rocas casi horizontales y a áreas de rocas masivas, pero puede encontrarse sobre rocas complejamente metamorfizadas (Torres-Orozco y García-Calderón, 1995) (Figura 1).

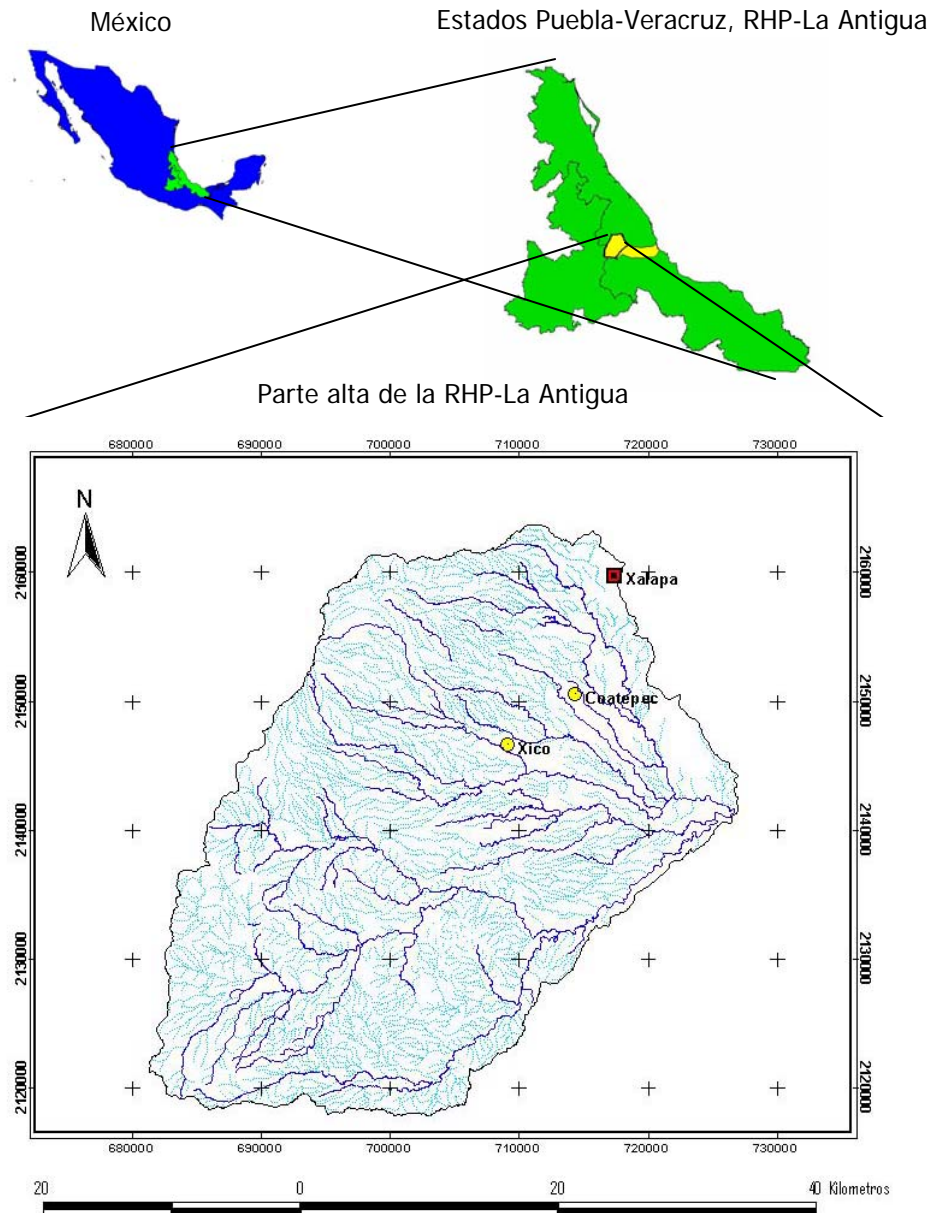


Figura 1. Área de estudio.

La cuenca posee un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano, cálido húmedo y semicálido húmedo con lluvias abundantes todo el año al este de la cuenca, templado húmedo y semifrío húmedo con lluvias todo el año al oeste de la cuenca. La

temperatura media anual va de los 22 - 24°C a la salida de la cuenca (este) a los 10 - 12°C en las partes altas (oeste). La precipitación total anual va de los 1,000 - 1,500 mm en el parteaguas de la cuenca a los 1,500 – 2,500 mm en el centro y sur (García - CONABIO, 1998 a, b).

Los suelos presentes en la parte alta de la cuenca del río La Antigua son de tipo: andosol húmico y ocrico de textura media, son suelos que se encuentran en áreas donde ha existido actividad volcánica reciente, puesto que se originan a partir de cenizas volcánicas, se caracterizan por tener una capa superficial de color negro o muy oscuro (aunque a veces es clara) y por ser de textura esponjosa o muy sueltos, son muy susceptibles a la erosión (FAO, 2006). En el área de estudio se ubican en todo el centro de la cuenca y en menor extensión en las partes norte y sur.

Feozem háplico de textura media, característicos por poseer una capa superficial rica en materia orgánica y nutrientes, lo que les ofrece la posibilidad de ser utilizados en agricultura de granos, legumbres y hortalizas, con altos rendimientos. Otros menos profundos, o aquellos que se presentan en laderas y pendientes, tienen rendimientos más bajos y se erosionan con mucha facilidad. Sin embargo, pueden utilizarse para el pastoreo y la ganadería con resultados aceptables (FAO, 2006). Ocupan 8,375 ha ubicadas al sureste de la parte alta de la cuenca. Litosol con textura media, son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Generalmente se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca, tepetate o calinche duro (FAO, 2006). Se localizan al sur y sureste de la cuenca en una extensión de 7,468 ha.

Acrisol órtico con textura media, se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo y sus colores rojos, amarillos, o amarillos claros con manchas rojas; y generalmente ácidos o muy ácidos, moderadamente susceptibles a la erosión (FAO, 2006). Se encuentran en el centro y este ocupando una de 5,913 ha. Y en menor proporción el vertisol pélico, suelo de color negro a gris oscuro, que se caracteriza por presentar grietas anchas y profundas en la época de sequía. Son suelos muy arcillosos

y su utilización en agricultura es muy extensa, variada y productiva. Estos suelos son en general fértiles, pero presentan ciertos problemas para su manejo, ya que su dureza dificulta la labranza y con frecuencia presentan problemas de anegamiento por mal drenaje (FAO, 2006). Se encuentran en una pequeña extensión (464 ha) a la salida de la parte alta de la cuenca del río La Antigua.

Los usos de suelo en la parte alta de la cuenca pueden ser de diferentes tipos, de los cuales los primordiales por la extensión que ocupan son: los cultivos de pastos inducidos, caracterizados por las variedades: kikuyo, rye grass, orchard, gramas nativas, tréboles y veza de invierno, el ganado que aprovecha estos forrajes destacan los especializados en la producción de leche como holstein, guernsey, suizo pardo y jersey (Gobierno del Estado de Veracruz, 2005). Este uso de suelo ocupa más del 22% del total de la superficie.

El bosque mesófilo de montaña (21.3% del total de la superficie), las cuales pertenecen en su mayoría a áreas naturales protegidas como son los parques nacionales Pico de Orizaba y Cofre de Perote, el parque ecológico Francisco Javier Clavijero en el municipio de Xalapa y el predio La Cortadura ubicado en el municipio de Coatepec. Y la agricultura de temporal, las plantaciones de café de sombra y los sistemas agroforestales son los principales sistemas de producción agrícola de la parte alta de la cuenca por su extensión territorial (10.95%, 9.07% y 8.38% respectivamente).

## VI. MATERIALES Y METODOS

### 6.1. Ubicación de los sitios de muestreo.

Se muestrearon seis sitios de la parte alta de la RHP-La Antigua en los meses de agosto 2005, febrero, marzo, mayo, julio y octubre del 2007 (Figura 2; Cuadro 1). Los sitios están contenidos en microcuencas contrastantes según su uso de suelo (ej. microcuencas ganaderas y agrícolas con o sin presencia de asentamientos humanos). Esta selección se debió a las características similares en elevación, clima, geología, suelos, regímenes de flujo, temperatura y orden de río que poseen. Por consiguiente, los impactos (positivos o negativos) detectados en los parámetros de crecimiento y reproducción en las población de *H. bimaculata* pueden deberse principalmente al manejo del uso de suelo que tiene cada una de las microcuencas involucradas.

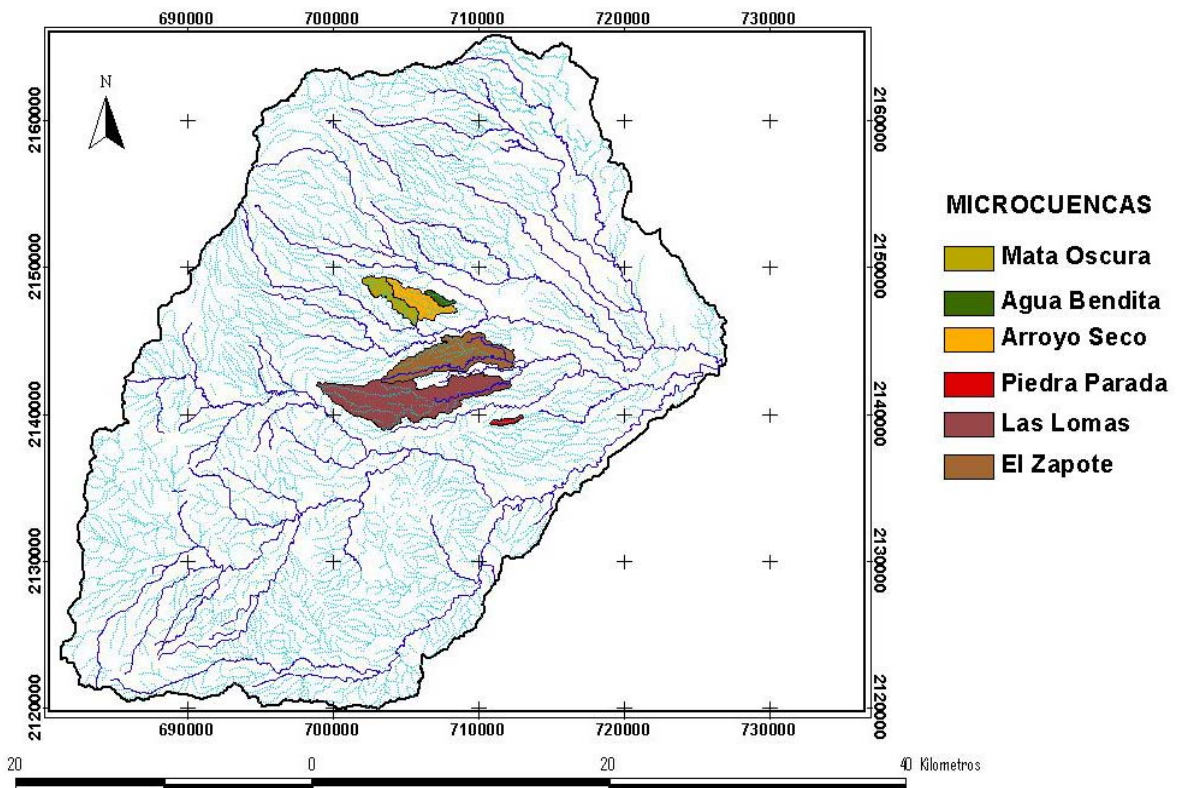


Figura 2. Sitios de muestreo.

Cuadro 1. Sitios de muestreo y sus microcuencas de influencia.

SITIO	MICROCUENCA	Coordenadas Geográficas		Altitud
		Latitud N	Longitud O	
Avestruces	Mata Oscura	19° 24' 11"	97° 02' 31"	1470
Agua Bendita	Agua Bendita	19° 24' 41"	07° 00' 52"	1290
Tizapan	Arroyo Seco	19° 24' 24"	97° 00' 52"	1285
Piedra Parada	Piedra Parada	19° 20' 28"	96° 58' 20"	1121
El Beneficio	Las Lomas	19° 21' 04"	96° 58' 47"	1074
Comalapa	El Zapote	19° 22' 24"	96° 58' 42"	1069

## 6.2. Muestreo en campo.

La captura de los ejemplares en cada microcuenca se llevó a cabo con electropesca. El esfuerzo de captura fue estandarizado en 20 minutos, tratando de abarcar todos los hábitats contenidos en una longitud entre los 80 a 100m dentro del cauce de los ríos. Estas técnicas de muestreo permitieron realizar capturas no selectivas y de ejemplares vivos.

Se capturaron 2,051 ejemplares de *H. bimaculata* en total. De los peces capturados se tomó una muestra de forma aleatoria de aproximadamente de 30 a 40 ejemplares por sitio y en cada mes, para posteriormente analizar en el laboratorio sus parámetros de crecimiento y reproducción. El proceso de fijación y preservación de los ejemplares se realizó mediante la técnica de Fink *et al.* (1978).

Se midieron los siguientes parámetros fisicoquímicos: temperatura (°C), conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), concentración de oxígeno disuelto (mg/L), pH, sólidos totales disueltos (g/L), sólidos totales suspendidos (g/L) y saturación de oxígeno disuelto (%), los cuales se tomaron en medio del cauce y a nivel de superficie.

## 6.3. Procesamiento de datos de las microcuencas.

Con el apoyo de cartografía digital (capas de curvas de nivel y red hidrológica) procesada en el programa Arc View GIS 3.2 se delimitaron las microcuencas a partir del sitio de muestreo, tomándose como punto de salida de cada microcuenca.



Posteriormente se realizó una caracterización general del medio físico de cada microcuenca registrando la ubicación, clima, suelos, fisiografía, hidromorfología (pendiente media de la corriente principal, longitud de corrientes, número de corrientes, densidad de drenaje y extensión media de la escorrentía), y el uso de suelo. El medio social fue descrito registrando el número de localidades, número de habitantes, número de viviendas habitadas, los servicios públicos que poseen (energía eléctrica, agua entubada, sanitario y drenaje) y el grado de marginación. Ésta caracterización se basó en los términos de referencia del Plan Rector de Producción y Conservación del Programa Nacional de Microcuencas.

Este proceso se llevó a cabo mediante el apoyo de información cartográfica, información básica existente de instituciones pertinentes (ej. CONABIO, CONANP, SAGARPA, INEGI y CONAPO) e investigaciones recientemente realizadas sobre los diferentes medios (físico y social) de la parte alta de la RHP-La Antigua. Con ello se obtuvo conocimiento amplio sobre la estructura física y social de cada una de las microcuencas de estudio.

#### **6.4. Análisis de muestras de *Heterandria bimaculata*.**

Se analizaron 1,370 ejemplares de *H. bimaculata*, los cuales fueron medidos (longitud total, longitud patrón y altura máxima (todos en mm), pesados (gr) y sexados. A partir de estos datos se evaluó el factor de condición para cada una de las poblaciones de *H. bimaculata* contenidas en las diferentes microcuencas de estudio.

El factor de condición (K) proporcionó el grado de robustez (o bienestar) de cada uno de los ejemplares de las poblaciones de *H. bimaculata* contenidas en las diferentes microcuencas de estudio, se obtuvo aplicando la siguiente fórmula (Lagler, 1975; Bagenal, 1978):

$$K = W/aLp^b$$

Donde:

K = Factor de condición.

W = Peso.

Lp = Longitud patrón.

a = Constante.

b = Índice de alometría (valor de la pendiente en la relación peso-talla).

Los parámetros de reproducción como son: la inversión reproductiva (índice gonadosomático), tamaño de camada y biomasa embrionaria derivaron de la disección y la identificación del estadio gonádico de las hembras, para el análisis se tomaron en cuenta las hembras grávidas entre los estadios IV y VIII según la clasificación de madurez gonádica y desarrollo embrionario de Martínez-Leyva (2002).

La inversión reproductiva se obtuvo a partir del índice gonadosomático (IGS), aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{IGS} = (\text{WG} / \text{WC}) \times 100$$

Donde:

IGS = Índice gonadosomático.

WG = Peso de la gónada.

WC = Peso del pez.

El tamaño de camada se obtuvo a partir del conteo directo del número de embriones por hembra, mientras que la biomasa embrionaria representó el peso de la gónada.

### **6.5. Análisis de datos.**

Los resultados del factor de condición, índice gonadosomático, tamaño de camada y biomasa embrionaria de las poblaciones de *H. bimaculata* de las microcuencas fueron analizadas: 1) comparando los resultados obtenidos en un ciclo anual, incluyendo los muestreos de febrero, marzo, mayo, julio y octubre del año 2007, aplicando una ANOVA factorial ( $\alpha = 0.05$ ) a partir de un modelo cuadrático para el factor

de condición y un modelo lineal general para los parámetros reproductivos. Los resultados de los parámetros de reproducción se convirtieron en logaritmo natural debido a que no cumplían con el supuesto de normalidad. El análisis se realizó en el paquete estadístico MINITAB Release versión 14.2. Éste primer análisis se realizó para conocer la variación que existe entre las muestras en un ciclo anual.

2) comparando las muestras de los parámetros de crecimiento y reproducción en una misma época (principio de lluvias) pero en años distintos, incluyendo los meses de agosto del 2005 y julio del 2007. Se realizó el análisis mediante una ANOVA factorial ( $\alpha = 0.05$ ) y pruebas de Tuckey ( $\alpha = 0.10$ ), ésta última en el caso que existiera interacción entre el tiempo y las localidades. Los resultados de tamaño de camada y biomasa embrionaria se convirtieron a logaritmo natural debido a que no cumplían con el supuesto de normalidad. Los resultados de los parámetros de reproducción de las poblaciones de *H. bimaculata* de la microcuenca Las Lomas no fueron incluidos en este análisis debido a que se registro solamente una hembra gravida en el muestreo del mes de agosto del 2005. Se utilizó el paquete STATGRAPHICS Plus versión 5.1 para ésta prueba. Este análisis permitió distinguir la variación de los parámetros de crecimiento y reproducción de las poblaciones de *H. bimaculata* en una misma época (principio de lluvias) pero de años diferentes.

## VII. RESULTADOS

### 7.1. Caracterización de las microcuencas.

#### 7.1.1. *Microcuenca Mata Oscura.*

##### 7.1.1.1. Marco Físico.

La microcuenca se encuentra ubicada en las 701,982 E y 2'146,045 N coordenadas mínimas; 705,882 E y 2'149,425 N coordenadas máximas. Tiene una superficie territorial de 3.98 km<sup>2</sup> y un perímetro de 12.667 km. Posee una pendiente promedio de 19.151%, con presencias de zonas planas y pendientes pronunciadas; y una elevación que va de los 1,393 a los 1,964 msnm (cuadro 2).

