

CARACTERIZACION DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES DE LA SUB-CUENCA DEL RIO PENSATIVO

*Claudio Rafael Cabrera Gaillard**

RESUMEN

El presente trabajo es un estudio de los recursos naturales renovables de la sub-cuenca del río Pensativo, a la altura de la Antigua Guatemala. Esta cuenca se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Achiguate, en el altiplano central del país.

El río Pensativo ha causado grandes problemas de inundaciones en la ciudad de Antigua Guatemala desde hace mucho tiempo. Esto plantea la necesidad de estudiar la cuenca por poder identificar las causas del problema y proponer algunos lineamientos a la solución del mismo.

La metodología de estudio se basó en: a) la recabación de la información existente sobre la cuenca; b) el muestreo de los recursos naturales renovables; y c) el análisis e interpretación de la información.

Las conclusiones nos definen dos problemas fundamentales en el riesgo de inundaciones de la ciudad de Antigua Guatemala:

- 1. El elevado riesgo hidrológico, se debe a las características morfométricas de la cuenca y la probabilidad de ocurrencia de lluvias intensas dentro de la misma. Esto hace que se produzcan caudales que difícilmente pueden circular por debajo de los puentes del río a la altura de la ciudad de Antigua Guatemala. Consecuentemente ocurre el desbordamiento del río y la inundación de la ciudad; y*
- 2. El azolvamiento del cauce, aumenta el riesgo de inundación, porque al llenarse de sedimentos reduce la luz de los puentes. El azolvamiento del cauce se debe al uso de la tierra, tipo y tenencia de las unidades productivas en la parte alta, a la desviación del cauce natural del río y a la falta de planificación ambiental en la infraestructura dentro de la cuenca.*

* Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables.

INTRODUCCION:

El mal manejo de los recursos naturales en las partes altas de las cuencas, aumentan los riesgos de las inundaciones en las partes bajas de varios ríos del país. Año con año se producen daños en las partes bajas de las cuencas.

En las cuencas de la vertiente del Pacífico, las cabeceras abarcan parte de la altiplanicie central y occidental del país en donde la estructura agraria contrasta con la capacidad de uso de la tierra, lo que provoca una sobreutilización de los recursos. Esta situación repercute en la erosión, acarreo de sedimentos y el azolvamiento.

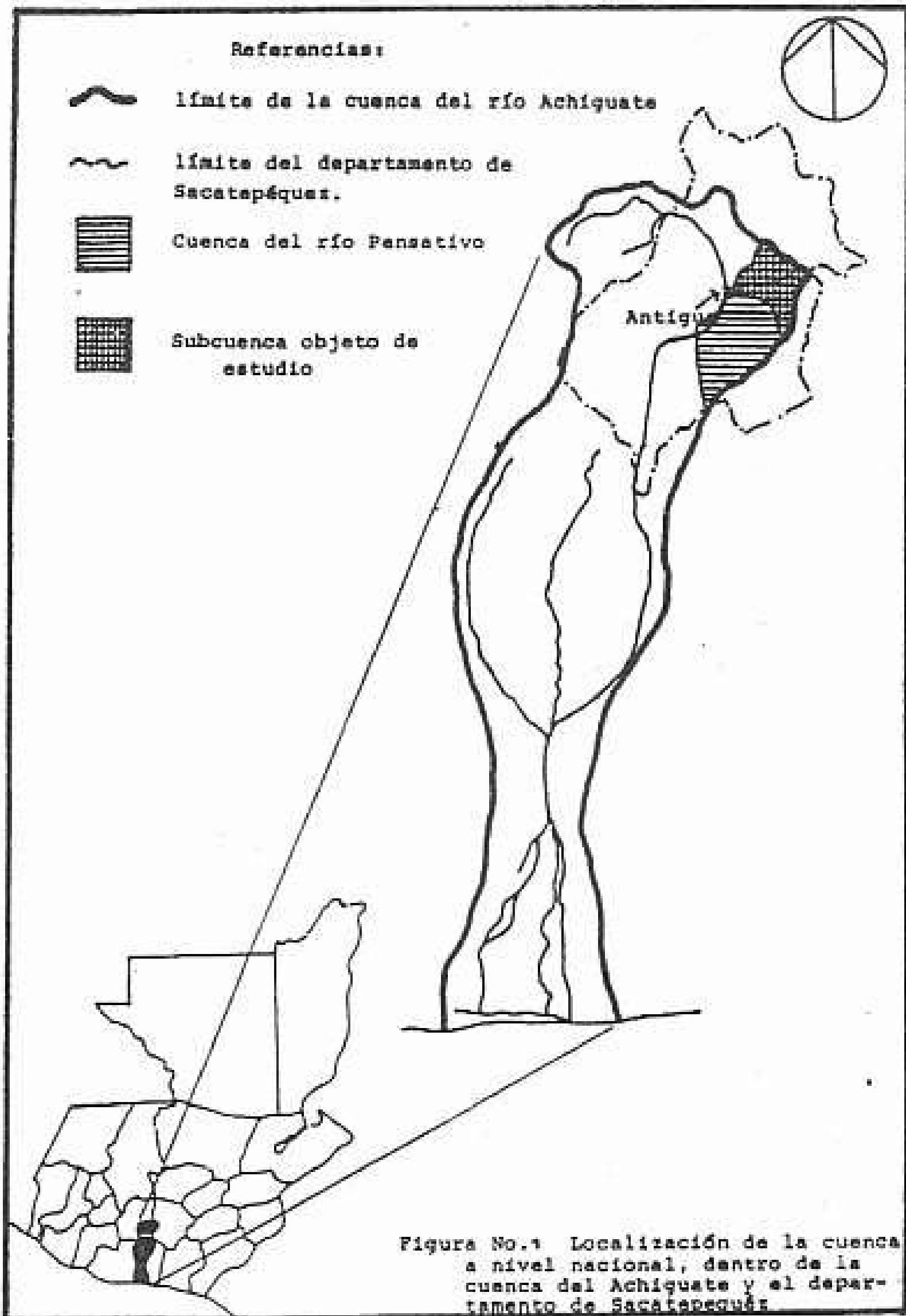
La cuenca del río Achiguate constituye parte de esta realidad y dentro de ella la cuenca del río Pensativo, ubicada en el parteaguas noreste ha causado graves problemas con altos costos económicos.