El índice de forma es de 0.82 y el coeficiente de compacidad de 1.79. El total de corrientes es de 12, de primer a tercer orden, con una densidad de drenaje de 2.54 km/km<sup>2</sup> y una extensión media de escurrimiento de 0.098 km. La longitud total de las corrientes es de 10.111 km y la pendiente de la corriente principal de 13.9 % (figura 3; cuadro 2).

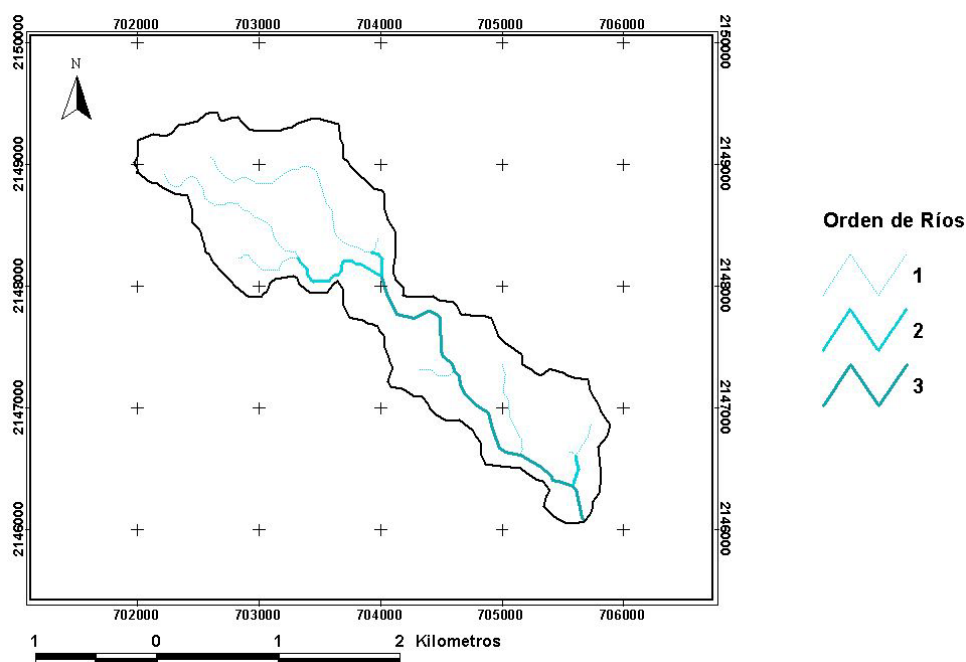


Figura 3. Red hidrológica de la microcuenca Mata Oscura.

Cuadro 2. Parámetros hidromorfológicos de la microcuenca Mata Oscura.

<i>Parámetros</i>	<i>Valor</i>
Altitud máxima (msnm)	1,964
Altitud mínima (msnm)	1,393
Área (km <sup>2</sup> )	3.980
Perímetro (km)	12.667
Longitud axial (km)	4.810
Pendiente media de la cuenca (%)	19.151
Pendiente media de corriente principal (%)	13.9
Índice de forma	0.827
Coefficiente de compacidad	1.791
Relación de Elongación	0.468
Longitud de corrientes (km)	10.111
Numero Corrientes:	12
Orden 1	8
Orden 2	3
Orden 3	1
Orden 4	
Relación de bifurcación	
1 a 2	2.7
2 a 3	3.0
3 a 4	
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	2.540
Extensión media de la escorrentía (km)	0.098

#### 7.1.1.2. Vegetación y Uso de Suelo.

La microcuenca contiene ocho diferentes tipos de uso de suelo. El que tiene mayor porcentaje de superficie son los pastizales inducidos con 80.32% del total de la superficie. Le sigue el bosque mesófilo de montaña con el 15.93% de la superficie (figura 4; cuadro 3).

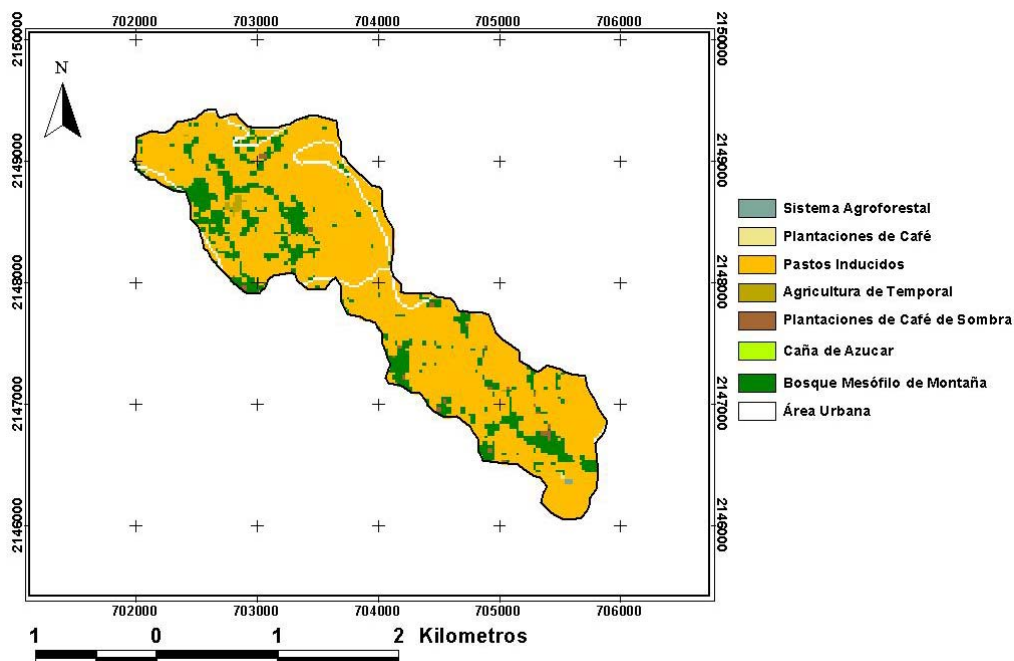


Figura 4. Vegetación y uso del suelo de la microcuenca Mata Oscura.

Cuadro 3. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Mata Oscura.

<i>Vegetación y Uso de Suelo</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>% de Superficie</i>
Pastos Inducidos	319.72	80.32
Bosque Mesófilo de Montaña	63.40	15.93
Área Urbana	10.28	2.58
Plantaciones de Café de Sombra	2.44	0.61
Agricultura de Temporal	1.76	0.44
Sistema Agroforestal	0.24	0.06
Plantaciones de Café	0.20	0.05
Caña de Azúcar	0.04	0.01
<b>Área Total</b>	<b>398.08</b>	<b>100.00</b>

### 7.1.1.3. Marco Socioeconómico.

#### *Población*

La microcuenca contiene una sola localidad llamada Mata Oscura, localizada hacia la parte norte a los 1960 msnm, con una población de 75 habitantes (40 hombres y 35 mujeres). El número de habitantes en el conteo del año 2000 fue de 77 habitantes y de 42 en el conteo de 1995 (figura 5).

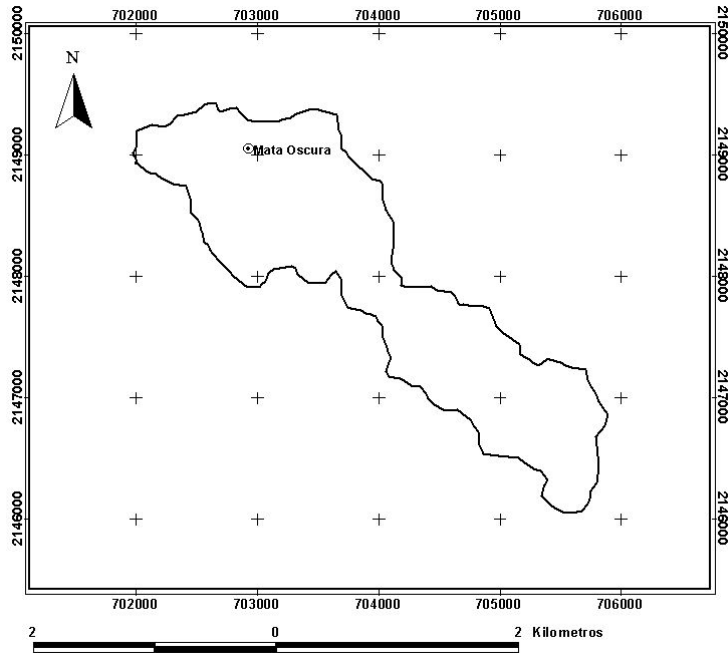


Figura 5. Localidades de la microcuenca Mata Oscura.

#### *Vivienda y servicios públicos*

El número de viviendas para el conteo del 2005 es de 14, de las cuales todas poseen agua entubada y energía eléctrica; siete poseen pisos de tierra, una de cemento y seis de otro material (madera, mosaico u otro). 10 viviendas poseen sanitarios y cuatro no; 9 poseen drenaje, de las cuales 8 están conectados a una fosa séptica y una a la red pública.

#### *Marginación*

Según los últimos análisis realizados por la Comisión Nacional de Población (CONAPO), Mata Oscura pasó de ser una localidad con grado de marginación alto en el 2000 a muy alto en el 2005 (cuadro 4).

Cuadro 4. Índices y grados de marginación de las localidades de la microcuenca Mata Oscura.

Localidades	2000		2005	
	Índice de Marginación	Grado de Marginación	Índice de Marginación	Grado de Marginación
Mata Oscura	0.457	Alto	0.777	Muy Alto

### 7.1.2. Microcuenca Agua Bendita.

#### 7.1.2.1. Marco Físico.

Localizada en las 706,251 E y 2'147,275 N coordenadas mínimas; 708,451 E y 2'148,475 N coordenadas máximas. Su superficie territorial es de 0.92 km<sup>2</sup> y un perímetro de 5.508 km. La pendiente promedio es de 12.818% y la elevación va de los 1,296 a los 1,512 msnm (cuadro 5).

El índice de forma es de 0.405 y el coeficiente de compacidad de 1.619. Las corrientes identificadas son de primero a segundo orden (en total 3), con una densidad de drenaje de 3.154 km/km<sup>2</sup> y una extensión media de escurrimiento de 0.079 km. La longitud de las corrientes es de 2.902 km y la corriente principal presenta una pendiente media de 10.6 % (figura 6; cuadro 5).

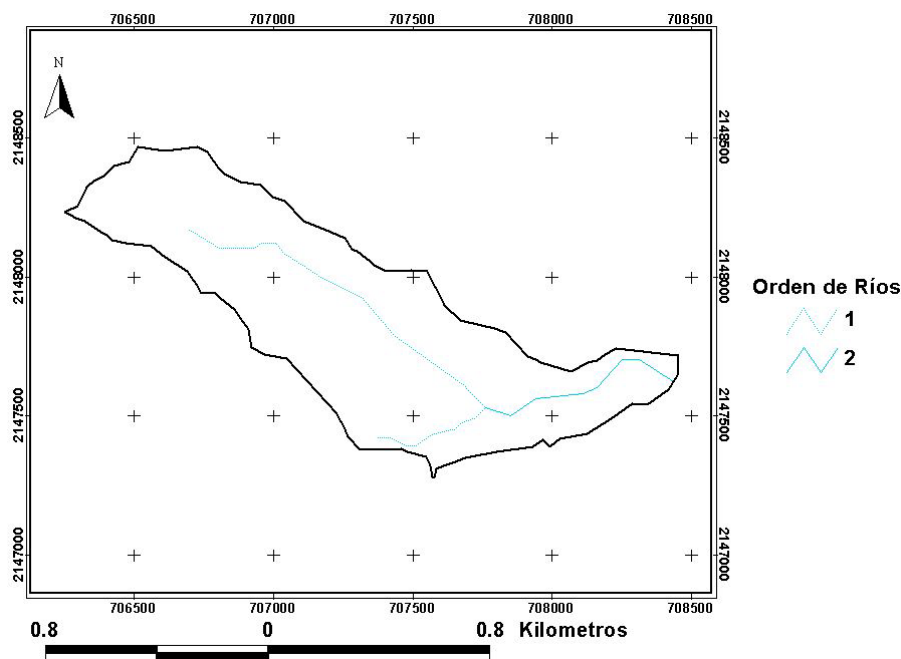


Figura 6. Red hidrológica de la microcuenca Agua Bendita.



Cuadro 5. Parámetros hidromorfológicos de la microcuenca Agua Bendita.

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
Altitud máxima (msnm)	1512
Altitud mínima (msnm)	1296
Área (km <sup>2</sup> )	0.92
Perímetro (km)	5.508
Longitud axial (km)	2.27
Pendiente media de la cuenca (%)	12.818
Pendiente media de corriente principal (%)	10.6
Índice de forma	0.405
Coefficiente de compacidad	1.619
Relación de elongación	0.477
Longitud de corrientes (km)	2.902
Numero de corrientes	3
Orden 1	2
Orden 2	1
Orden 3	
Orden 4	
Relación de bifurcación	
1 a 2	2.0
2 a 3	
3 a 4	
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	3.154
Extensión media de la esorrentía (km)	0.079

#### 7.1.2.2. Vegetación y Uso de Suelo.

Se registraron siete tipos de uso de suelo en la microcuenca. El mas representativo por su extensión de superficie, es el pastizal inducido (83.88%), seguidos por el área urbana representado por senderos y caminos, construidos para el transporte de ganado a los diferentes potreros, ocupa el 5.48% de la superficie (figura 7; cuadro 6).

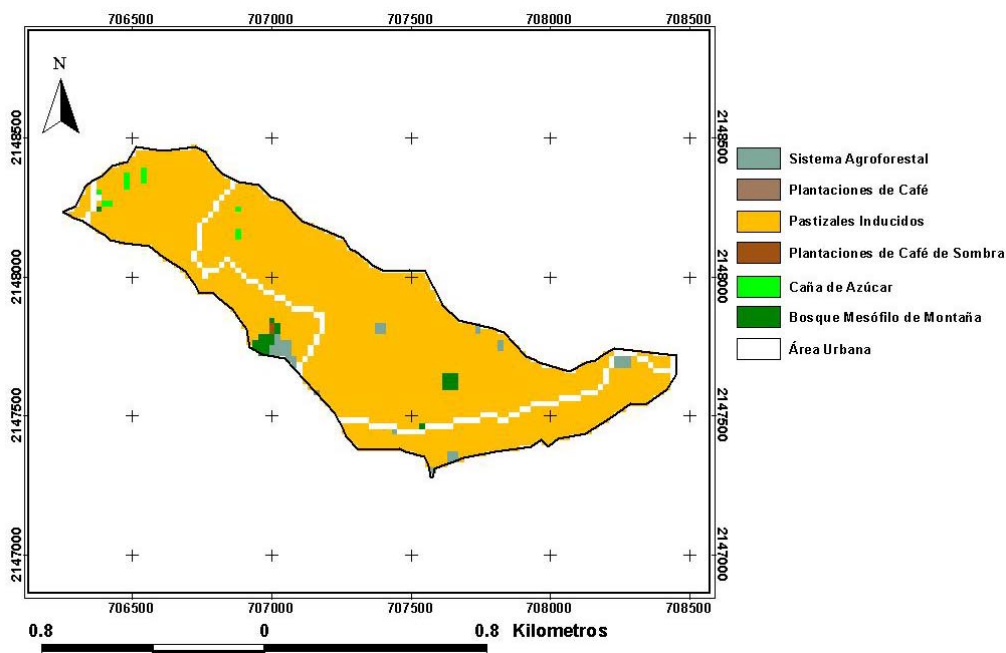


Figura 7. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Agua Bendita.

Cuadro 6. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Agua Bendita.

<i>Vegetación y Uso de Suelo</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>% de Superficie</i>
Pastos Inducidos	83.88	91.21
Área Urbana	5.04	5.48
Sistema Agroforestal	1.40	1.52
Bosque Mesófilo de Montaña	1.04	1.13
Caña de Azúcar	0.48	0.52
Plantaciones de Café de Sombra	0.08	0.09
Plantaciones de Café	0.04	0.04
<b>Área Total</b>	<b>91.96</b>	<b>100.00</b>

### 7.1.2.3. Marco Socioeconómico.

Según el Instituto Nacional de Estadística Geográfica e Informática y la Comisión Nacional de Población ésta microcuenca no contiene localidades con presencia de viviendas habitadas, por lo tanto su nombre lo toma del rancho turístico que se encuentra a la salida de la misma. Sin embargo es importante mencionar que en los recorridos de campo se registró una casa habitación al suroeste de la salida de la microcuenca, habitada por el Medico Rene Marín, él cual desempeña su labor

profesional en la ciudad de Xico, no obstante no se tiene ningún registro de los servicios públicos con los que cuenta.

### 7.1.3. *Microcuenca Arroyo Seco.*

#### 7.1.3.1. Marco Físico.

Ubicada en los 703,662 E y 2'146,355 N coordenadas mínimas; 708,562 E y 2'149,335 N coordenadas máximas. La superficie territorial es de 5.01 km<sup>2</sup> y un perímetro de 13.972 km. La pendiente promedio es de 20.087% y la elevación va de los 1,278 a los 1,824 msnm (cuadro 7).

El índice de forma es de 0.94 y el coeficiente de compacidad de 1.76. Se registraron 13 corrientes de primer a tercer orden, con una densidad de drenaje de 2.086 km/km<sup>2</sup> y una extensión media de escurrimiento de 0.120 km. La longitud de corrientes es de 10.45 km y la pendiente media de la corriente principal es de 10.6% (figura 8; cuadro 7).

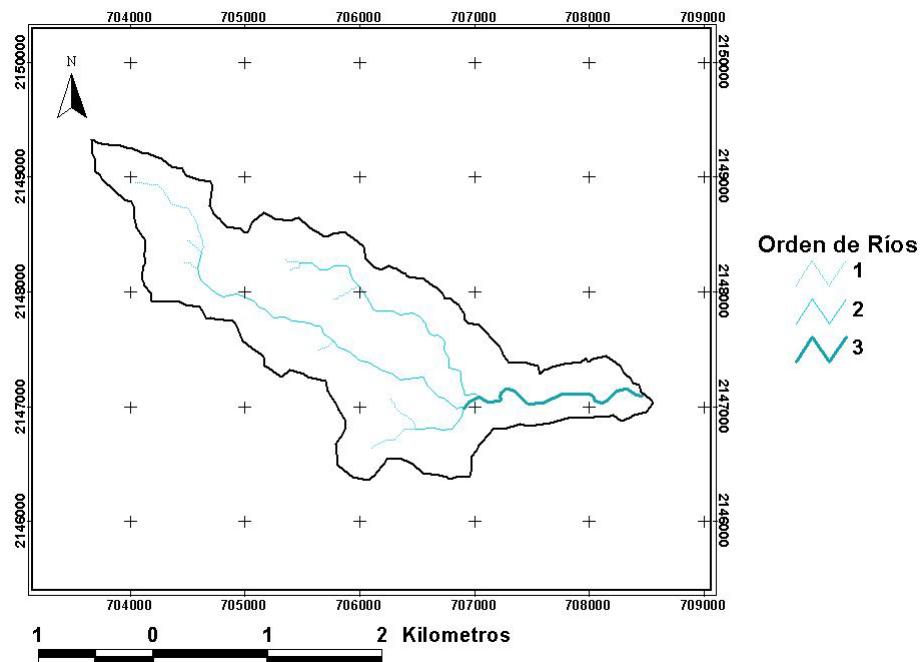


Figura 8. Red hidrológica de la microcuenca Arroyo Seco.

Cuadro 7. Parámetros hidromorfológicos de la microcuenca Arroyo Seco.

<i>Parámetros</i>	<i>Valor</i>
Altitud máxima (msnm)	1824
Altitud mínima (msnm)	1278
Área (km <sup>2</sup> )	5.01
Perímetro (km)	13.97
Longitud axial (km)	5.3
Pendiente media de la cuenca (%)	20.087
Pendiente media de corriente principal (%)	10.6
Índice de forma	0.945
Coefficiente de compacidad	1.760
Relación de elongación	0.476
Longitud de corrientes (km)	10.45
Numero de corrientes	13
Orden 1	9
Orden 2	3
Orden 3	1
Orden 4	
Relación de bifurcación	
1 a 2	3.0
2 a 3	3.0
3 a 4	
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	2.086
Extensión media de la escorrentía (km)	0.120

#### 7.1.3.2. Vegetación y Uso de Suelo.

Se reconocieron ocho tipos uso de suelo, el pasto inducido es el que ocupa la mayor parte de la superficie de la microcuenca (91.27%), seguido por el bosque mesófilo de montaña (figura 9; cuadro 8).

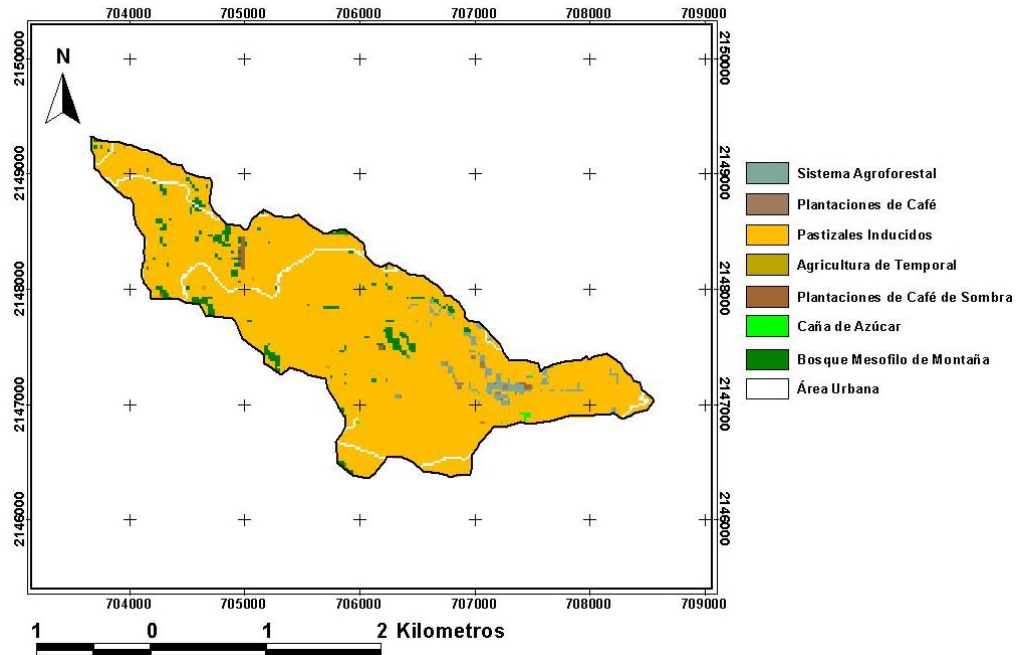


Figura 9. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Arroyo Seco.

Cuadro 8. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Arroyo Seco.

<i>Vegetación y Uso de Suelo</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>% de Superficie</i>
Pastos Inducidos	457.08	91.27
Bosque Mesófilo de Montaña	17.04	3.40
Área Urbana	12.00	2.40
Sistema Agroforestal	9.88	1.97
Plantaciones de Café de Sombra	2.20	0.44
Plantaciones de Café	1.40	0.28
Agricultura de Temporal	0.60	0.12
Caña de Azúcar	0.60	0.12
<b>Área Total</b>	<b>500.80</b>	<b>100.00</b>

### 7.1.3.3. Marco Socioeconómico.

#### *Población*

Contiene dos localidades: Arroyo Seco y San Andrés Tizapa; la primera se encuentra en la parte media y hacia el oeste de la microcuenca, con una población total de 38 habitantes en el conteo del año 2005, el número de habitantes registrados para el

censo del 2000 y el conteo de 1995, fue 58 y 56 respectivamente; la segunda se ubica en la salida de la microcuenca con una población de 9 habitantes registrada en el censo del año 2000. Un dato importante es que la población de la microcuenca disminuyó para el 2005 un 43.28% con respecto al número de habitantes que tenía en el año 2000 (figura 10; cuadro 9).

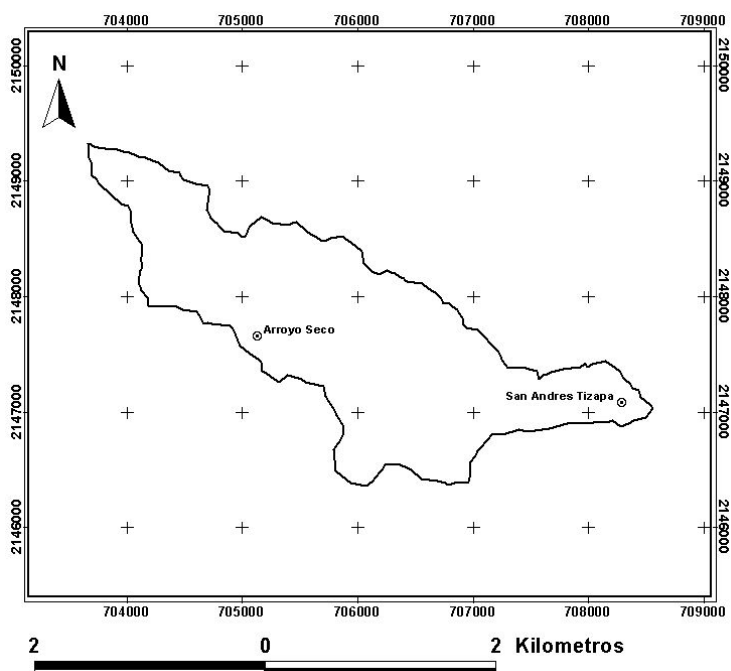


Figura 10. Localidades de la microcuenca Arroyo Seco.

Cuadro 9. Población de la microcuenca Arroyo Seco.

<i>Localidad</i>	<i>Municipio</i>	<i>Población Total Masculina</i>	<i>Población Total femenina</i>	<i>Población Total</i>
Arroyo Seco	Xico	20	18	38; 58*; 56°
San Andrés Tizapa		-	-	9*
<b>Total</b>		<b>20</b>	<b>18</b>	<b>38; 67*; 56°</b>

\* Según el Censo General de Población y Vivienda del año 2000; ° Según el Censo de Población y Vivienda 1995; El resto de la información es en base al II Censo de Población y Vivienda 2005.

### *Vivienda y servicios públicos*

El número de viviendas habitadas registradas para el 2005 fue de 6 ubicadas en Arroyo Seco: 4 de ellas disponen de agua de la red pública, una de agua de pozo y otra del río; 4 viviendas no disponen de energía eléctrica y 2 sí; todas las viviendas poseen pisos de tierra; 2 no disponen de servicios sanitarios y 4 sí; 5 no tienen de drenaje y una sí (cuadro 10).

Cuadro 10. Servicios públicos de las localidades de la microcuenca Arroyo Seco.

<i>Localidad</i>	<i>Viviendas Habitadas</i>	<i>Sin Energía Eléctrica</i>	<i>Con Energía Eléctrica</i>	<i>Sin Agua de la red Pública</i>	<i>Con Agua de la Red Pública</i>	<i>Sin Sanitario</i>	<i>Con Sanitario</i>	<i>Sin drenaje</i>	<i>Con Drenaje</i>
Arroyo Seco	6	2	4	2	4	4	2	5	1
San Andrés Tizapa	-								
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>1</b>

II Censo de Población y Vivienda 2005.

### *Marginación*

La localidad de Arroyo Seco registró un grado de marginación alto, en ambos análisis de la CONAPO en relación al censo del 2000 y al conteo de 2005. Para la localidad de San Andrés Tizapa no se obtuvieron datos al respecto (cuadro 11).

Cuadro 11. Índices y grados de marginación de las localidades de la microcuenca de Arroyo Seco.

<i>Localidades</i>	<i>2000</i>		<i>2005</i>	
	<i>Índice de Marginación</i>	<i>Grado de Marginación</i>	<i>Índice de Marginación</i>	<i>Grado de Marginación</i>
Arroyo Seco	0.097	Alto	0.198	Alto
San Andrés Tizapa	-	-	-	-

#### **7.1.4. Microcuenca Piedra Parada.**

##### **7.1.4.1. Marco Físico.**

Localizada en los 710,730 E y 2'139,175 N coordenadas mínimas; 713,050 E y 2'139,895 N coordenadas máximas. Su territorio posee 0.71 km<sup>2</sup> y un perímetro de

5.381 km. La pendiente promedio es de 13.245 y su elevación va de los 1,130 a los 1,265 msnm.

El índice de forma es de 0.302 y el coeficiente de compacidad de 1.801. Posee una corriente de primer orden con una densidad de drenaje de 2.789 km/km<sup>2</sup> y una extensión media de escurrimiento de 0.090 km. Ésta corriente tiene una longitud de 1.98 km y una pendiente media de 8.7 % (figura 11; cuadro 12).

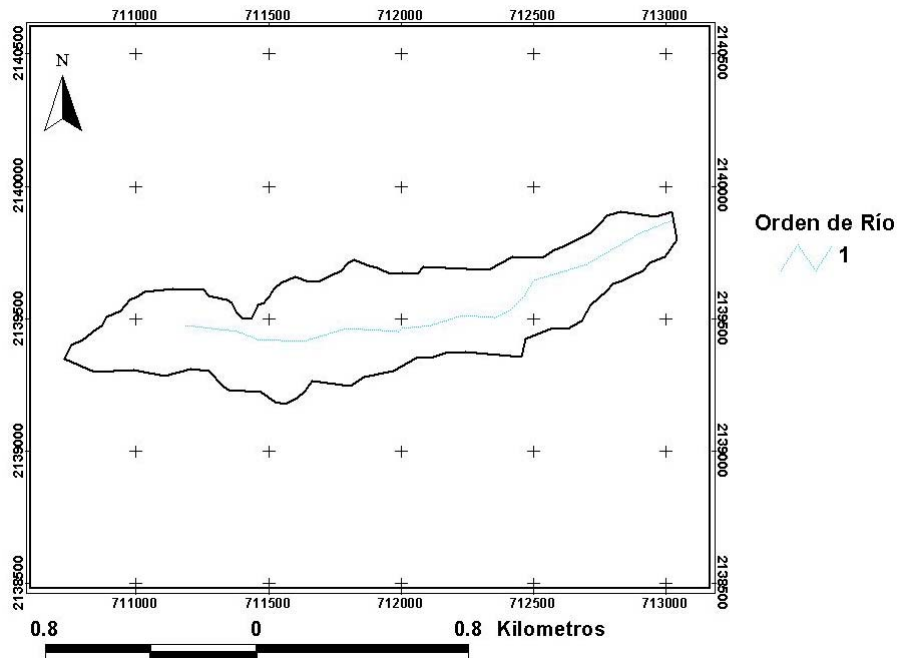


Figura 11. Red hidrológica de la microcuenca Piedra Parada.

Cuadro 12. Parámetros hidromorfológicos de la microcuenca Piedra Parada.

<b>Parámetros</b>	<b>Valor</b>
Altitud máxima (msnm)	1265
Altitud mínima (msnm)	1130
Área (km <sup>2</sup> )	0.71
Perímetro (km)	5.381
Longitud axial (km)	2.35
Pendiente media de la cuenca (%)	13.245
Pendiente media de corriente principal (%)	8.7
Índice de forma	0.302
Coeficiente de compacidad	1.801
Relación de elongación	0.404
Longitud de corrientes (km)	1.98



Numero de corrientes	1
Orden 1	1
Orden 2	
Orden 3	
Orden 4	
Relación de bifurcación	
1 a 2	
2 a 3	
3 a 4	
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	2.789
Extensión media de la escorrentía (km)	0.090

#### 7.1.4.2. Vegetación y Uso de Suelo.

Siete usos de suelo fueron identificados, los mas representativos son los sistemas agroforestales y las plantaciones de café de sombra, 48.37% y 29.89% respectivamente (figura 12; cuadro 13).

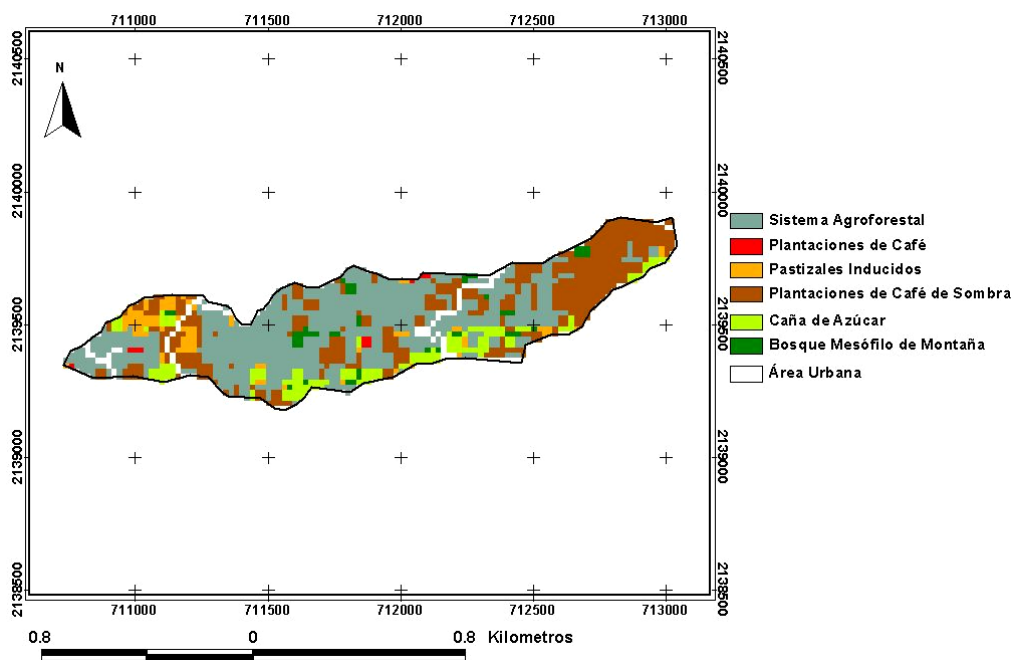


Figura 12. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Piedra Parada.

Cuadro 13. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Piedra Parada.

<i>Vegetación y Uso de Suelo</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>% de Superficie</i>
Sistema Agroforestal	34.44	48.37

Plantaciones de Café de Sombra	21.28	29.89
Caña de Azúcar	6.16	8.65
Área Urbana	3.48	4.89
Pastos Inducidos	3.44	4.83
Bosque Mesófilo de Montaña	1.96	2.75
Plantaciones de Café	0.44	0.62
<b>Área Total</b>	<b>71.20</b>	<b>100.00</b>

#### 7.1.4.3. Marco Socioeconómico.

La microcuenca no contiene a ninguna localidad con presencia de viviendas habitadas, y toma su nombre a la localidad mas cercana que se encontró en su punto de salida.

#### 7.1.5. *Microcuenca Las Lomas.*

##### 7.1.5.1. Marco Físico.

Las coordenadas mínimas son 698,891 E y 2'138855 N; y las máximas son 712,271 E y 2'142,815 N. Tiene una superficie territorial de 25.12 km<sup>2</sup> y un perímetro de 33.883 km, posee una pendiente promedio de 33.413% y una elevación que va de los 1,109 a los 2,100 msnm.

Posee un índice de forma de 1.894 y un coeficiente de compacidad de 1.902. Las corrientes identificadas van de primer a cuarto orden con una densidad de drenaje de 2.090 km/km<sup>2</sup> y una extensión media de escurrimiento de 0.120 km. La longitud de corrientes es de 52.51 km y la corriente principal posee una pendiente media de 8.5 % (figura 13; cuadro 14).

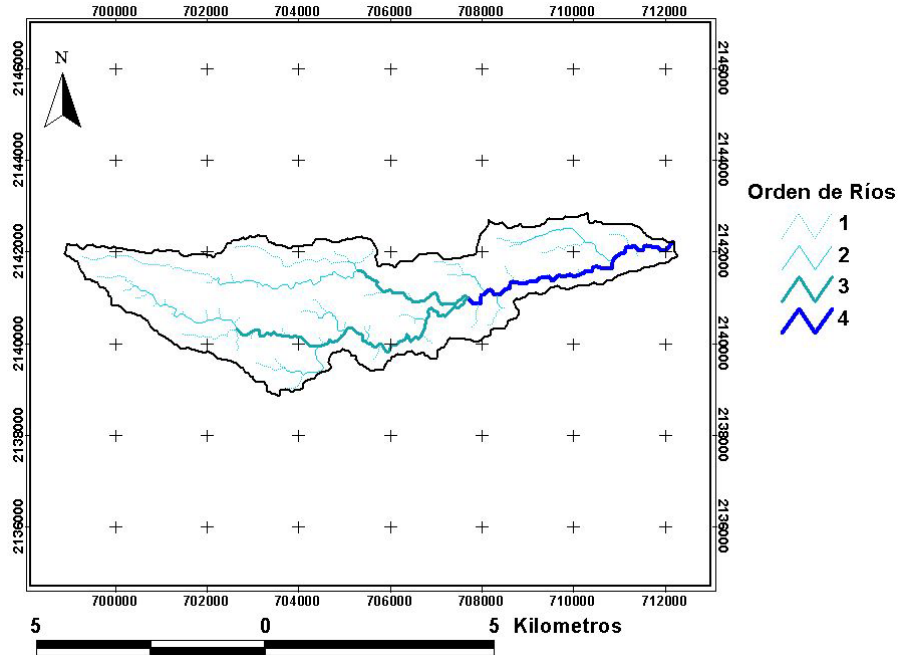


Figura 13. Red hidrológica de la microcuenca Las Lomas.

Cuadro 14. Parámetros hidromorfológicos de la microcuenca Las Lomas.