La cuenca objeto de estudio es parte de la sub-cuenca del río Pensativo. Abarca los drenajes afluentes del río mencionado hasta llegar a la ciudad de Antigua Guatemala (ver figura No. 1). Se encuentra comprendida entre los meridianos $90^{\circ}39'$ a $90^{\circ}44'$ longitud oeste y los paralelos de $14^{\circ}35'$ a $14^{\circ}31'$ de latitud norte. En una altitud que varía de 1530 a 2400 metros sobre el nivel del mar.

Los efectos de las inundaciones los ha padecido la ciudad de Antigua Guatemala. Así se ha creado el problema permanente del dragado del río por parte de la Dirección General de Caminos, la cual extrae, anualmente cerca de $40,000 \text{ m}^3$ de materiales erosionados del cauce del río, a un costo de $Q 1.37/\text{m}^3$, que hacen un total de $Q 55,000.00$ por año, desde 1976.

Para determinar las causas del problema y posteriormente proponer lineamientos de manejo, es necesario conocer como se encuentran los recursos naturales dentro de la cuenca y sus interrelaciones con las comunidades. La metodología llevó tres etapas; la revisión de la información básica existente. El muestreo de los recursos naturales renovables, para completar la información existente y los reconocimientos de campo. Por último se ordenó, analizó e interpretó la información.

El presente trabajo proporciona el estado de los recursos naturales renovables y la base para ordenar el manejo de la cuenca. Lo que puede contribuir a la disminución del riesgo de inundación de la ciudad de Antigua Guatemala y aumentar la calidad de vida de los habitantes tanto de la parte alta como de la parte baja de la cuenca.



MATERIALES Y METODOS:

1. Recabación de información general del área:

La ubicación, delimitación e información cartográfica de la cuenca, se realizó mediante el uso de mapas de drenajes, suelos, zonas de vida, isotermas, isoyetas y otros. Además se utilizó fotografía aérea de la cuenca de los años 1954, 1973 y 1983, a diferentes escalas.

2. Reconocimiento general del área:

Se realizó un caminamiento general dentro de la cuenca en el cual se afinó la información de gabinete.

3. Recurso Agua:

3.1 Recabación de información hidrometeorológica:

a) precipitación: se utilizaron datos de precipitación de ocho estaciones pluviométricas del INSIVUMEH, las que fueron San Joaquín, Retana, Antigua E.E., El Potrero, El Rejón, Pastores y Florencia.

b) Hidrométricos: fueron usados datos de caudal de la estación San Juan Gascón del INSIVUMEH, con solamente dos años de registro.

c) Aguas subterráneas: referencias del Informe Final del Estudio de aguas subterráneas del Valle de Guatemala (5) y de mediciones de pozos por la Sección de Aguas Subterráneas del INSIVUMEH.

3.2 Calidad:

a) Muestreo de agua para contenido de sedimentos: este muestreo se realizó en la época lluviosa en los puntos de confluencia de los afluentes con el río Pensativo. Los muestreos hechos fueron puntuales.

b) Calidad microbiológica: para el efecto, se realizó un muestreo simple en cada uno de los poblados de la parte alta de la cuenca, a excepción de San Miguel Milpas Altas. Las muestras fueron tomadas en los chorros públicos.

4. Estudio del Recurso Suelo:

4.1 Clasificación de suelos:

Se verificó el trabajo realizado por Herrera (1984), para complementar este trabajo se estudiaron, analizaron los datos y clasificaron dos pedones que presentaron características de suelos singulares a nivel local.

4.2 Uso de la tierra:

Con la ayuda de fotografía aérea se trabajó el uso de la tierra en los años 1954, 1974 y 1983.

4.3 Muestreo de sedimentos en el cauce:

Con el objeto de estimar datos de cantidad y calidad de las partículas sólidas que descienden de la parte alta, conjuntamente con la pérdida de fertilidad del suelo; se realizó un muestreo compuesto de los sedimentos en la parte baja del río.

5. Estudio de la Vegetación:

Se realizaron muestreos en cada una de las asociaciones vegetales encontradas en la cuenca, con el fin de determinar las especies más importantes. Para la Asociación Climática Bosque Húmedo Montano Bajo Sub-tropical se realizaron 14 parcelas por cada estrato vertical: 14 parcelas de 100 m² para árboles, 14 parcelas de 16 m² para arbustos y 14 parcelas de un metro cuadrado para hierba. Para la Asociación Edáfica Seca se realizaron 9 parcelas de las dimensiones anteriormente mencionadas por estrato.