<i>Parámetros</i>	<i>Valor</i>
Altitud máxima (msnm)	2100
Altitud mínima (msnm)	1109
Área (km <sup>2</sup> )	25.12
Perímetro (km)	33.883
Longitud axial (km)	13.26
Pendiente media de la cuenca (%)	33.413
Pendiente media de corriente principal (%)	8.5
Índice de forma	1.894
Coefficiente de compacidad	1.906
Relación de elongación	0.426
Longitud de corrientes (km)	52.51
Numero de corrientes	67
Orden 1	53
Orden 2	11
Orden 3	2
Orden 4	1
Relación de bifurcación	
1 a 2	4.8
2 a 3	5.5
3 a 4	2.000
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	2.090
Extensión media de la escorrentía (km)	0.120

### 7.1.5.2. Vegetación y Uso de Suelo.

Se registraron 10 diferentes usos de suelo, los más conspicuos son los pastizales inducidos con el 38.22% de la superficie, el bosque mesófilo de montaña (30.35%), y sistemas agroforestales con el 16.45% de la superficie (figura 14; cuadro 15).

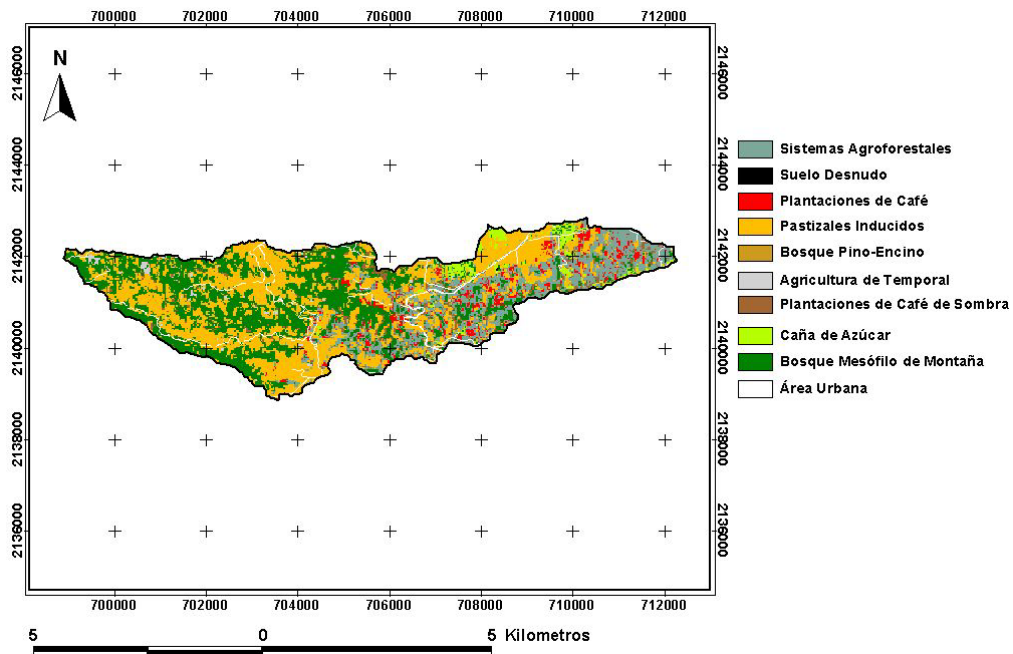


Figura 14. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Las Lomas.

Cuadro 15. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca Las Lomas.

<i>Vegetación y Uso de Suelo</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>% de Superficie</i>
Pastos Inducidos	960.20	38.22
Bosque Mesófilo de Montaña	762.40	30.35
Sistema Agroforestal	413.12	16.45
Plantaciones de Café de Sombra	106.40	4.24
Plantaciones de Café	100.36	4.00
Área Urbana	82.92	3.30
Caña de Azúcar	61.84	2.46
Agricultura de Temporal	24.00	0.96
Suelo Desnudo	0.80	0.03
Bosque de Pino-Encino	0.08	0.003
<b>Área Total</b>	<b>2,512.12</b>	<b>100.00</b>

### 7.1.5.3. Marco Socioeconómico.

#### *Población*

Contiene 14 localidades en cuatro municipios: Teocelo, Cosautlan de Carvajal, Ixhuacan de los Reyes y Ayahualulco. La localidad mas poblada es la de Las Lomas, perteneciente al municipio de Cosautlan de Carvajal, con una población total de 257 habitantes en el conteo del año 2005, el número de habitantes registrados para el censo del 2000 y el conteo de 1995, fue 247 y 222 respectivamente; y la localidad mas pequeña fue Casa Chica, la cual constaba de una vivienda con un solo habitante, esta fue registrada en el censo del 2000, para el conteo del 2005 no fue registrada. La población total de la microcuenca en el último Censo de Población y Vivienda fue de 1,002 habitantes, lo que refleja un crecimiento poblacional del 16.37% con respecto a la población que registro en el Censo de Población y Vivienda de 1995. El complemento de los datos se desglosa en la figura 15 y el cuadro 16.

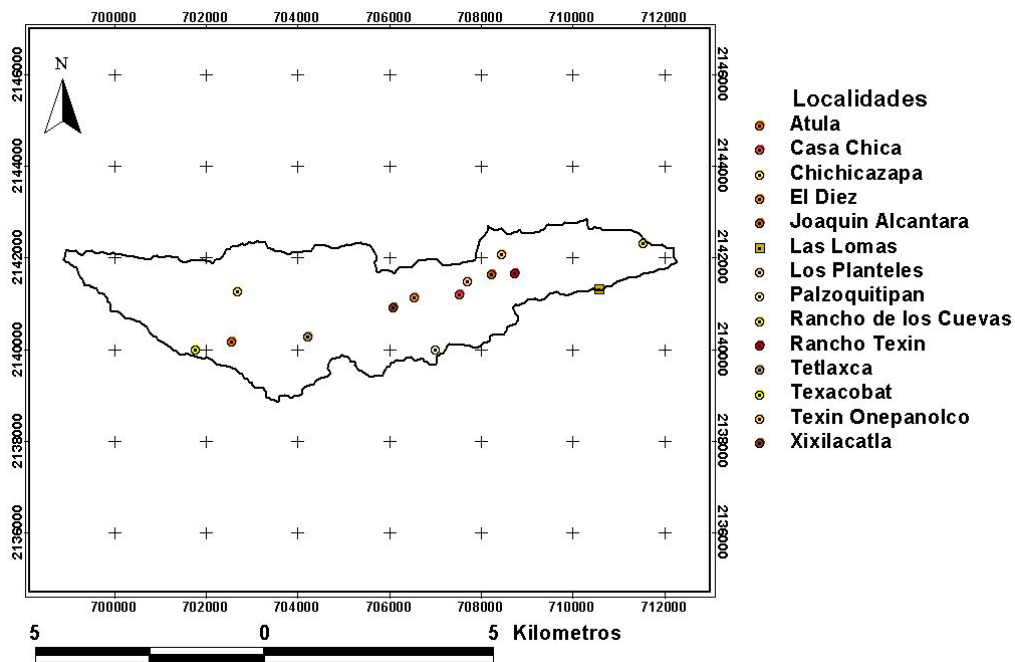


Figura 15. Localidades de la microcuenca Las Lomas.

Cuadro 16. Población de la microcuenca Las Lomas.

<i>Localidad</i>	<i>Municipio</i>	<i>Población Total Masculina</i>	<i>Población Total femenina</i>	<i>Población Total</i>
Las Lomas	Cosautlan de Carvajal	128	129	257; 247*; 222°
Palzoquitipan		112	105	217; 190*; 172°
Rancho de los Cuevas	Teocelo	11	10	21; 23*
Rancho Texin				11*
El Diez		16	36	52; 41*; 18°
Joaquín Alcántara				8*
Texín Onepanolco	Ayahualulco			5*
Los Planteles				3*
Casa Chica				1*
Tetlaxca		92	104	196; 186*; 156°
Xixilacatla		62	66	128; 120*; 148°
Chichicazapa	Ixhuacán de los Reyes	31	31	62; 72*; 59°
Texacobat		23	16	39; 50*; 45°
Atula		16	14	30; 34*; 41°
<b>Total</b>		<b>491</b>	<b>511</b>	<b>1002; 991*; 861°</b>

\* Según el Censo General de Población y Vivienda del año 2000; ° Según el Censo de Población y Vivienda 1995; El resto de la información es en base al II Censo de Población y Vivienda 2005.

### *Vivienda y servicios públicos*

El número de viviendas habitadas que se registraron en el último conteo fue de 212: 202 viviendas disponen de energía eléctrica y nueve no; 207 disponen de agua de la red pública y cinco no, de estas últimas cuatro se abastecen del agua del vecino, una habitación lo hace del río; 106 viviendas poseen pisos de cemento, 104 tienen el piso de tierra y 2 de otro material; 192 viviendas disponen de servicios sanitarios y 20 no; 106 viviendas poseen drenaje, de las cuales 97 están conectadas a una fosa séptica, ocho tienen su reservorio en una barranca o grieta y una está conectada a la red pública, y 104 viviendas no poseen drenaje (cuadro 17).

Cuadro 17. Servicios públicos de las localidades de la microcuenca Las Lomas.

<i>Localidad</i>	<i>Viviendas Habitadas</i>	<i>Sin Energía Eléctrica</i>	<i>Con Energía Eléctrica</i>	<i>Sin Agua de la red Pública</i>	<i>Con Agua de la Red Pública</i>	<i>Sin Sanitario</i>	<i>Con Sanitario</i>	<i>Sin drenaje</i>	<i>Con Drenaje</i>
Las Lomas	53		53	1	52	4	49	12	39
Palzoquitipan	40		40		40	3	37	7	33
Rancho de los Cuevas	4		4		4	1	3	1	3
Rancho Texin	-								
El Diez	10		10		10		10		10
Joaquín Alcántara Texín	-								
Onepanolco	-								
Los Planteles	-								
Casa Chica	-								
Tetlaxca	43	1	42	1	42	2	41	36	7
Xixilacatla	29	2	26	2	27	9	20	19	10
Chichicazapa	19	4	15	1	18	1	18	18	1
Texacobat	8		8		8		8	6	2
Atula	6	2	4		6		6	5	1
<b>Total</b>	<b>212</b>	<b>9</b>	<b>202</b>	<b>5</b>	<b>207</b>	<b>20</b>	<b>192</b>	<b>104</b>	<b>106</b>

II Censo de Población y Vivienda 2005.

### *Marginación*

En general, las localidades presentan grados de marginación altos. Sin embargo, existen dos localidades, Chichicazapa y Texacobat, del municipio de Ixhuacán de los Reyes que presentaron los índices de marginación muy alto (cuadro 18).

Cuadro 18. Índices y grados de marginación de las localidades de la microcuenca Las Lomas.

<i>Localidades</i>	<i>2000</i>		<i>2005</i>	
	<i>Índice de Marginación</i>	<i>Grado de Marginación</i>	<i>Índice de Marginación</i>	<i>Grado de Marginación</i>
Las Lomas	-	-	0.196	Alto
Palzoquitipan	0.453	Alto	0.126	Alto
Rancho de los Cuevas	0.296	Alto	0.553	Alto
Rancho Texin	-	-	-	-

El Diez	-	-	0.121	Alto
Joaquín Alcántara	-	-	-	-
Texín Onepanolco	-	-	-	-
Los Planteles	-	-	-	-
Casa Chica	-	-	-	-
Tetlaxca	0.016	Alto	0.034	Alto
Xixilacatla	0.068	Alto	0.101	Alto
Chichicazapa	1.036	Muy Alto	0.523	Alto
Texacobat	0.537	Alto	0.331	Alto
Atula	0.508	Muy Alto	1.078	Muy Alto

#### 7.1.6. **Microcuenca El Zapote.**

##### 7.1.6.1. Marco Físico.

Ubicada en los 703,312 E y 2'142,059 N coordenadas mínimas; 712,472 E y 2'145,599 N coordenadas máximas. Su superficie territorial es de 15.23 km<sup>2</sup> y con un perímetro de 24.357 km. La pendiente promedio es de 27.778% y la elevación va de los 1,057 a los 1,640 msnm.

El índice de forma es de 1.672 y el coeficiente de compacidad de 1.760. Las corrientes identificadas en la microcuenca van de primer a tercer orden con una densidad de drenaje de 2330 km/km<sup>2</sup> y una extensión media de escurrimiento de 0.107 km. La longitud de las corrientes es de 35.48 km y una pendiente media de 8.8 % (figura 16; cuadro 19).



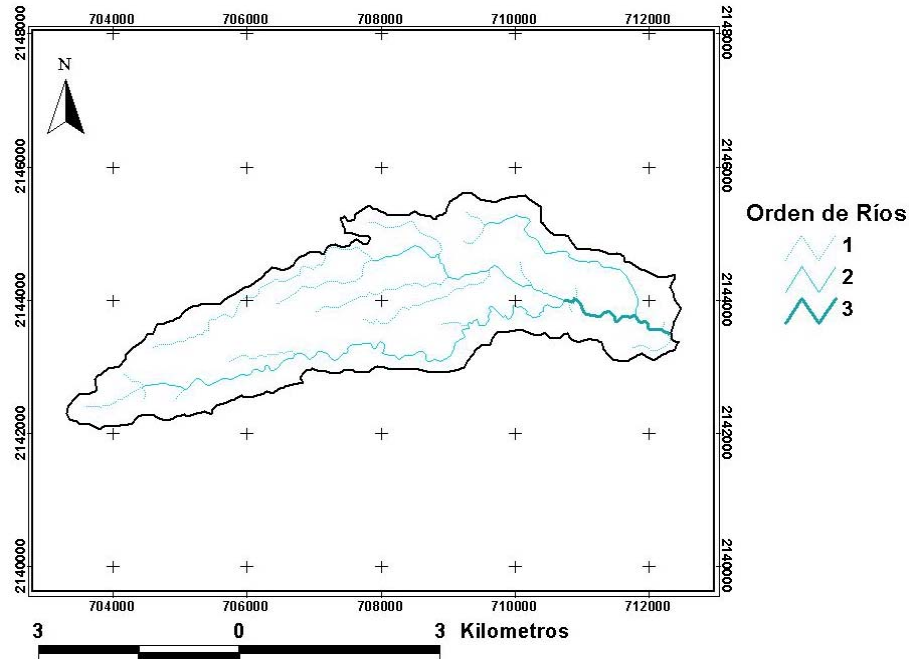


Figura 16. Red hidrológica de la microcuenca El Zapote.

Cuadro 19. Parámetros hidromorfológicos de la microcuenca El Zapote.

<i>Parámetros</i>	<i>Valor</i>
Altitud máxima (msnm)	1640
Altitud mínima (msnm)	1057
Área (km <sup>2</sup> )	15.23
Perímetro (km)	24.357
Longitud axial (km)	9.11
Pendiente media de la cuenca (%)	27.778
Pendiente media de corriente principal (%)	8.8
Índice de forma	1.672
Coefficiente de compacidad	1.760
Relación de elongación	0.483
Longitud de corrientes (km)	35.48
Numero de corrientes	23
Orden 1	19
Orden 2	3
Orden 3	1
Orden 4	
Relación de bifurcación	
1 a 2	6.3
2 a 3	3.0
3 a 4	
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	2.330
Extensión media de la escorrentía (km)	0.107

#### 7.1.6.2. Vegetación y Uso de Suelo.

Ocho diferentes usos de suelo se registraron, los de mayor superficie territorial son: sistemas agroforestales (31.89%), pastizales inducidos (28.88%) y vegetación de bosque mesófilo de montaña con 15.9% de la superficie (figura 17; cuadro 20).

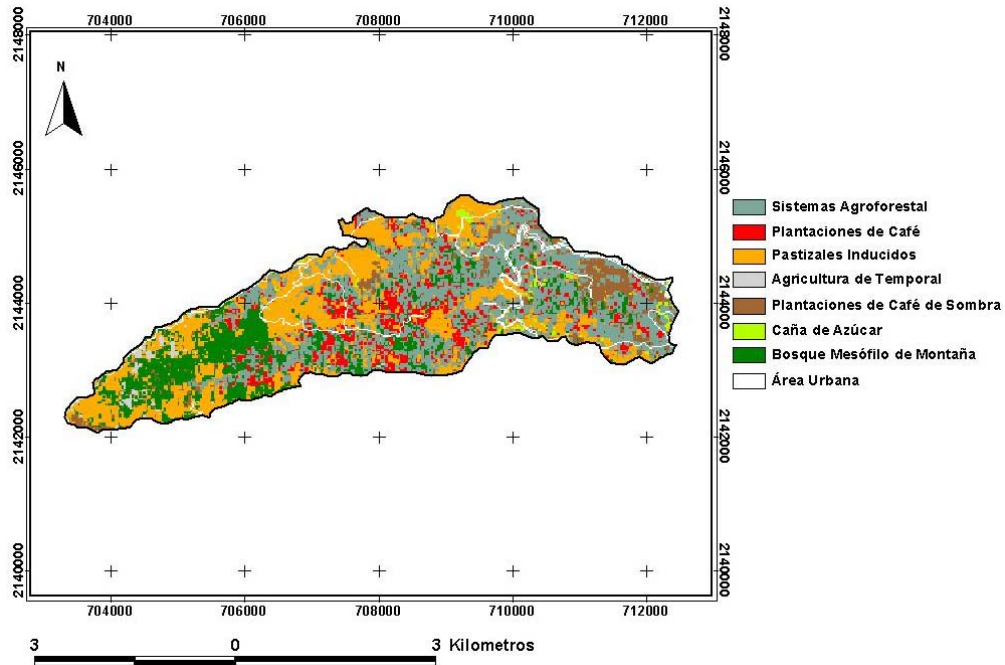


Figura 17. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca El Zapote.

Cuadro 20. Vegetación y uso de suelo de la microcuenca El Zapote.

<i>Vegetación y Uso de Suelo</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>% de Superficie</i>
Sistema Agroforestal	485.48	31.89
Pastos Inducidos	439.60	28.88
Bosque Mesófilo de Montaña	242.00	15.90
Plantaciones de Café	136.16	8.94
Plantaciones de Café de Sombra	113.00	7.42
Área Urbana	70.52	4.63
Agricultura de Temporal	18.48	1.21
Caña de Azúcar	17.04	1.12
<b>Área Total</b>	<b>1,522.28</b>	<b>100.00</b>

### 7.1.6.3. Marco Socioeconómico.

## Población

La microcuenca contiene siete localidades correspondientes a dos municipios: Teocelo y Ayahualulco, sin embargo, el área de la parte alta de la microcuenca corresponde a otro municipio, sin presencia de localidades, al de Ixhuacan de los Reyes. La localidad mas poblada es El Zapote, perteneciente al municipio de Teocelo, con 109 habitantes en el conteo del año 2005, y la localidad mas pequeña fue Rancho San Gabriel en el municipio de Ayahualulco, la cual constaba de dos habitantes, esta fue registrada por ultima vez en el censo del 2000. La población total de la microcuenca en el último Censo de Población y Vivienda 2005 fue de 194 habitantes, lo que refleja un decremento poblacional del 40.67% con respecto a la población que registro en el Censo General de Población y Vivienda del año 2000. El complemento de los datos se desglosa en la figura 18 y el cuadro 21.