Para obtener información sobre la utilización del recurso vegetación se realizaron entrevistas con agricultores.

6. Recurso Fauna:

Se realizaron tres entrevistas con los encargados de las municipalidades en tres poblados de la cuenca, además de revisar trabajos realizados sobre fauna en la región.

7. Factores Socio-Económicos:

Para el efecto se revisaron el V Censo de Población y II de Vivienda, un informe integral del municipio de Santa Lucía Milpas Altas realizado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social además se realizaron entrevistas con las autoridades de los poblados.

RESULTADOS

1. Morfometría:

1.1 Dimensiones de la cuenca:

Area:	29,97 Km ²
Perímetro:	27,92 Km.
Largo máximo:	9,15 Km.
Ancho máximo:	9,35 Km.
1.2 Pendiente del cauce:	5,44 o/o
1.3 Forma:	
Factor forma:	0,358
Coefficiente de compacidad:	1,438
Indice de alargamiento:	0,797
Indice de homogeneidad:	0,359
1.3 Elevaciones:	
Nivel base:	1530 m.
Altura máxima:	2400 m.
Altura media:	1928 m.
Mediana de altitud:	2037 m.
Diferencia de altitud:	870 m.
1.4 Pendiente media de la cuenca:	24,7 o/o
1.5 Orientación:	este-oeste.

Todos los valores anteriormente mencionados definen a la cuenca en su forma. Resumiendo podemos decir que se trata de una cuenca que tiende a ser más cuadrada que alargada, que posee una diferencia de altitud bastante considerable y un eficiente sistema de drenaje por lo que cuenta con un tiempo de concentración corto lo que redundará en un alto riesgo de avenidas.

2. Agua:

La precipitación media de la cuenca es de 1062 mm/año, produciendo un volumen de 31,881 m³ por año. Los meses de mayor precipitación son julio y septiembre. La época en que se distribuyen las lluvias es de mayo hasta octubre.

La evapotranspiración estimada por el método de Turc es de 725 mm/año. Siendo el volumen evapotranspirado de 21,825,000 m³ por año, lo cual corresponde al 68 o/o del total de agua precipitada en la cuenca (ver figura No. 2).

La figura 3, muestra la curva de duración y clasificación de caudales, los cuales tienen una variación de 1,2 a 530 l/s, lo que indica una ocurrencia de caudales bastante variable. Esto se confirma al ver la pendiente general de la curva que define un régimen variable.

El caudal máximo estimado por el método racional para una lluvia de una hora de duración, puede producir caudales de más de $100 \text{ m}^3/\text{s}$.

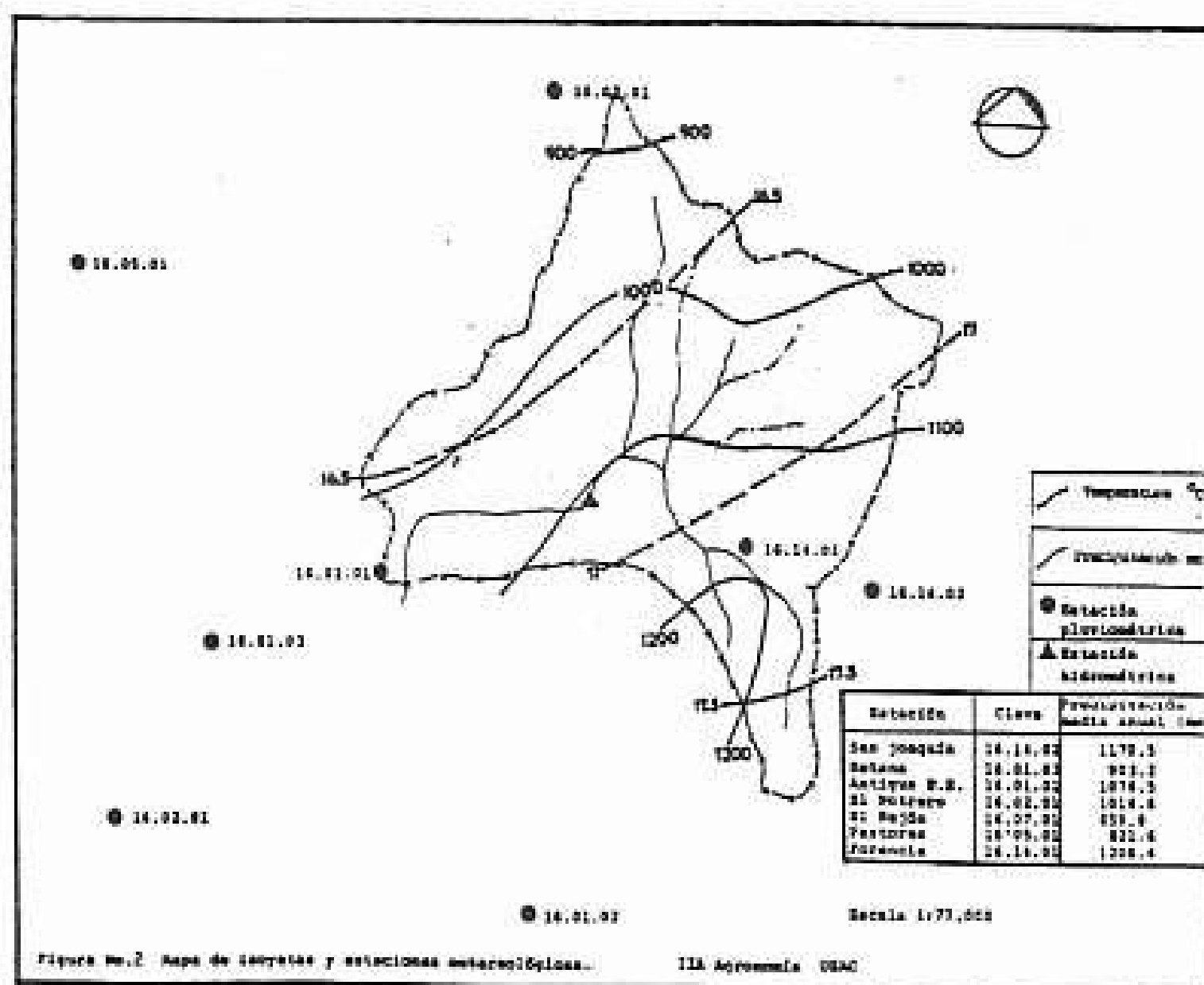
En la figura 4 se encuentra un hidrograma sintético adimensional para el río Pensativo. El caudal máximo estimado es de $40.9 \text{ m}^3/\text{seg.}$, el cual se da 1.54 hr. a partir del inicio de la lluvia.

En lo que se refiere a aguas subterráneas podemos encontrar dentro de la cuenca dos acuíferos; en la parte media en terrenos con pendientes menores al 12 o/o en Santo Tomás Milpas Altas y en el Valle de la Antigua Guatemala, el cual es de mayor extensión.

La utilización del agua en la cuenca suma un volumen anual de $5,423,561 \text{ m}^3$. Utilizando la Antigua Guatemala el 96 o/o del total, Magdalena el 2 o/o y los demás poblados el 2 o/o restante.

Los muestreos de agua para los análisis químicos muestran que ninguno de los afluentes tienen peligro de salinidad y sodicidad, lo que los clasifica como C_1S_1 . Estas aguas pueden ser utilizadas para riego sin ninguna restricción a nivel químico.

La calidad del agua utilizada de los poblados de la parte alta de la cuenca, a excepción de San Miguel Milpas Altas es mala para el 66 o/o de los poblados. Es decir que el 60 o/o de la población utiliza agua contaminada con *Escherichia coli*.



3. Recurso Suelo:

3.1 Génesis:

Toda el área se encuentra en suelos desarrollados sobre materiales fluvio-volcánicos recientes a elevaciones medias a excepción de San Mateo Milpas Altas. Esta zona conjuntamente con Santa Lucía Milpas Altas, son suelos desarrollados sobre materiales fluvio-volcánicos a elevaciones medias, formados por abanicos aluviales traslapados, de material arrojado por los volcanes en época relativamente reciente. Los suelos son jóvenes, profundos y fértiles, su textura va de franco a franco-arcillosa, pH ácido y de profundidad variable.

3.2 Características y clasificación de suelos:

Según Herrera (6), la provincia fisiográfica en donde se encuentra toda la cuenca de estudio, es tierras altas volcánicas, la cual abarca dos grandes paisajes: Montañas altas de Sumpango-Milpas Altas y Valle de Panchoy.

3.2.1 Montañas altas Sumpango-Milpas Altas:

a) Colinas bajas erosionadas:

Esta unidad ocupa la mayor área, 18.3 Km² posee relieves accidentados y representa el 61 o/o del área total de la cuenca. Se divide en dos sectores: a.1) Astillero comunal, que ocupa 1.75 Km², con relieves escarpados, material original ceniza volcánica. Presenta un perfil A, Bw, C, clasificados taxonómicamente como TYPIC USTROPEPTS. Por sus fuertes pendientes están clasificados en cuanto a su capacidad de uso como VII; a.2) La finca La Chacra y el Cabrejo, ocupa un área de 16.6 Km², esta unidad se puede definir como un complejo en donde existen dos consociaciones diferentes: ENTIC EUTRANDEPTS y LITHIC USTORTHENTS. Los Entic Eutrandepts son suelos con horizonte superficial Ap, labrado, seguido de un AC, y después un horizonte Cm constituido por fragipan. Clasificados por su capacidad de uso como VIe. Los Lithic Ustorthents son suelos poco profundos de más o menos 20 cm. de espesor, con horizontes con contacto lítico, Ac. Originado de roca basáltica como material parental. Se han incluido por su capacidad de uso como VII.

b) Altiplanicie de Milpas Altas:

Esta unidad ocupa relieves con pendientes suaves con bajo y mediano riesgo de erosión. Posee un área de 1.7 Km² (5.6 o/o). Taxonómicamente clasificado como TYPIC EUTRANDEPTS. Presenta un perfil tipo A, Bw, C. Por su capacidad de uso se le reconoce como II.

c) Terrazas altas erosionadas:

Posee una extensión de 24,7 o/o del área total de la cuenca (7.4 Km²). Suelos originados a partir de ceniza volcánica con perfil A, BW, C. Taxonómica-

mente clasificado como TYPIC AUTRANDEPTS. Por su capacidad de uso se les clasifica como IIIe.