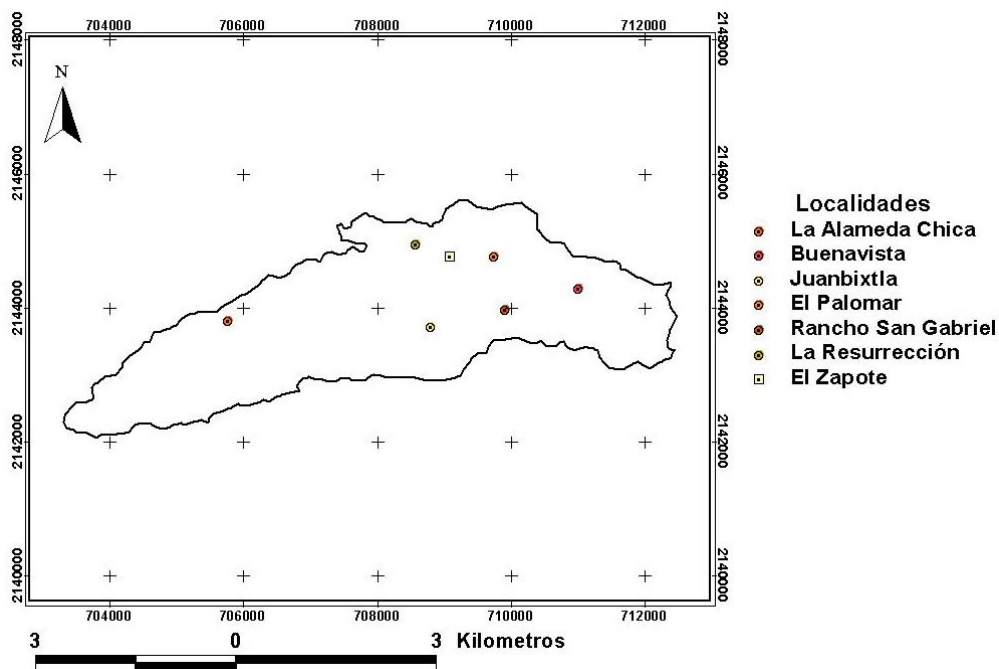


Figura 18. Localidades de la microcuenca El Zapote.

Cuadro 21. Población de la microcuenca El Zapote.

<i>Localidad</i>	<i>Municipio</i>	<i>Población Total Masculina</i>	<i>Población Total femenina</i>	<i>Población Total</i>
La Alameda Chica		39	33	72; 207*; 55°
Juanbixtla	Ayahualulco			3*
Rancho San Gabriel				2*
El Zapote		56	53	109; 93*; 89°
Buenavista	Teocelo	7	6	13; 13*
La Resurrección				6*
El Palomar				3*
<b>Total</b>		<b>102</b>	<b>92</b>	<b>194; 327*; 144°</b>

\* Según el Censo General de Población y Vivienda del año 2000; ° Según el Conteo de Población y Vivienda 1995; El resto de la información es en base al II Conteo de Población y Vivienda 2005.

### *Vivienda y servicios públicos*

Las viviendas registradas en el último conteo fue de 38 para la microcuenca: 37 viviendas disponen de energía eléctrica y una no; 34 disponen de agua de la red pública, tres disponen del agua de otra vivienda y una lo hace del río. Solamente cinco viviendas posee pisos de cemento y 33 tienen el piso de tierra; 31 viviendas disponen de servicios del sanitario y siete no; Ocho viviendas no poseen drenaje y 30 sí, cinco viviendas tienen conectado su drenaje a la red pública, 24 a fosa séptica y una tienen como reservorio el río (cuadro 22).

Cuadro 22. Servicios públicos de las localidades de la microcuenca El Zapote.

<i>Localidad</i>	<i>Viviendas Habitadas</i>	<i>Sin Energía Eléctrica</i>	<i>Con Energía Eléctrica</i>	<i>Sin Agua de la red Publica</i>	<i>Con Agua de la Red Publica</i>	<i>Sin Sanitario</i>	<i>Con Sanitario</i>	<i>Sin drenaje</i>	<i>Con Drenaje</i>
La Alameda Chica	13		13	2	11	1	12	3	10
Juanbixtla									
Rancho San Gabriel									
El Zapote	24		24	2	22	5	19	5	19
Buenavista	1	1			1	1			1
La Resurrección									
El Palomar									
<b>Total</b>	<b>38</b>	<b>1</b>	<b>37</b>	<b>4</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>31</b>	<b>8</b>	<b>30</b>

### *Marginación*

La información analizada por la CONAPO, proporciona tres localidades de las siete contenidas en la microcuenca. Dos localidades posee un grado de marginación alto, El Zapote y Buenavista; y La Alameda Chica posee un grado de marginación muy alto (cuadro 23).

Cuadro 23. Índices y grados de marginación de las localidades de la microcuenca El Zapote.

<i>Localidades</i>	<i>2000</i>		<i>2005</i>	
	<i>Índice de Marginación</i>	<i>Grado de Marginación</i>	<i>Índice de Marginación</i>	<i>Grado de Marginación</i>
La Alameda Chica	-	-	0.759	Muy Alto
Juanbixtla	-	-	-	-
Rancho San Gabriel	-	-	-	-
El Zapote	-	-	0.454	Alto
Buenavista	0.125	Alto	0.082	Alto
La Resurrección	-	-	-	-
El Palomar	-	-	-	-

## **7.2. Parámetros demográficos de las poblaciones de *H. bimaculata*.**

### **7.2.1. *Ciclo anual 2007.***

#### **7.2.1.1. Parámetro de crecimiento.**

### *Factor de condición*

Se detectaron variaciones significativas ( $p < 0.05$ ) del factor de condición en el tiempo, las localidades y una interacción de las dos variables (cuadro 24). Las variaciones anuales en la robustez de las poblaciones de *H. bimaculata* contenidas en las microcuencas Arroyo Seco, Las Lomas, Mata oscura y Piedra Parada tienen un patrón cuadrático con valores altos de condición en los meses de febrero y marzo, y bajos en los meses de mayo y julio. Mientras que las poblaciones de contenidas en las microcuencas de Agua Bendita y El Zapote no se detectó tal patrón (figura 19).

Cuadro 24. Análisis de varianza en un ciclo anual del factor de condición.

<b>Variables</b>	<b>GL</b>	<b>Suma de Cuadrados *</b>	<b>Cuadrado Medio</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Tiempo	1	925.56	925.56	416.20	0.00
Tiempo <sup>2</sup>	1	740.28	740.28	332.88	0.00
Localidad	5	500.34	100.07	45.00	0.00
Localidad*Tiempo	5	292.92	58.58	26.34	0.00
Localidad*Tiempo <sup>2</sup>	5	163.34	32.67	14.69	0.00
Error	996	2214.96	2.22		
Total	1013				

\*Suma de cuadrados tipo III.

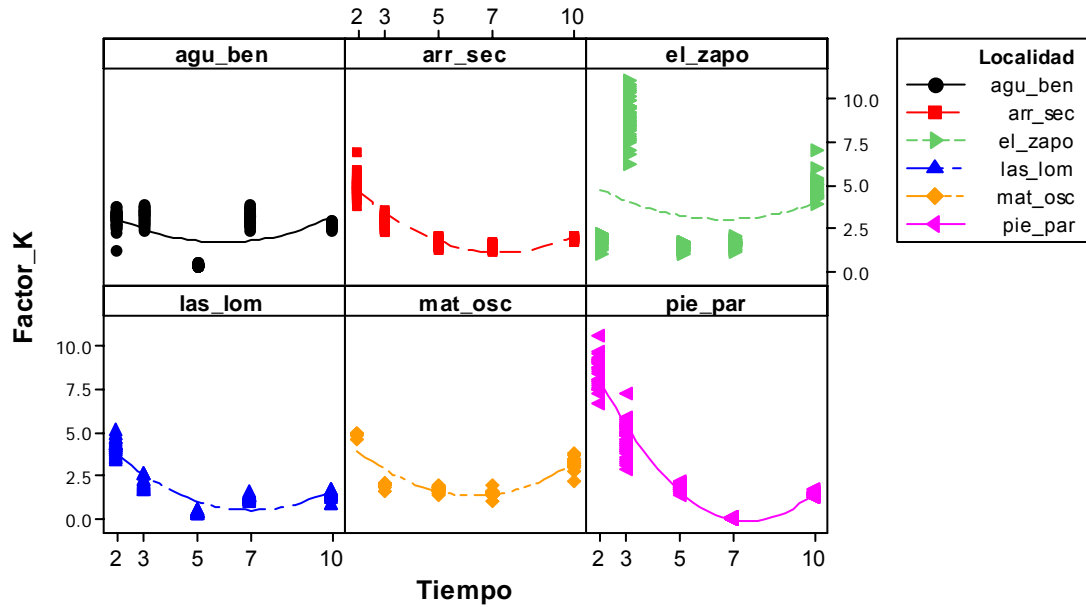


Figura 19. Variación anual del factor de condición de *H. bimaculata*.

Los modelos matemáticos del factor de condición para cada localidad son los siguientes:

$$K_{\text{Agua Bendita}} = 8.0476 - 1.07072 t + 0.089348 t^2$$

$$K_{\text{Arroyo Seco}} = 8.0476 - 1.86052 t + 0.127558 t^2$$

$$K_{\text{El Zapote}} = 8.0476 - 1.07582 t + 0.081478 t^2$$

$$K_{\text{Las Lomas}} = 8.0476 - 1.80762 t + 0.128098 t^2$$

$$K_{\text{Mata Oscura}} = 8.0476 - 0.027142 t + 0.140168 t^2$$

$$K_{\text{Piedra Parada}} = 8.0476 - 1.93542 t + 0.139098 t^2$$

#### 7.2.1.2. Parámetros de reproducción.

##### *Inversión reproductiva (Índice gonadosomático)*

La inversión reproductiva registró una variación anual significativa ( $p = 0.054$ ) entre las localidades (cuadro 25). Las poblaciones de hembras de *H. bimaculata* contenidas en las microcuencas de Agua Bendita, Arroyo Seco, Mata Oscura, Las Lomas y El Zapote invierten energía en la reproducción durante todo el año, las tres primeras microcuencas tienen un patrón decreciente hacia el mes de octubre. Lo que no ocurre con las poblaciones de las microcuencas Las Lomas y El Zapote en las cuales se detectó un aumento en el mes de octubre (figura 20).

La población de la microcuenca Piedra Parada prácticamente invierte energía en la reproducción en los meses de mayo y julio, disminuyendo hacia el mes de octubre (figura 20).

Cuadro 25. Análisis de varianza en un ciclo anual del índice gonadosomático.

<i>Variables</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de Cuadrados</i> *	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Tiempo	1	0.3152	0.3152	1.37	0.24
Localidad	5	2.5601	0.5120	2.22	0.054
Localidad*Tiempo	5	1.7286	0.3457	1.50	0.192
Error	157	36.1321	0.2301		
Total	168				

\*Suma de cuadrados tipo III.

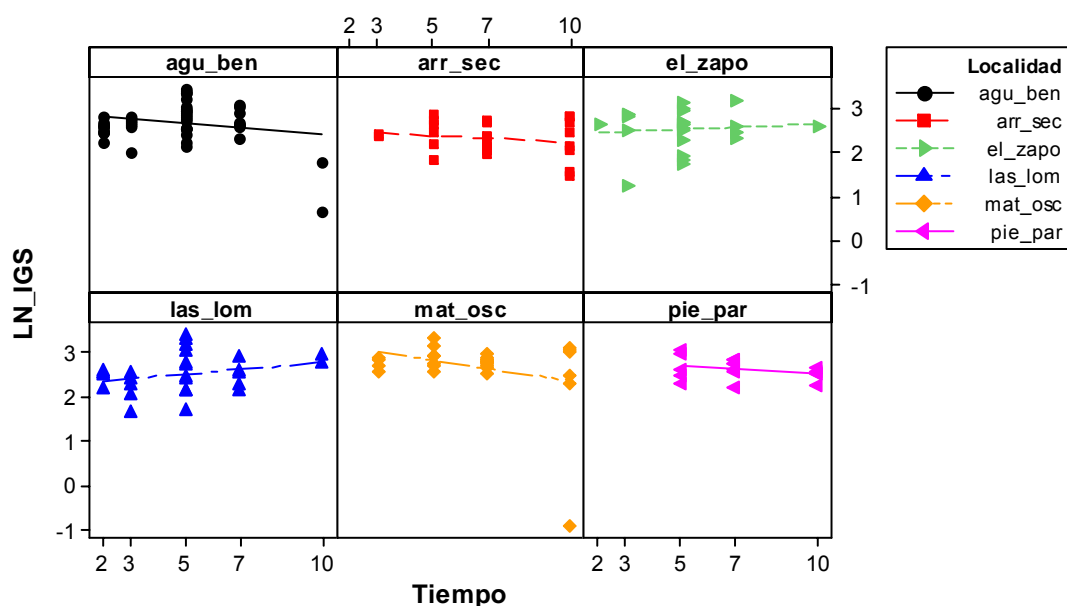


Figura 20. Variación anual del índice gonadosomático de *H. bimaculata*.

Los modelos matemáticos del índice gonadosomático son los siguientes:

$$IGS_{\text{Agua Bendita}} = 2.7235 - 0.05009 t$$



$$\text{IGS}_{\text{Arroyo Seco}} = 2.7235 - 0.0304 t$$

$$\text{IGS}_{\text{El Zapote}} = 2.7235 + 0.0341 t$$

$$\text{IGS}_{\text{Las Lomas}} = 2.7235 + 0.05138 t$$

$$\text{IGS}_{\text{Mata Oscura}} = 2.7235 - 0.09343 t$$

$$\text{IGS}_{\text{Piedra Parada}} = 2.7235 - 0.0225 t$$

### *Tamaño de Camada*

Se detectó una variación temporal y espacial significativa ( $p < 0.05$ ) en el tamaño de camada de las hembras de las poblaciones de *H. bimaculata* (cuadro 26). Las poblaciones de las microcuencas de Agua Bendita, Arroyo Seco, Mata Oscura y El Zapote poseen un patrón decreciente en el tamaño de camada de febrero a octubre. Sin embargo, la población de la microcuenca Las Lomas tuvo un patrón opuesto (figura 21).

La población de la microcuenca Piedra Parada registró mayor tamaño de camada en los meses de mayo y julio, posteriormente fue decreciendo hasta detener su reproducción en febrero y marzo. Las hembras de las microcuenca Las Lomas fue la que presentó mayor tamaño de camada (figura 21).

Cuadro 26. Análisis de varianza en un ciclo anual del tamaño de camada.

<i>Variables</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de Cuadrados</i> *	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Tiempo	1	6.3083	6.3083	18.76	0.00
Localidad	5	4.1545	0.8309	2.47	0.035
Localidad*Tiempo	5	3.3270	0.6654	1.98	0.085
Error	157	52.7980	0.3363		
Total	168				

\*Suma de cuadrados tipo III.

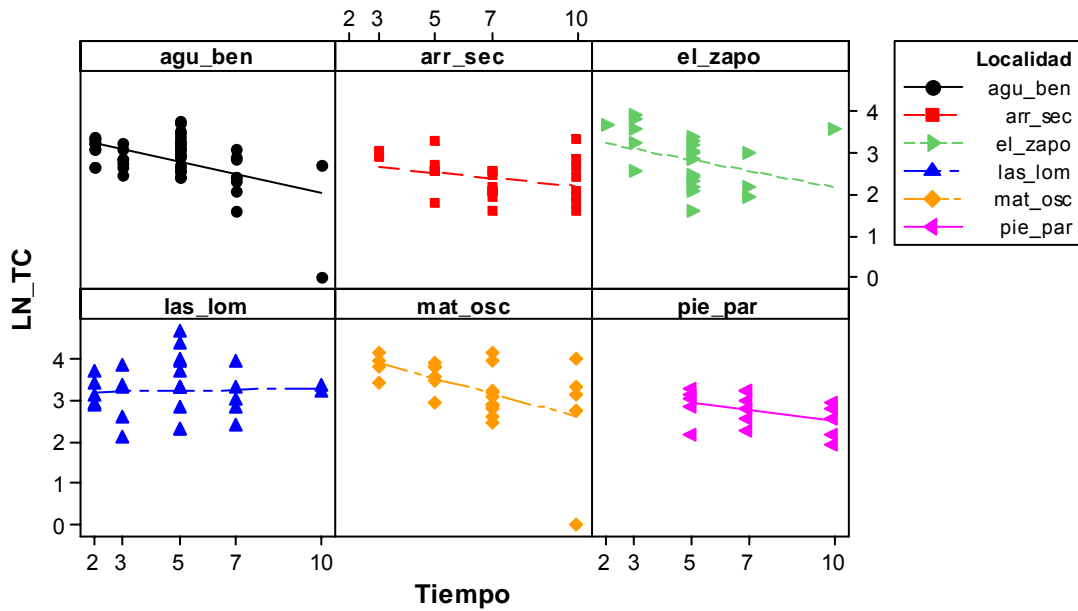


Figura 21. Variación anual del tamaño de camada de *H. bimaculata*.

El modelo lineal del tamaño de camada son los siguientes:

$$TC_{\text{Agua Bendita}} = 3.4971 - 0.15066 t$$

$$TC_{\text{Arroyo Seco}} = 3.4971 - 0.06541 t$$

$$TC_{\text{El Zapote}} = 3.4971 - 0.40504 t$$

$$TC_{\text{Las Lomas}} = 3.4971 + 0.01267 t$$

$$TC_{\text{Mata Oscura}} = 3.4971 - 0.1812 t$$

$$TC_{\text{Piedra Parada}} = 3.4971 - 0.10064 t$$

### *Biomasa embrionaria*

No se detectaron variaciones temporales y espaciales significativas ( $p = > 0.05$ ) en la biomasa embrionaria de la hembras grávidas de las poblaciones de *H. bimaculata* contenidas en las microcuencas de estudio (cuadro 27; figura 22).

Cuadro 27. Análisis de varianza en un ciclo anual de la biomasa embrionaria.

<i>Variables</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de Cuadrados</i> *	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Tiempo	1	0.9404	0.9404	1.90	0.170
Localidad	5	3.1617	0.6323	1.28	0.276
Localidad*Tiempo	5	3.2625	0.6525	1.32	0.259
Error	157	77.7368	0.4951		
Total	168				

\*Suma de cuadrados tipo III.