3.2.2 Valle de Panchoy:

a) Abanico del río Pensativo.

Esta unidad se encuentra en la parte baja de la cuenca y abarca 1.4 Km² (4.7 o/o). Son suelos con pendientes suaves. Presentan un perfil A, Bw, C, con un horizonte supervicial mólico y un B cámbico. Taxonómicamente clasificados como MOLLIC VITRANDEPTS. Están clasificados por su capacidad de uso como clase II.

3.3 Uso de la tierra:

Utilizando fotografía aérea de diferentes años se hizo un análisis del uso de la tierra en 1954, 1973 y 1983. Como datos relevantes tenemos que de 1954 a 1973 la cubierta forestal aumentó en un 3.7 o/o del área total, esto debido a que en los años de 1955-1956 fueron reforestadas alrededor de 270 ha. de algunos poblados dentro de la cuenca, producto de un acuerdo gubernativo del 7 de marzo de 1955. De 1973 a 1983 la cubierta forestal disminuyó un 2.8 o/o. Actualmente la cuenca posee alrededor de 61 o/o con bosque.

Parte del área es utilizada con hortalizas de clima frío y maíz y/o frijol, específicamente la altiplanicie de Santo Tomás Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas, ocupando un área de 4.6 Km².

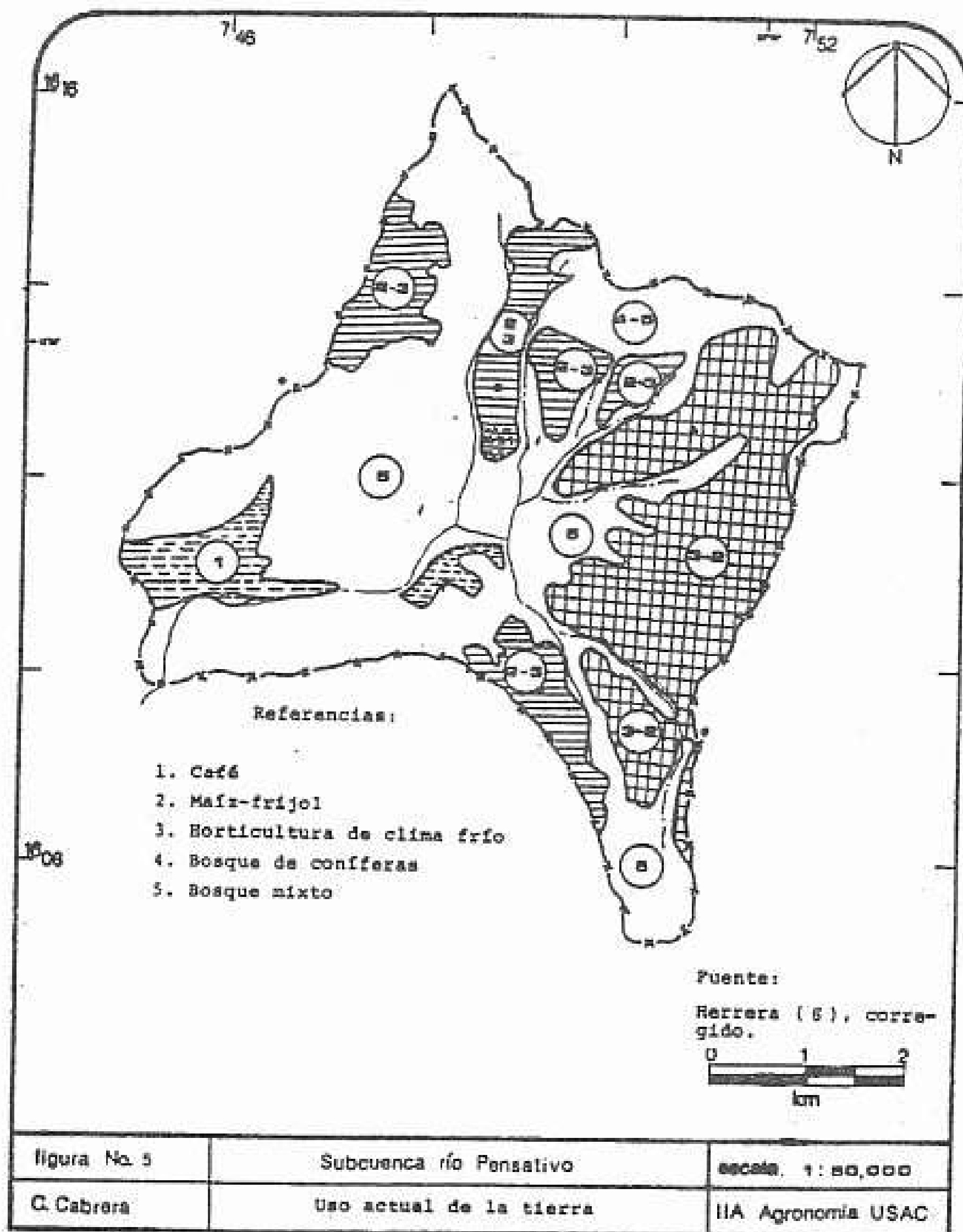
En el Hato, San Mateo Milpas Altas y San Miguel Milpas Altas, tiene prioridad el cultivo de maíz y frijol sobre las hortalizas de clima frío.

En la parte baja, la utilización es exclusiva de café, estos cultivos representan dentro de la cuenca un 4.7 o/o (1.4 Km²). (Ver figura No. 5).

3.4 Sedimentos:

La sedimentación en el cauce del río es uno de los principales problemas en la inundación de la parte baja de la cuenca. La desviación del cauce del río que anteriormente pasaba por la ciudad de Antigua Guatemala, determinó que se aumentara la distancia de confluencia con el río Guacalate, y se disminuyera la pendiente. Esto dió las condiciones óptimas para la formación de un desarenador, el cual se desarrolló desde la finca La Chacra hasta la unión con el río Guacalate.

Utilizando el Índice de Fournier propuesto por el CIDIAT (1), la cuenca posee una degradación específica de 64,000 TM por año, lo que significa una degradación de 2,100/TM/Km²/año.



Se estima que la cantidad de sedimentos que se acumulan año con año en el cauce del río es de 40,000 m³.

En un día lluvioso el río Pensativo aumenta su contenido de sedimentos de 5.143 gr/l a 12.6 gr./l.

El contenido de fósforo disponible en las unidades de suelos estudiadas en la parte alta no fue mayor de 4.6 ppm, mientras que este mismo elemento en los sedimentos del cauce llegó a ser 15.7 ppm.

El problema de los sedimentos es fundamental en las inundaciones de la ciudad de Antigua Guatemala, ya que la acumulación de los mismos en el cauce del río, reduce la luz de los puentes que cruzan la carretera de ingreso a la ciudad, lo que aumenta el riesgo de inundaciones, la resolución del problema en su esencia, consiste en mantener los suelos en donde cumplen su función de productores de bienes para los habitantes de las comunidades de la parte alta de la cuenca.

4. Recurso Vegetación:

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge, toda la cuenca se encuentra en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo Sub-tropical. En los primeros muestreos de vegetación fueron determinadas dos diferentes asociaciones vegetales dentro de la cuenca: Asociación climática Bosque húmedo montano bajo sub-tropical y una Asociación Edáfica Seca. Esta última se refiere a una comunidad vegetal establecida en suelo azonal o intrazonal (7). Las áreas ocupadas por cada comunidad vegetal se encuentran ubicadas en la figura 6.

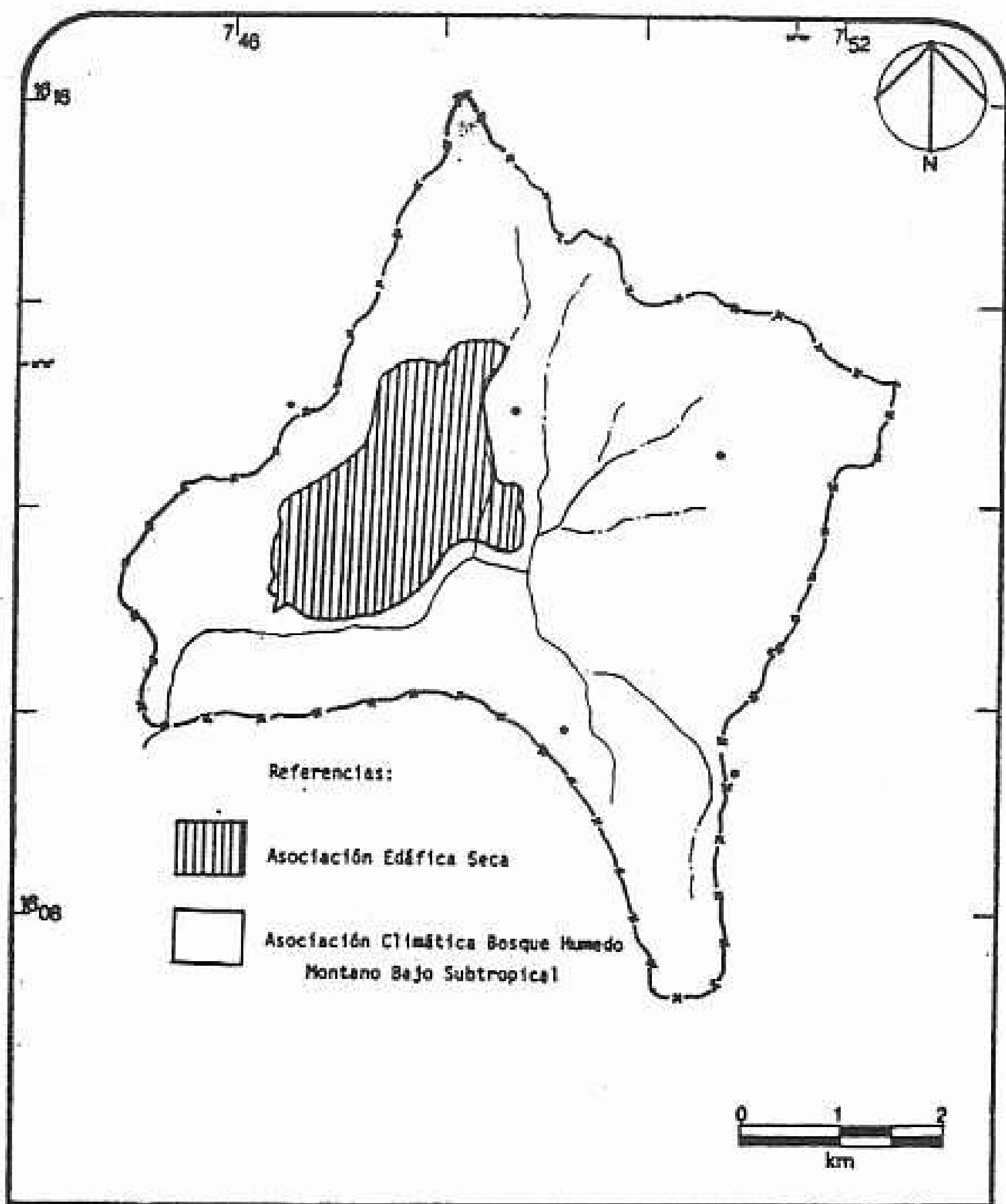
4.1 Asociación Climática (bh - MB):