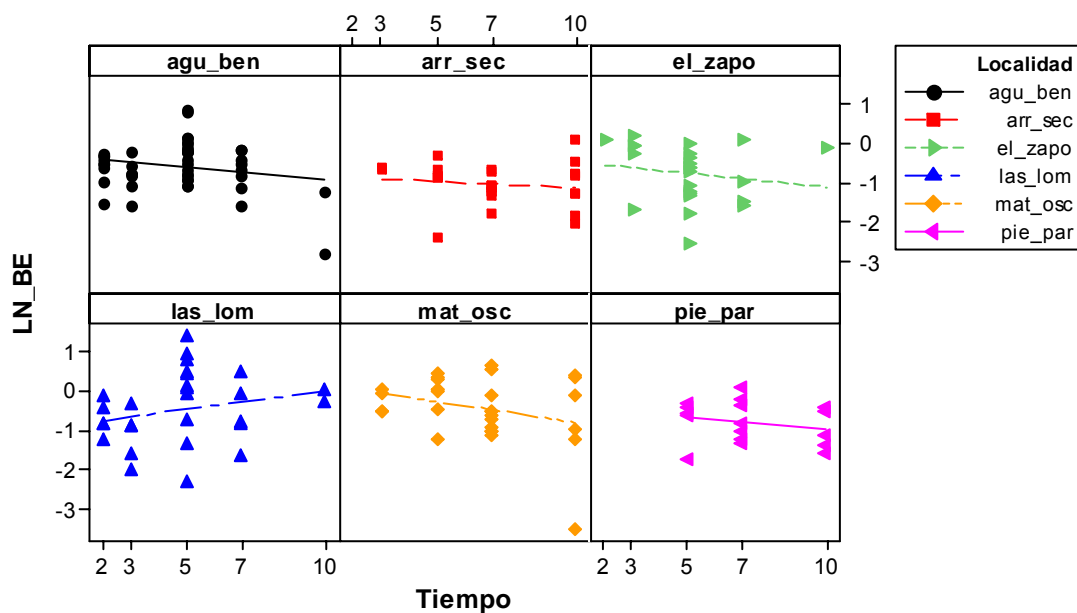


Figura 22. Variación anual de la biomasa embrionaria de *H. bimaculata*.

Los modelos matemáticos lineales de la biomasa embrionaria para cada localidad son los siguientes:

$$BE_{\text{Agua Bendita}} = -0.4140 - 0.06417 t$$

$$BE_{\text{Arroyo Seco}} = -0.4140 - 0.03111 t$$

$$BE_{\text{El Zapote}} = -0.4140 - 0.0689 t$$

$$BE_{\text{Las Lomas}} = -0.4140 + 0.09482 t$$

$$BE_{\text{Mata Oscura}} = -0.4140 - 0.10723 t$$

$$BE_{\text{Piedra Parada}} = -0.4140 - 0.03886 t$$

## 7.2.2. Temporada de lluvias 2005 y 2007.

### 7.2.2.1. Parámetro de crecimiento.

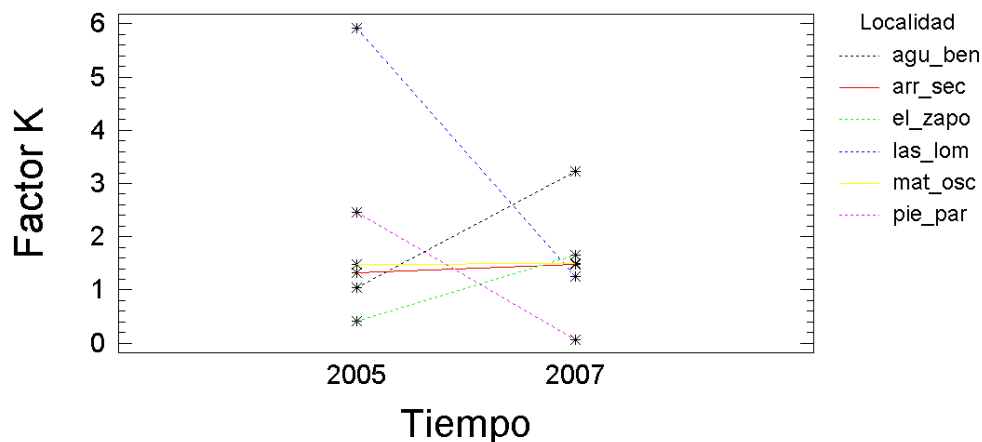
#### Factor de condición

Se determinó que existe una variación significativa ( $p < 0.05$ ) del factor de condición del 2005 al 2007 en las localidades, el tiempo y una interacción de estas dos variables (cuadro 28).

Cuadro 28. Análisis de varianza del factor de condición en la temporada de lluvias.

<i>Variables</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Localidad	5	433.914	86.7828	759.87	0.00
Tiempo	1	34.4768	34.4768	301.88	0.00
Localidad*Tiempo	5	817.574	163.515	1431.73	0.00
Residuos	549	62.7001	0.114208		
Total	560	2320.77			

Se registró aumento significativo ( $p < 0.10$ ) del estado de robustez del 2005 al 2007 en las poblaciones de *H. bimaculata* de las microcuencas Agua Bendita y El Zapote. Y una disminución significativa en las poblaciones de las microcuencas Piedra Parada y Las Lomas (figura 23).



Las líneas punteadas representan una variación estadísticamente significativa ( $p < 0.10$ ).

Figura 23. Grafica de interacción del factor de condición en llluvias.

7.2.2.2. Parámetros de reproducción.

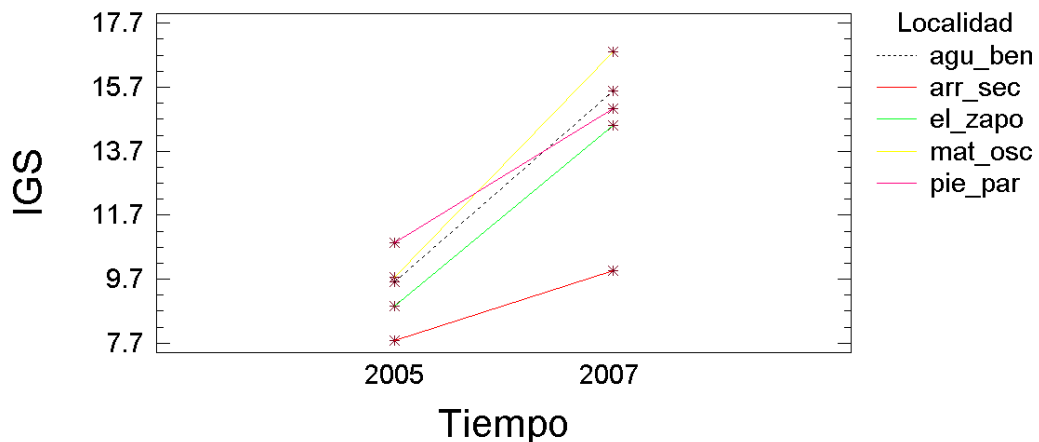
*Inversión reproductiva (Índice Gonadosomático)*

Hay una variación significativa ( $p < 0.05$ ) en la inversión de energía destinada a la reproducción en las localidades y en el tiempo (cuadro 29).

Cuadro 29. Análisis de varianza de índice gonadosomático en llluvias.

<i>Variables</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Localidad	4	257.793	64.4484	2.64	0.0374
Tiempo	1	506.784	506.784	20.73	0.00
Localidad*Tiempo	4	68.9871	17.2468	0.71	0.5896
Residuos	117	2859.62	24.4412	0.71	0.5896
Total	126	3795.93			

Aunque todas las poblaciones de *H. bimaculata* incrementaron su inversión reproductiva en la temporada de llluvias del 2005 al 2007, solamente la población contenida en la microcuena Agua Bendita fue significativamente diferente ( $p = 0.060$ ) (figura 24). Las poblaciones de *H. bimaculata* de la microcuena Las Lomas registró un aumento promedio en su inversión reproductiva de 2.5559 en el 2005 a 12.6821 en el 2007.



Las líneas punteadas representan una variación estadísticamente significativa ( $p < 0.10$ ).

Figura 24. Grafica de interacción del índice gonadosomático en lluvias.

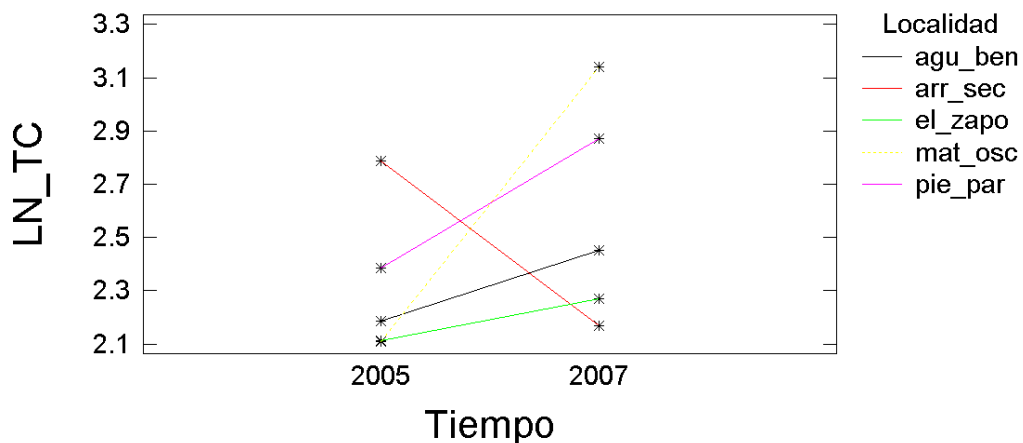
*Tamaño de camada*

No existe variación significativa en el tiempo y las localidades ( $p < 0.05$ ), aunque si hay interacción significativa entre estas variables ( $p = 0.006$ ) (cuadro 39).

Cuadro 30. Análisis de varianza para el tamaño de camada en lluvias.

<i>Variables</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Localidad	4	2.19919	0.549799	1.23	0.3001
Tiempo	1	1.41551	1.41551	3.18	0.0772
Localidad*Tiempo	4	6.627229	1.65682	3.72	0.0069
Residuos	117	52.1099	0.445384		
Total	126	64.7767			

Según la prueba de Tuckey la población de la microcuenca Mata Oscura presentó un aumento significativo en tamaño de camada del 2005 al 2007 en la temporada de lluvias ( $p = 0.08$ ). De igual forma la población de hembras grávidas en la microcuenca Las Lomas aumento promedio en el tamaño de camada de 4 en el 2005 a 25 embriones.



Las líneas punteadas representan una variación estadísticamente significativa ( $p < 0.10$ ).

Figura 25. Grafica de interacción del tamaño de camada en lluvias.

### *Biomasa embrionaria*

Existe una variación temporal significativa ( $p = 0.0004$ ) de la biomasa embrionaria de las poblaciones de hembras grávidas del 2005 al 2007. Sin embargo, no se registró una variación espacial ni una interacción entre las variables de manera significativa (cuadro 31).

Cuadro 31. Análisis de varianza para la biomasa embrionaria en lluvias.

<i>Variables</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>F</i>	<i>P</i>
Localidad	4	0.272041	0.068010 4	0.06	0.9928
Tiempo	1	14.3935	14.3935	13.09	0.0004
Localidad*Tiempo	4	3.74244	0.93561	0.85	0.4956
Residuos	117	128.603	1.09917		
Total	126	154.592			

Aunque se registró un aumento significativo en el tiempo de la biomasa embrionaria en el análisis de varianza, la prueba de Tuckey no detectó ninguna variación significativa de la biomasa embrionaria del 2005 al 2007 (figura 26) para cada una de las localidades. Para las hembras de la microcuenca Las Lomas la biomasa embrionaria aumento de 0.008 gr en el 2005 a 0.712 gr en la temporada de lluvias del 2007.

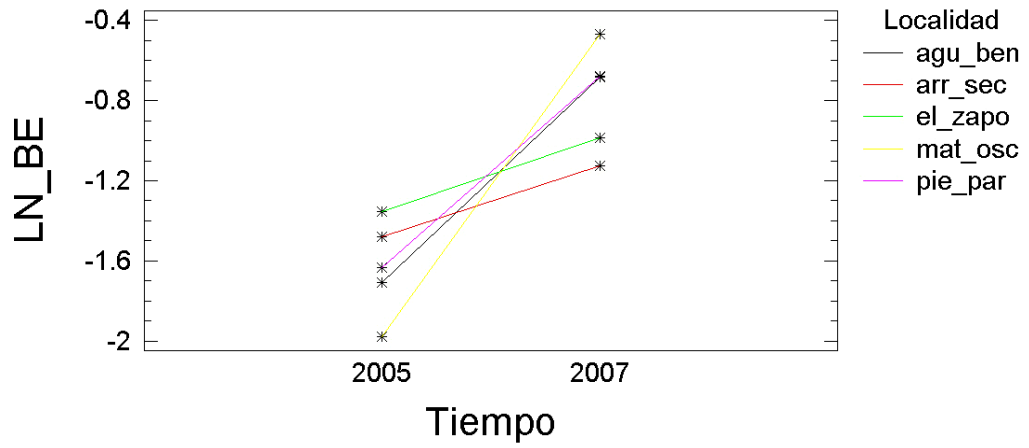


Figura 26. Grafica de interacción de la biomasa embrionaria en lluvias.



## VIII. DISCUSIÓN

### 8.1 Microcuencas

Se registraron cuatro tipos de microcuencas según su uso de suelo y presencia de asentamientos humanos: 1) Existen dos microcuencas que están cubiertas en más del 80% de su superficie por pastizales inducidos (para la cría de ganado vacuno y bovino), además de la presencia de localidades habitadas, Mata Oscura y Arroyo Seco; 2) La microcuenca Agua Bendita con el mismo uso de suelo que las anteriores pero sin asentamientos humanos (Cuadro A. 1).

3) Microcuencas que poseen principalmente pastizales inducidos, sistemas agroforestales y bosque mesófilo de montaña, además de plantaciones de café y asentamientos humanos, Las Lomas y El Zapote; y 4) La microcuenca Piedra Parada con los usos de suelo de sistemas agroforestales y plantaciones de café pero sin asentamientos humanos (Cuadro A. 1).

### 8.2. Parámetros demográficos de *Heterandria bimaculata*

#### 8.2.1. *Ciclo anual 2007.*

##### 8.2.1.1. Parámetro de crecimiento.

##### *Factor de condición*

Las poblaciones de las microcuencas Arroyo seco, Las Lomas, Mata Oscura y Piedra Parada presentaron un patrón cuadrático durante el 2007, siendo los meses de octubre a febrero donde se presentaron los valores más altos de robustez, mayo y julio los mas bajos. Las poblaciones de Agua Bendita y El Zapote no presentaron un claro patrón durante el 2007.

Le Cren (1951) menciona que la condición de un pez refleja circunstancias físicas y biológicas recientes, y las fluctuaciones están dadas por la interacción de las condiciones alimentarias, infección por parásitos y factores fisiológicos (Hossain *et al.*, 2006). El aumento gradual de la robustez de los peces de las microcuencas Arroyo Seco, Las Lomas, Mata Oscura y Piedra Parada en los meses de octubre a febrero

concuera con los valores altos en la cantidad de sólidos disueltos totales y suspendidos totales en éste periodo del año, en la que la energía generada por el posible aporte de alimento a éstas poblaciones va dirigida a la condición somática.

Sin embargo las microcuencas Agua Bendita y El Zapote aunque presentaron un aumento en los sólidos disueltos totales y suspendidos totales de sus ríos en el periodo de octubre a febrero, no presentaron un incremento en el factor de condición de sus poblaciones de *H. bimaculata*. Por lo tanto la robustez de los peces de éstas localidades puede no ser afectado por la disponibilidad de alimento y depredación, y tal vez, ser algo establecido en la población debido a otros factores (Martinez-Leyva, 2002). La energía designada al crecimiento robusto fue aleatoria todo el año para la microcuenca Agua Bendita, donde predominan los pastizales inducidos; y El Zapote, donde predominan los sistemas agroforestales y pastizales inducidos.

La población de la microcuenca Piedra Parada fue la que presentó un patrón anual muy claro en la condición somática, y los peces mas robustos en el periodo de octubre a febrero comparándola con las otras cinco localidades de estudio.

Torralva *et al.* (1997) mencionan que la ausencia de un patrón claro en el ciclo de condición somática en poblaciones de peces (ej. Agua Bendita y El Zapote) en contraste con el ciclo temporal claro que presentó la población de Piedra Parada dependen de la dinámica natural de sus cuencas hidrográficas. En este sentido, la variación azarosa en la condición de los individuos de las poblaciones contenidas en las microcuencas Agua Bendita (caracterizada por la presencia de pastizales inducidos) y El Zapote (definida por sistemas agroforestales, pastizales inducidos y asentamientos humanos) puede ser causada por el estrés ambiental dado por el manejo de su cuenca.

#### 8.2.1.2. Parámetros de reproducción

##### *Índice gonadosomático*

Los resultados del análisis de inversión reproductiva muestran que las hembras de las poblaciones contenidas en las microcuencas de Agua Bendita, Arroyo Seco y Mata Oscura, destacadas por el uso de suelo de pastizales inducidos, revelan un patrón de inversión reproductiva durante todo el año, destacando los meses de mayo y julio con valores altos de índice gonadosomático, y una disminución hacia el mes de octubre. Meses con disminución del pH, sólidos disueltos totales y temperatura, pero un aumento en el oxígeno disuelto, excepto en la microcuenca Agua Bendita donde el oxígeno disminuyó hacia el mes de octubre. Las diferencias estacionales encontradas coinciden con los datos generales de la familia Poeciliidae cuya inversión reproductiva en las hembras declina o termina durante el otoño-invierno cuando disminuye la disponibilidad de alimento (Reznick, 1989; Rood y Reznick, 1997).

Sin embargo, lo anterior no ocurre con las poblaciones de las microcuencas El Zapote y Las Lomas, caracterizadas por sistemas agroforestales y pastizales inducidos, ya que la energía destinada a la reproducción hacia el mes de octubre va en aumento. Lo cual sugiere que la reproducción hacia el otoño-invierno está basada en las reservas energéticas de la madre, por lo que no se esperaría una respuesta inmediata a la baja disponibilidad de recursos (Reznick y Yang, 1993).

La energía destinada a la reproducción para las hembras de la microcuenca Piedra Parada fue marcada en los meses de mayo a julio y fue declinando hacia el mes de octubre, quedando los meses de febrero a marzo como meses de almacenamiento de energía. Este comportamiento coincide claramente con el patrón de la condición somática presentada por ésta población.

#### *Tamaño de camada*

La familia Poeciliidae presenta gran plasticidad en éste parámetro, que es inducido por varios factores como el número de crías liberado en la temporada anterior, tamaño y edad de la madre, densidad poblacional y factores ambientales, entre otros (Vargas y De Sosa, 1996).