En el estrato arbóreo las especies más importantes son: *Quercus brachystachys* Benth., *Q. tristis* Leibm., y *Q. pedunculares* Neé, acumulando estas tres especies el 88 o/o de los valores de importancia del estrato mencionado.

En el estrato arbustivo como más importantes están: *Senecio petasioides* Grenm, *Calliandria* sp., *Oreopanax xalapensis* HBK. y *Mimosa albida* var. *floribundia* (Willd.) Robinson.

Las especies dominantes en el estrato herbáceo son: *Adiantum* sp., *Pteridium aquilinum* (L) Kuhn, y *Oplismenus brumannii* (Retz.) Beauv.

Esta asociación vegetal ocupa el 36.4 o/o del área total de la cuenca (10.9 Km²) y el 72 o/o del área ocupada por bosques.



Referencias:


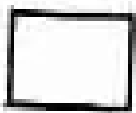
-  Asociación Edáfica Seca
-  Asociación Climática Bosque Humedo Montano Bajo Subtropical

Figura No. 5	Subcuenca río Pensativo	escala 1: 50,000
C. Cabrera	Asociaciones vegetales	IIA Agronomía USAC

4.2 Asociación Edáfica Seca:

Las especies más importantes en esta asociación en el estrato arbóreo y arbustivo son: *Agave* sp., *Bursera simaruba* (L), *Croton* sp. y *Lysiloma auritum* (Schlecht.) Benth.

En el estrato herbáceo las especies dominantes son: una planta de la familia Compositae, *Oplismenus burmannii* (Retz.) Beauv., *Agave* sp. y *Adiantum* sp.

La utilización de la flora en esta región ha sido principalmente para la obtención de leña, especialmente las especies del género *Quercus* spp. Estas especies son utilizadas en mayor grado debido a su alto valor calorífico. También se utilizan para leña: pino, ciprés, ilamo y duraznillo.

5. Factores Socio-Económicos:

El total de habitantes que viven en la parte alta y media de la cuenca suman 10,554. Siendo un 50,2 o/o hombres y un 49,8 o/o mujeres. Hay un número de 7,901 habitantes indígenas y 3,719 analfabetas. Los pueblos más importantes en cuanto a número de habitantes son: Santa Lucía Milpas Altas, Santo Tomás Milpas Altas y Magdalena Milpas Altas.

En lo que se refiere a energía para consumo y específicamente para cocinar, según Martínez (1982), en Guatemala un 97 o/o de la población utiliza leña para cocinar. Esto implicaría un consumo anual de leña dentro de la cuenca de 18,426 m³; estimando que cada guatemalteco consume un promedio de 1,8 m³/año de leña (9).

La infraestructura vial suma un total de 29,2 Km., distribuidos así: caminos afirmados sólidos de dos o más vías 19,3 Km., caminos de revestimiento suelto o ligero 6,4 Km., y caminos transitables en tiempo bueno o seco 3,5 Km.

La cantidad de infraestructura, 8 poblados, dos carreteras asfaltadas de dos vías, varios caminos vecinales, varias veredas y aproximadamente 2,000 viviendas hacen que el área de infiltración de la cuenca disminuya considerablemente y aumente el riesgo de grandes avenidas.

En lo que se refiere a salud se puede afirmar de que hay un descuido a nivel institucional. Ya que dentro de la cuenca solamente existen tres puestos de salud, lo cual es imposible que puedan atender a 10,554 habitantes.

El medio de trabajo de una gran parte de la población que habita la cuenca es la agricultura. Produciendo en orden de importancia: granos básicos, hortalizas, flores y frutas.

Un 91 o/o de los agricultores dentro de la cuenca son propietarios de sus terrenos lo que deberá tomarse en cuenta para la planificación del uso de la tierra.

El tamaño de las parcelas en un 50 o/o poseen una manzana(*) o menos y el 36 o/o de las unidades poseen una a cinco manzanas. El porcentaje restante de las unidades poseen más de cinco manzanas. La tenencia de la tierra es el factor más importante en el uso de los recursos naturales renovables, determina el tipo de agricultura y la intensidad de la utilización del recurso suelo. En este caso el principal problema es el uso del suelo con vocación forestal para uso agrícola.

Actualmente el problema de la tierra es grave ya que la relación tierras agrícolas por familia es de 4 cuerdas (0.45 ha.) pero debemos aclarar que se está incluyendo a las grandes unidades que pertenecen a una sola familia, que son pocas pero ocupan áreas representativas dentro de la cuenca.