Las poblaciones de *H. bimaculata* contenidas en las microcuencas Agua bendita, Arroyo Seco, El Zapote, Mata Oscura y Las Lomas presentaron su mayor tamaño de camada entre los meses de marzo y julio con una disminución hacia los meses de octubre a febrero, excepto Las Lomas que tuvieron un patrón constante durante todo el año. Este aumento a fines de la temporada de secas y comienzo de lluvias coincide con lo reportado por Winemiller (1993), quien menciona que este aumento se debe a que las condiciones ambientales favorecen el crecimiento y la sobrevivencia de los juveniles. Sin embargo, la producción de varias camadas pequeñas a lo largo del año puede indicar la presencia de ambientes poco estables (Stearns, 1976).

Lo que no ocurre con la población de Piedra Parada, ya que detiene su reproducción en otoño-invierno para el almacenamiento de energía para la siguiente temporada de reproducción, lo que sugiere que son ambientes mas estables. Aunque el numero de embriones es menor durante la época lluviosa que el resto de las poblaciones.

Los organismos producen tantas crías como su capacidad física se los permite y ajustan el tamaño de la camada con base a la información recibida de los mecanismos sociales y ambientales para permitir un balance en la distribución de recursos entre sobrevivencia y reproducción (Stearns, 1976). En este sentido, los tamaño de camada mas grandes fueron para las poblaciones contenidas en la microcuenca Las Lomas, caracterizada por pastizales inducidos, bosque mesófilo de montaña y sistemas agroforestales, lo que concuerda con los registros de las tallas mas grandes. Aunque lo anterior no denota una relación con su producción de varias camadas durante todo el año.

#### *Biomasa embrionaria*

No se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre las variables de tiempo y localidad ni una interacción. Por lo tanto, se puede mencionar que las poblaciones de *H. bimaculata* del área de estudio están modificando el tamaño de

camada pero no el peso embrionario. Posiblemente debido a la tendencia de tener varias camadas grandes con poco peso durante todo el año, excepto en la población de la microcuenca Piedra Parada.

### 8.2.2. **Época de Lluvias 2005 y 2007.**

Se compararon los parámetros de crecimiento y reproducción de las diferentes poblaciones de *H. bimaculata* de la época lluviosa del año 2005 con la del 2007, para observar si la variación o estabilidad de estos parámetros en esta época del año está relacionado con algún patrón anual.

#### 8.2.2.1. Parámetro de crecimiento.

##### *Factor de condición*

El aumento significativo registrado en el estado de robustez de las poblaciones contenidas en las microcuencas Agua Bendita y El Zapote no concuerda con lo que reporta Winemiller (1993), ya que la energía destinada a la reproducción en ésta temporada es mayor en la familia Poeciliidae. Sin embargo, estas poblaciones siguen aumentando su condición en esta temporada, reflejando un patrón aleatorio, que puede deberse a la inestabilidad ambiental del manejo de sus cuencas hidrográficas, que se caracterizan por tener pastizales inducidos, sistemas agroforestales y asentamientos humanos.

En contraste, se encuentran las poblaciones de *H. bimaculata* contenidas en las microcuencas Las Lomas y Piedra Parada, las cuales disminuyeron la energía destinada a la condición somática del 2005 al 2007 para destinarla a la reproducción en ésta temporada, favorable para el crecimiento y sobrevivencia de juveniles (Winemiller, 1993), ésta disminución concuerda con el patrón anual detectado anteriormente. Por lo tanto, éste patrón detectado específicamente en la población contenida en la microcuenca Piedra Parada puede deberse a la estabilidad ambiental de su cuenca hidrográfica (Torralva *et al.*, 1997), la cual se caracteriza por sistemas agroforestales y plantaciones de café de sombra y sol.

#### 8.2.2.2. Parámetros de reproducción

Torralva *et al.* (1997) mencionan que la coherencia y sincronía en la dinámica estacional de las estrategias de vida de los peces va a estar regida por la estabilidad ambiental de sus cuencas hidrográficas. Y según Martínez-Leyva (2002) la reproducción de las poblaciones de peces contenidas en sistemas lóticos se ve directamente afectada por la estabilidad ambiental, por lo que es de esperarse que si un ambiente es estable la inversión en crecimiento sea mayor que la inversión reproductiva.

##### *Índice gonadosomático*

Las hembras de la microcuenca Agua Bendita presentan un aumento estadísticamente significativo en la inversión reproductiva del año 2005 al 2007, por lo que la energía destinada al incremento en masa de sus gónadas es mayor en el 2007. Éste aumento no concuerda con el aumento del factor condición registrado, ya que ésta población está designando mucha energía en su condición somática y reproducirse en la misma temporada. Esta contrariedad puede ser resultado de una inestabilidad ambiental de su cuenca, lo que se refleja en un patrón aleatorio de sus estrategias de vida.

El resto de las poblaciones de *H. bimaculata* aunque no presentaron diferencias estadísticamente significativas vemos una tendencia a aumentar la energía destinada a la reproducción en ésta época y presentar un patrón anual coherente como es el caso de las poblaciones de la microcuenca Piedra Parada.

##### *Tamaño de camada*

El tamaño de camada es un parámetro crítico de las historias de vida de las poblaciones de peces porque limita el número de crías que una hembra puede producir sin incrementar su esfuerzo reproductivo y está asociado con la habilidad competitiva de las crías, tasa de crecimiento, desarrollo y capacidad de sobrevivir en condiciones adversas (Reznick, 1981).

La microcuenca que presentó diferencia significativa del 2005 al 2007 fue Mata Oscura, con hembras que aumentaron su tamaño de camada (de 9.66 a 16.8 embriones, en promedio). Lo cual coincide con el aumento de la talla máxima de 62.65 mm en el 2005 a 75.77 mm en el 2007 en las hembras (Cheong *et al.*, 1984).

Éste aumento en el tamaño de camada puede indicar que las poblaciones de la microcuenca Mata Oscura tiendan a clarificar un patrón de temporalidad aumentando su número de embriones producidos por camada en la época lluviosa y disminuyendo su reproducción durante todo el año, lo que indicaría según Torralva (1996) que es una cuenca hidrográfica que tiende a la estabilidad ambiental. Ésta tendencia podría estar relacionado con el manejo ecológico que se le está dando a la microcuenca hoy en día, aun cuando el manejo realizado anteriormente estaba regido en más del 80% a la producción extensiva de ganado vacuno y bovino.

#### *Biomasa embrionaria*

Aun cuando la variación en el peso de los embriones no fue significativa del 2005 al 2007, se puede observar un aumento de éste parámetro reproductivo en todas las poblaciones de *H. bimaculata* en ésta época del año en la cual según Winemiller (1993) favorecen el crecimiento y sobrevivencia de juveniles. Por lo tanto, en cierta forma las poblaciones de éste pecílido tienden a la coherencia y sincronía en la dinámica estacional de sus estrategias de vida (Torralva, 1996).

Estadísticamente solamente la población de hembras de la microcuenca Mata Oscura tiende a aumentar su tamaño de camada sin modificar el peso de la misma, además de tener un patrón decreciente en el número de camadas durante todo el año. En el caso de las poblaciones contenidas en las microcuencas de Agua Bendita, Arroyo Seco, El Zapote y Las Lomas, en las que destacan los usos de suelo de pastizales inducidos, sistemas agroforestales y asentamientos humanos, no modificaron su tamaño de camada ni su biomasa embrionaria por lo tanto no se observó una tendencia a conseguir un patrón temporal de su energía designada al crecimiento y reproducción,

posiblemente generado por la aleatoriedad de sus estrategias de vida dado por la inestabilidad ambiental de sus cuencas hidrográficas (Torralva *et al.*, 1997).

### **8.3. Estrategias de vida.**

Las alteraciones provocadas por el manejo del uso del suelo podría someter a las poblaciones de peces a un estrés añadido que se ve reflejado en una falta de coherencia y sincronía en la dinámica estacional de sus estrategias de vida en un intento de adaptarse al nuevo ambiente (Torralva, 1996).

El patrón aleatorio detectado en los parámetros de crecimiento y reproducción de las poblaciones contenidas en las microcuencas El Zapote y Las Lomas, caracterizadas por sistemas agroforestales, pastizales inducidos, plantaciones de café y presencia de asentamientos humanos; puede deberse al manejo de pastizales inducidos (ej: como en la microcuenca Agua Bendita) o a la urbanización de éstas microcuencas como mencionan Wang *et al.* (2000).

La población de *H. bimaculata* contenida en una microcuenca con manejo de sistemas agroforestales, plantaciones de café y sin asentamientos humanos (ej. microcuenca Piedra Parada), se caracteriza por presentar una población de peces con un patrón claro en sus estrategias de crecimiento y reproducción. Y poblaciones de microcuencas con sistemas de pastizales inducidos, sistemas agroforestales, bosque mesófilo de montaña y asentamientos humanos no poseen un patrón anual en sus estrategias de vida, por lo que la aleatoriedad en sus parámetros de crecimiento y reproducción es un intento por adaptarse y permanecer en este medio de gran inestabilidad. Por lo tanto, la puesta fraccionada a lo largo del periodo reproductor puede ser una estrategia que en éste ambiente le confiere la ventaja de no arriesgar toda la progenie en un solo evento reproductor (Miñano *et al.*, 2003).

Sin embargo, existen poblaciones que después de estar sometidas a una aleatoriedad en sus estrategias de vida pueden tener una tendencia a conseguir un patrón temporal (ej. población de *H. bimaculata* contenida en la microcuenca Mata



oscura) a partir de la implementación de sistemas de producción que propicien la estabilidad ambiental de las cuencas, como es el caso del eco-turismo implementado en ésta microcuenca.

## IX. CONCLUSIONES

Poblaciones de *H. bimaculata* contenidas en microcuencas que se caracterizan por su manejo en sistemas agroforestales, plantaciones de café y ausencia de asentamientos humanos presentan una variación anual coherente en su condición somática.

La variación aleatoria temporal de la condición somática se presenta en poblaciones contenidas en microcuencas donde predominan pastizales inducidos y microcuencas con asentamientos humanos.

Poblaciones contenidas en microcuencas con pastizales inducidos presentaron una inversión reproductiva durante todo el año con una ligera disminución hacia el mes de octubre.

La inversión reproductiva de las poblaciones contenidas en microcuencas con sistemas agroforestales, pastizales inducidos y presencia de asentamientos humanos se presenta durante todo el año con un ligero aumento hacia el mes de octubre.

Se presenta un patrón temporal, mayor en la época lluviosa, en la inversión de energía destinada a la reproducción en poblaciones de microcuencas que operan sistemas agroforestales, plantaciones de café y ausencia de asentamientos humanos.

Poblaciones de éste pecílido contenidas en microcuencas cubiertas por pastizales inducidos, sistemas agroforestales y presencia de asentamientos humanos producen varias camadas durante todo el año.

Microcuencas que se caracterizan por poseer sistemas agroforestales, plantaciones de café y ausencia de asentamientos humanos producen camadas durante los meses de mayo a octubre.

Se presenta un patrón aleatorio en los parámetros de crecimiento y reproducción de las poblaciones de *H. bimaculata* que se encuentran en microcuencas que están cubiertas por pastizales inducidos, sistemas agroforestales y asentamientos humanos.

Las poblaciones de *H. bimaculata* que se encuentran en microcuencas cubiertas por sistemas agroforestales, plantaciones de café y ausencia de asentamientos humanos presentan un patrón coherente y sincronizado de sus estrategias de vida.

## X. LITERATURA CITADA

- Albariño, R. (1999). *Informe sobre la obtención de indicadores de calidad de sistemas acuáticos de montaña en relación a la actividad forestal*. INTA EEA Bariloche. 10 p.
- Álvarez-Palacios, J. (2004). *Cambio de uso del suelo asociado al valor de la producción y empleo rural en la cuenca alta del río La Antigua*. Tesis Doctoral. Xalapa, Veracruz, México.
- Badii, M., R. Garza, V. Garza y J. Landeros. (2005). *Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados*. CUICYT//Enero-Febrero. No 6
- Bagenal, T. (1978). *Methods for assessment of fish reproduction in fresh water*. Tercera edición. Londres. 365 p.
- Begon, M., J. Harper y C. Townsend. (1990). *Ecology: individuals, population and communities*. Blackwell Scietific Press. UK. pp: 473-509.
- Belsky, A., A. Matzke y S. Uselman. (1999). *Survey of livestock influences on stream and riparian ecosystems in the western United States*. Journal of Soil and Water Conservation. 54: 419-431.
- Benabib, M. (1993). *Los vertebrados y las historias de vida*. Ciencias. Numero Especial. pp: 23-31.
- Casillas-González, J. (2007a). *Metodología de desarrollo integral de microcuencas*. Resúmenes del Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana de Manejo de Cuencas Hidrográficas. p. 31.
- Casillas-González, J. (2007b). *Programa nacional de microcuencas: una estrategia de desarrollo integral*. Resúmenes del Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana de Manejo de Cuencas Hidrográficas. p. 32.
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). (2008). *Áreas naturales protegidas*. Disponible en [http://www.conanp.gob.mx/q\\_anp.html](http://www.conanp.gob.mx/q_anp.html). Consultado el 1 de abril de 2008.
- CNA. (1998). *Cartas de cuencas hidrológicas*. Comisión Nacional del Agua.
- CONABIO. (2000a). *Programa de regiones hidrológicas prioritarias*. México, D. F.
- CONABIO. (2000b). *Programa de regiones prioritarias terrestres*. México, D. F.

- Cruz-Angón, A. y R. Greenberg. (2005). *Are epiphytes important for birds in coffee plantations? An experimental assessment*. Journal of Applied Ecology. 42: 150–159.
- Cheong, R., S. Henrich, J. Farry y J. Travis. (1984). *Variation in fecundity and its relationship to body size in a population of the least killfish, Heterandria Formosa (Pisces: Poeciliidae)*.
- Childers, D. y J. Gosselink. (1990). *Assessment of cumulative impacts to water quality in a forested wetland*. J. Environ. Qual., 19: 455-264.
- Díaz-Pardo, E., N. Mercado-Silva, S. Navarrete-Vázquez y A. Gutiérrez-Hernández. (En revisión). *Análisis faunístico y ecológico de los peces del río La Antigua, México*. Hidrobiologica.
- Del Ángel-Pérez, A., J. Villagómez, M. Mendoza y A. Rebolledo. (2006). *Valoración de recursos naturales y ganadería en la zona centro de Veracruz, México*. Madera y Bosques. 12(2): 29-48.
- Environmental Systems Research Institute Inc. (1999). *ArcView*. Version 3.2.
- Espinosa-Pérez, H., M. Gaspar y P.M. Fuentes. (1993). *Listados Faunísticos de México. III. Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 99 p.
- Esqueda-Esquivel, V., O. Tosquy y E. Rosales. (2005). *Efectividad de la mezcla Picloram y Fluroxipir en el control de malezas perennes en pastizales tropicales*. Agronomía Mesoamericana. 16(2): 185-190.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations “FAO”. (2006). *World reference base for soil resources 2006: a framework for international classification, correlation and communication*. Edición 2006. 128 p.
- Fernández-Chicharro, I., V. Morales, N. Morales, C. Orchard, J. Salvatierra, L. Olivares y G. Muschett. (2007). *Amenaza inminente al bosque esclerófilo de Santiago por proyecto de urbanización*. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 13 p.
- Fink, W., W. Saul, E. Koon y E. Wiley. (1978). *A report on current supplies and practices used in curation of ichthyological collections*. Am. Soc. Ichthyol. Herpetol., Cambridge. 73 p.
- García, E. - CONABIO, (1998 a). *Isotermas Medias Anuales*. Escala 1:1 000000, México.
- García, E. - CONABIO, (1998 b). *Precipitación Total Anual*. Escala 1: 1 000000. México.

- Garrido, A., M. Cuevas, H. Cotler, C. Enríquez, E. Sotelo y A. Díaz. (2007). *Estimación de la estimación potencial al caudal ecológico y a la condición ambiental de los ríos de México: un modelo de análisis geográfico*. Resúmenes del Congreso Nacional y Reunión Mesoamericana de Manejo de Cuencas Hidrográficas. p. 43.
- Gaspar-Dillanes, M. (1987). *Nuevo registro de Heterandria (Pseudoxiphophorus) bimaculata (Heckel, 1848) en la vertiente del Pacífico Mexicano. (Pisces: Poeciliidae)*. An. Inst. Biol. UNAM, Ser. Zool. (2): 933-938.
- Gerritsen, P., A. Lomelí y C. Ortiz. (2005). *Urbanización y problemática socioambiental en la costa sur de Jalisco, México. Una aproximación*. Región y Sociedad. 8(33): 107-132.
- Gobierno del Estado de Veracruz. (2005). *Programa veracruzano de agricultura, ganadería, forestal, pesca y alimentación 2005 - 2010*. 152 p.
- Gosselink, J., G. Shaffer, C. Lyndon, D. Burdick, D. Childers, S. Hamilton, R. Boumans, D. Cushman, S. Fields, M. Koch y J. Visser. (1990). *Landscape conservation in a forested wetland watershed. Can we manage cumulative impacts?* Bioscience. 40: 580-600.
- Gómez-Márquez, J., J. Guzmán-Santiago y A. Olvera-Soto. (1999). *Reproducción y crecimiento de Heterandria bimaculata (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo", Morelos, México*. Rev. Biol. Trop. [online]. set. 1999, vol.47, no.3 [citado 21 Abril 2008], p.581-592. Disponible en la World Wide Web: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77441999000300032&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000300032&lng=es&nrm=iso).
- Gutiérrez-Hernández, A. (2003). *Análisis limnológico e ictiofaunístico del embalse Zimapán Querétaro-Hidalgo*. Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Querétaro. 139 p.
- Harding, J. y M. Winterbourn. (1995). *Effects of contrasting land use on physicochemical conditions and benthic assemblages of streams in a Canterbury (South Island, New Zealand) river system*. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research. 29: 479-492.
- Haslam, S. (1994). *River pollution: an ecological perspective*. John Wiley y Sons. 256 p.
- Hietz, P. (2005). *Conservation of vascular epiphyte diversity in Mexican coffee plantations*. Conservation Biology. 19(2): 391-399.
- Hossain, M., Z. Ahmed, P. Leunda, S. Jasmine, J. Oscoz, R. Miranda y J. Ohtomi. (2006). *Condition, length-weight and length-length relationships of the Asian striped catfish *Mystus vittatus* (Bloch, 1794) (Siluriformes: Bagridae) in the Mathabhangra River, southwestern Bangladesh*. Journal Applied Ichthyology. 22: 304-307.

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2002). *Localidades de la República Mexicana, 2000*. Obtenido de Principales Resultados por Localidad. XII Censo de Población y Vivienda 2000. Editado por Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). México.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2008a). *Conteo de población y vivienda 2005*. Disponible en <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.aspx?s=est&c=10202>. Consultado el 13 de marzo de 2008.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI). (2008b). *Información geográfica*. Disponible en <http://www.inegi.gob.mx/inegi/default.aspx?s=geo>. Consultado el 9 de marzo de 2008.
- Klein, R. (1979). *Urbanization and stream quality impairment*. Water Resources Bulletin. 15: 948-963.
- Kondratyev, K., F. Moreno y I. Galindo. (1997). *Desarrollo sustentable y dinámica de población*. Universidad de Colima, Colima. 136 p.
- Lagler, K. F. (1975). *Freshwater fishery biology*. Segunda edición. Iowa. 421 p.
- Lambin, E., B. Turner, H. Geist, S. Agbola, A. Angelsen, J. Bruce, O. Coomes, R. Dirzo, G. Fischer, C. Folke, P. George, K. Homewood, J. Imbernon, R. Leemans, X. Li, E. Moran, M. Mortimore, P. Ramakrishnan, J. Richards, H. Skanes, W. Steffen, G. Stone, U. Svedin, T. Veldkamp, C. Vogel y J. Xu. (2001). *The causes of the land-use and land-cover change: moving beyond the myths*. Global Environmental Change. 11: 261-269.
- Lyons, J., G. González-Hernández, E. Soto-Galera y M. Guzmán-Arroyo. (1998). *Decline of freshwater fishes and fisheries in selected drainages of west central Mexico*. Fisheries. 23:10-18.
- Lyons, J., R. Piette y L. Paine. (2000). *Grass versus trees: managing riparian areas to benefit streams of Central North America*. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). 36: 919-930.
- Macmillan, D., L. Philip, N. Hanley y B. Alvarez. (2002). *Valuing the non market benefits of wild goose conservation: a comparison interview and group based approaches*. Ecological Economics. 43: 49-59.
- Martínez-Leyva, A. (2002). *Comparación de algunas características de la historia de vida de Heterandria bimaculata (Pisces: Poeciliidae) en dos localidades del estado de Hidalgo*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de México. 58 p.

- Márquez, W., P. Valdivia y A. Gómez-Pompa. (1976). *Resumen de los tipos de vegetación natural de las zonas cafetaleras de los estados de Veracruz, Puebla, Hidalgo y Tamaulipas*. Reporte técnico. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, Xalapa, Veracruz, México.
- Mercado-Silva, N., E. Díaz-Pardo, A. Hernández-Gutiérrez y E. Soto-Galera. (en prensa). *Los peces dulceacuícolas de Veracruz*. Capítulo en libro: Biodiversidad de Veracruz – CONABIO.
- Miller, R. R. W. L. Minckley y S. M. Norris. (2005). *Freshwater fishes of México*. Universidad de Chicago. 490 p.
- MINITAB Release. (2005). Version 14.2
- Miñano, P., A. García-Mellado, F. Oliva-Paterna y M. Torralba. (2003). *Edad, crecimiento y reproducción de Gobio gobio L. (Pisces, Cyprinidae) en un tramo regulado del río Segura (SE España)*. Animal Biodiversity and Conservation. 26(1): 67-76.
- Myers, G. S. (1938). *Fresh-water fishes and West Indian zoogeography*. Ann. Rept. Smithsonian Inst., 339-364.
- Moguel, P. y V. Toledo. (1999). *Biodiversity conservation in traditional coffee systems of Mexico*. Conservation Biology. 13(1): 11-21.
- Muñoz-Villers, L. E. y J. López-Blanco. (2006). *Land use/cover changes using Landsat TM/ETM images in a tropical and biodiverse mountainous area of central-eastern Mexico*. International Journal of Remote Sensing (accepted; expected 2006)
- Navarrete-Vázquez, S. (2006). *Patrones espaciales en la distribución de peces de agua dulce en Yucatán, México*. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Yucatán. 65 p.
- Pérez-Maqueo, O., M. Equihua, G. Vázquez, M. Martínez, A. Campos, G. Castillo, E. Díaz-Pardo, J. García-Franco, D. Geissert, K. Mehlreter, E. Meza y L. Muñoz-Villers. (2007). *Construcción de consensos mediante modelación mediada con enfoque en servicios ecosistémicos*. Gaceta Ecológica. Numero especial 107-116.
- Pérez-Maqueo, O. y M. Ramos-Escobedo. (2008). *Análisis técnico ambiental para la cuenca de la Antigua, Veracruz, México*. INECOL. 62 p.
- Pineda, E., C. Moreno, F. Escobar y G. Halffter. (2005). *Frog, bat and dog beetle diversity in the cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico*. Conservation Biology. 19(2): 400-410.



- Pineda-López, M., G. Ortiz y L. Sánchez. (2005). *Los cafetales y su papel en la captura de carbono: un servicio ambiental aun no valorado en Veracruz*. Madera y Bosques. 11(2): 3-14.
- Pringle, C. M. (1991). *Geothermal modified waters surface at La Selva Biological Station, Costa Rica: volcanic processes introduce chemical discontinuities into lowlands tropical streams*. Biotropica. 23: 523-529.
- Reza, B. y E. Díaz. (1994). *Algunos aspectos de la biología reproductiva de Heterandria bimaculata (Poeciliidae)*. Resúmenes del IV Congreso Nacional de Ictiología. Facultad de Biología, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- Reznick, D. (1981). *Grandfather effects: the genetics of interpopulation differences in offspring size in the mosquito fish*. Evolution. 35 (5): 941-953.
- Reznick, D. (1989). *Life-History evolution in guppies: II: Repeatability of field observations and effects of season in life-histories*. Evolution. 43(6): 1285-1297.
- Reznick, D. y A. Yang. (1993). *The influence of fluctuating resources on life history: patterns of allocation and plasticity in female guppies*. Ecology. 74(7): 2011-2019.
- Reznick, D., M. Butler, E. Rood y P. Ross. (1996). *Life-History evolution in guppies (Poecilia reticulata): VI. Differential mortality as a mechanism for natural selection*. Evolution. 50 (4): 1651-1660.
- Rood, E. y D. Reznick. (1997). *Variation in the demography of guppy population: the importance of predation in life histories*. Ecology. 78(2): 405-418.
- Savory, A. (1999). *Manejo holístico: un enfoque para la toma de decisiones*. SEMARNAT, INE, FMCN y La Fundación para Fomentar el Manejo Holístico. México. 610 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2008a). Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/veracruz/informacion/DDR4datgen.htm>. Consultado el 13 de marzo de 2008.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2008b). Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/veracruz/informacion/DDR6datgen.htm>. Consultado el 13 de marzo de 2008.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). (2008c). Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx/dlg/veracruz/agricultura/index.htm>. Consultado el 14 de marzo de 2008.

- Segnini, S. (2003). *El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente*. *Ecotropicos* 16(2):45-63.
- Siemens, A. (1998). *A favored place. San Juan rivers wetlands, Central veracruz, a.d. 500 to the present*. University of Texas. 301 p.
- Solis-Montero, L., A. Flores-Palacios y A. Cruz-Angón. (2005). *Shade-coffee plantations as refuges for tropical wild orchids in Central, Veracruz, Mexico*. *Conservation Biology*. 19(3): 908-916.
- Statistical Graphics Corp. (2000). *Statgraphics Plus para Windows 5.1*. Versión 5.1.
- Stearns, S. (1976). *Life-history tactics: a review of the ideas*. *The Quaterly Review of Biology*. 51(1): 3-47.
- Stepenuck, K., R. Crunkilton y L. Wang. (2002). *Impacts of urban landuse on macroinvertebrate communities in southeastern wisconsin streams*. *Journal of the American Water Resources Association (JAWRA)*. 38(4): 1041-1051.
- Stevens, T., R. Belkner, D. Dennis, D. Kittredge y C. Willis. (2000). *Comparison of contingentaluation and conjoint analysis in ecosystem management*. *Ecological Economics*. 32: 63-74.
- Ten Raa, M. (1983). *Estudio de la erosión en la cuenca alta del río La Antigua, Veracruz, México*. *Biótica*. 8(4):361-80.
- Torralva, M. (1996). *Biología de Barbus sclateri Günther, 1868 (Pises, Cyprinidae) en dos cursos de agua con distinto grado de regulación en la Cuenca del Río Segura (S.E. de España)*. Tesis doctoral, Universidad de Murcia.
- Torralva, M., M. Puig y C. Fernández-Delgado. (1997). *Effect of river regulation on the life-history patterns of Barbus sclateri in the Segura river basin (south-east Spain)*. *Journal of Fish Biology*, 51: 300–311.
- Torres-Orozco, R. y J. García-Calderon. (1995). *Introducción al anejo de datos limnológicos*. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México D. F. 130 p.
- Vargas, M. y A. De Sosota. (1996). *Life history of Gambusia holbrooki (Pisces: Poeciliidae) in the Elbro delta (NE Iberian peninsula)*. *Hydrobiologia*. 341: 215-224.
- Velázquez, A., J. Mas, J. Palacio, J. Díaz, R. Mayorga, C. Alcántara, R. Castro y T. Fernández. (2002a). *Análisis de cambio de uso del suelo*. Informe técnico. Convenio INE-Instituto de Geografía, UNAM.

- Velázquez, A., J. Mas, J. Díaz, R. Mayorga, P. Alcántara, R. Castro, T. Fernández, G. Bocco, E. Ezcurra y J. Palacio. (2002b). *Patrones y tasas de cambio de uso de suelo en México*. Gaceta Ecológica. 62:21-37.
- Vitousek, P., H. Money, J. Lubchenco y J. Melillo. (1997). *Human domination of earth's ecosystems*. Science. 277:494-499.
- Wang, L., J. Lyons, P. Kanehl, R. Bannerman y E. Emmons. (2000). *Watershed urbanization and change in fish communities in southeastern Wisconsin streams*. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). 36(5): 1173-1189.
- Wang, L., J. Lyons y P. Kanehl. (2002). *Effects of watershed best management practices on habitat and fish in Wisconsin streams*. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). 38(3): 663-680.
- Wang, L., J. Lyons y P. Kanehl. (2006). *Habitat and fish responses to multiple agricultural best management practices in a warm water stream*. Journal of the American Water Resources Association (JAWRA). 42(4): 1047-1062.
- Walling, D. y B. Webb. (1996). *Erosion and sediment yield: a global overview*. En Walling, D. E. y B. W. Webb (Eds), *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*. Publicación IAHS. 236: 3–19.
- Williams-Linera, G., V. Sosa y T. Platas. (1995). *The fate of epiphytic orchids after fragmentation of a Mexican cloud forest*. Selbyana. 16: 36-40.
- Winemiller, K. (1993). *Seasonality of reproduction by livebearing fishes in tropical rainforest streams*. Oecologia. 95: 266-276.

## XI. APENDICES

Cuadro A.1. Parámetros físicos de las microcuencas.

<i>Parámetros</i>	<i>Microcuencas</i>						
	<i>Mata Oscura</i>	<i>Agua bendita</i>	<i>Arroyo Seco</i>	<i>Piedra Parada</i>	<i>Las Lomas</i>	<i>El Zapote</i>	
<b>Pendiente Media de la Corriente Principal (%)</b>	13.9	10.6	10.6	8.7	8.5	8.8	
<b>Longitud de Corrientes (km)</b>	10.11	2.906	10.45	1.98	52.51	35.48	
<b>Numero de Corrientes</b>	12	3	13	1	67	23	
<b>Hidromorfología</b>	<b>Orden 1</b>	8	2	9	1	53	19
	<b>Orden 2</b>	3	1	3		11	3
	<b>Orden 3</b>	1		1		2	1
	<b>Orden 4</b>					1	
<b>Densidad de Drenaje (km/km<sup>2</sup>)</b>	2.54	3.15	2.08	2.78	2.09	2.33	
<b>Extensión Media de la Escorrentía (km)</b>	0.098	0.079	0.12	0.09	0.12	0.107	
<b>Pastos Inducidos</b>	80.32	91.21	91.27	4.83	38.22	28.88	
<b>Bosque Mesófilo de Montaña</b>	15.93	1.13	3.40	2.75	30.35	15.90	
<b>Sistema Agroforestal</b>	0.06	1.52	1.97	48.37	16.45	31.89	
<b>Plantaciones de Café de Sombra</b>	0.61	0.09	0.44	29.89	4.24	7.42	
<b>Vegetación y uso de Suelo (%)</b>	<b>Plantaciones de Café</b>	0.05	0.04	0.28	0.62	4.00	8.94
	<b>Área Urbana</b>	2.58	5.48	2.40	4.89	3.30	4.63
	<b>Caña de Azúcar</b>	0.01	0.52	0.12	8.65	2.46	1.12
	<b>Agricultura de Temporal</b>	0.44		0.12		0.96	1.21
	<b>Suelo Desnudo</b>					0.03	
	<b>Bosque de Pino-Encino</b>					0.003	
<b>Localidades y población</b>	<b>Numero de localidades</b>	1	0	2	0	14	7
	<b>Numero de Habitantes</b>	75	0	38	0	1002	194
<b>Vivienda y servicios públicos</b>	<b>Numero de Viviendas</b>	14	0	6	0	212	38

	<b>Sin Energía Eléctrica</b>	14	2	9	1
	<b>Con Energía Eléctrica</b>	0	4	202	37
	<b>Sin Agua Entubada</b>	0	2	5	4
	<b>Con Agua Entuba</b>	14	4	207	34
	<b>Sin Sanitario</b>	4	4	20	7
	<b>Con Sanitario</b>	10	2	192	31
	<b>Sin Drenaje</b>	5	5	104	8
	<b>Con drenaje</b>	9	1	106	30
	<b>Índice de Marginación</b>	0.77	0.19	0.34	0.43
<b>Marginación</b>	<b>Grado de Marginación</b>	Muy Alto	Alto	Alto	Alto

## Apéndice 2. Resumen ejecutivo.

Muchas de las cuencas del estado de Veracruz han sido poco estudiadas en relación de su entorno natural con respecto a los usos de suelo, entre estas destaca la Región Hidrológica Prioritaria de la cuenca del río La Antigua (RHP-La Antigua), la cual se encuentra clasificada como un área de uso y de alta riqueza, pero que carece de información científica suficiente. La problemática de la RHP-La Antigua radica en el deterioro ecológico, que se asocia a una serie de cuerpos de agua que son receptores de descargas de aguas residuales municipales, industriales, agroquímicos y desechos por beneficio del café; así como por la carencia de mecanismos para la gestión de la conservación de áreas prioritarias, por la falta del conocimiento de la biodiversidad y el control de la contaminación de sus arroyos y ríos.

Estas descargas han ido modificando la calidad del agua de los ríos de la RHP-La Antigua provocando un mayor aporte de nitratos, sulfatos, sólidos suspendidos totales y una modificación del color de sus arroyos y ríos. Estos impactos pueden reflejarse en las comunidades acuáticas que contienen los arroyos y ríos de esta cuenca. Por lo que estos cambios podrían ser utilizados como indicadores o como biomonitoreo de lo que está ocurriendo en una cuenca. En este contexto, el presente trabajo pretende dar a conocer las variaciones de los parámetros de crecimiento y reproducción de las poblaciones de *Heterandria bimaculata* (Pisces: Poeciliidae), pez que se encuentra en los arroyos y ríos de la parte alta de ésta cuenca, y su relación con el uso de suelo que se está ejerciendo en sus microcuencas de influencia.

Se describen 15 usos de suelo para la parte alta de la RHP-La Antigua. Los cuatro más importantes por su extensión y aporte económico a la región son: los pastizales inducidos (aproximadamente el 22.06% de la superficie total) el cual sirve para la alimentación de ganado productor de leche y carne; los sistemas agroforestales, plantaciones de café de sombra y sol, sistemas de producción de un número considerable de habitantes de las comunidades rurales.

Se capturaron 2,051 ejemplares de *H. bimaculata* en seis muestreos distribuidos de agosto del 2005 a octubre del 2007 y pertenecientes a seis microcuencas con diferente uso de suelo: Agua Bendita, Arroyo Seco y Mata Oscura, caracterizadas por sistemas de pastizales inducidos; El Zapote, Las Lomas y Piedra Parada, definidas por sus sistemas agroforestales, plantaciones de café de sombra y de sol. 1,370 ejemplares fueron medidos, pesados y sexados para determinar las variaciones espaciales y temporales de sus parámetros de crecimiento y reproducción.

Los resultados obtenidos mencionan que las poblaciones de peces que se encuentran en las microcuencas Agua Bendita y El Zapote, caracterizadas por pastizales inducidos la primera; sistemas agroforestales, pastizales inducidos y asentamientos humanos la segunda, presentan modificaciones en el crecimiento saludable durante todo el año. Lo que puede indicar que el manejo en los sistemas de producción podría estar afectando la estabilidad ambiental de estas cuencas. Lo que no ocurre con las poblaciones de peces de la microcuenca Piedra Parada, definida por sistemas agroforestales, plantaciones de café de sombra y sol, y ausencia de asentamientos humanos, la cual presenta una coherencia y sincronía en su crecimiento saludable durante todo el año, lo que puede indicar la estabilidad ambiental de su cuenca.

La reproducción de las poblaciones de peces contenidas en las microcuencas Agua Bendita, Arroyo Seco, Mata Oscura, El Zapote y Las Lomas no presentó un patrón en el tiempo, ya que estuvieron produciendo varias camadas durante todo el año, éste comportamiento puede ser una estrategia que le confiere la ventaja de no arriesgar toda la progenie en un solo evento reproductor en un ambiente de gran inestabilidad. Lo que no ocurre con las poblaciones de peces contenidos en la microcuenca Piedra Parada, los cuales restringen su época reproductiva a los meses de mayo a octubre, temporada que favorece la sobrevivencia y crecimiento de juveniles.

En conclusión, los parámetros de crecimiento y reproducción de las poblaciones de *H. bimaculata* que se encuentran en microcuencas que están cubiertas por

pastizales inducidos, sistemas agroforestales y asentamientos humanos en la RHP-La Antigua carecen de un patrón coherente y sincronizado, por lo tanto esto puede indicar la inestabilidad ambiental de sus cuencas, debido a la falta de un manejo integral o ecológico de la cuenca. Lo que no ocurre con las poblaciones de *H. bimaculata* que se encuentran en microcuencas cubiertas por sistemas agroforestales, plantaciones de café y ausencia de asentamientos humanos, las cuales presentan un patrón coherente y sincronizado de sus estrategias de vida, indicador de la estabilidad ambiental de la cuenca.

En estos días, existen un número elevado de cuencas, como es el caso de la parte alta de la RHP-La Antigua, en las cuales el manejo de sus sistemas de producción ha ido modificando la cantidad y calidad de agua de sus ríos. La mejora de éstos ecosistemas es prioritaria, es necesario un esfuerzo para desarrollar estrategias de gestión integrada ligadas a su ecología, como es el caso de este estudio, que le permita a gestores y a la comunidad en general conocer el impacto de los usos de suelo sobre sus sistemas de vida (los ríos) y tratar de proponer sistemas de manejo productivos menos nocivos a la salud de su ambiente. Este nuevo enfoque no sólo permitirá conocer los focos de contaminación, sino estimar la salud de los ecosistemas para rehabilitar la integridad ecológica proponer alternativas para su manejo y conservación bajo la perspectiva integral de cuenca.