Las áreas críticas se definieron integrando varios aspectos como lo fueron: la pendiente de los suelos, el número de habitantes en las comunidades y las micro-cuencas. Dentro de las áreas críticas están: a) en la parte norte de la cuenca específicamente en San Mateo Milpas Altas; b) en la parte sur en un sector de San Miguel Milpas Altas; y c) en los taludes de las dos carreteras principales. Estas áreas se pueden clasificar con prioridad de manejo.

CONCLUSIONES:

1. Los valores morfométricos indican que la cuenca estudiada tiende a ser más redonda que elíptica. Esto aunado a la diferencia de altitud (870 m.), la pendiente media (24.7 o/o) y el sistema de la red de drenaje (centrípeto) dá como resultado un corto tiempo de concentración (0.9 hr.) y un alto riesgo de crecidas.
2. La precipitación media dentro de la cuenca es de 1062 mm/año. Esta cantidad de lluvia puede producir una amplia variabilidad de caudales en el río Pensativo, que va de 1.7 a 530 l/seg. Cuando se calcularon los caudales máximos por medio del método racional, se estimó que puede haber caudales máximos de más de 40 m³/seg.
3. La amplia variación de los caudales se debe a que la alteración de la cobertura vegetal dentro de la cuenca ha producido una alteración en el ciclo hidrológico. Lo que ha influido principalmente en la capacidad de retención de humedad y de infiltración de los suelos, no habiendo una regulación normal del agua de escorrentía a través del tiempo.

* 1 Manzana = 6,987 m. = 0.7 ha.

4. El río Pensativo funciona como drenaje únicamente cuando hay exceso de precipitación, la cual no puede ser retenida totalmente por el suelo y sale de la cuenca como agua de escorrentía. Este drenaje dura muy poco tiempo después de la ocurrencia del evento lluvioso.
5. Los suelos encontrados en la cuenca según la taxonomía de suelos son: Entic Eutrandepts, Typic Eutrandepts, Mollic Vitrandepts, Lithic Ustorthents y Typic Ustropepts los cuales poseen las siguientes características:
 - a) Los suelos Typic Eutrandepts ocupan el 31.5 o/o del área total de la cuenca y Mollic Vitrandepts que abarcan el 4.9 o/o poseen mediana fertilidad natural, buena infiltración y bajo escurrimiento superficial. Se utilizan para hortalizas, cultivos intensivos y café.
 - b) Los suelos Typic Ustropepts son 6.1 o/o del área de la cuenca Entic Eutrandepts y Lithic Ustorthents que conjuntamente abarcan 17.3 Km², es decir, 57.5 o/o del área. Se caracterizan por encontrarse en áreas con mayores pendientes. Un alto porcentaje de estas áreas se encuentran con cobertura forestal pero tienen la limitante de poseer poca profundidad y un material rocoso impermeable. Esto influye en un alto escurrimiento superficial y subsuperficial que contribuye a las crecidas.
 - c) Además existen suelos Typic Eutrandepts y Entic Eutrandepts en áreas con altas pendientes dentro de la cuenca que son utilizadas para cultivos limpios. Debido a su alto riesgo de erosión contribuyen al aporte de sedimentos.
6. En lo que se refiere a vegetación se puede concluir que la asociación climática Bosque Húmedo Montano Bajo Sub-tropical, ocupa 10.92 Km² y las especies dominantes son: *Quercus brachystachys* Benth, *Q. tristis* Leibm., y *Q. peduncularis* Neé. en el estrato arbóreo; *Senecio petasioides* Greenm., *Calliandra* sp., *Oreopanax xalapensis* HBK. y *Mimosa albida* var. *floribundia* (Willd) Robinson en el estrato arbustivo; y *Adiantum* sp., *Pteridium aquilinum* (L.) y *Oplismenus burmannii* (Retz.) Beauv. en el estrato herbáceo.
7. La Asociación Edáfica Seca ocupa 4.3 Km², las especies más importantes son: *Agave* sp., *Bursera simaruba* (L), *Croton* sp., *Lysiloma auritum* (Schlecht.) Benth. y *Quercus brachystachys* Benth. en el estrato arbustivo y arbóreo; y *Tithonia tubaeriformis* (Jacq.) Cass., una compuesta, *Oplismenus burmannii* (Retz.) Beauv., *Agave* sp. y *Adiantum* sp.
8. El riesgo de inundaciones de la ciudad de Antigua Guatemala depende de dos factores:
 - a) El riesgo hidrológico. El cual depende de la probabilidad de ocurrencia de un evento lluvioso y del tiempo de concentración de la cuenca, el cual está definido por sus características de forma. Para esta cuenca, una lluvia de 2 hr. con una probabilidad de ocurrencia anual puede

producir caudales máximos de 40,9 m³/seg. Como es obvio, dicho caudal difícilmente puede circular por la luz de cualquiera de los puentes que cruzan el río a la altura de la ciudad de Antigua Guatemala. Lo que provoca el desbordamiento del río y la inundación de la ciudad.

- b) El azolvamiento del cauce. El riesgo de inundación aumenta a llenarse de sedimentos el cauce del río y disminuir la luz de los puentes. Esto a su vez se debe a varios factores:
- b.1 El uso de la tierra. Dado en un 19 o/o del área de la cuenca en suelos mal utilizados con alta susceptibilidad a la erosión debido principalmente a: a) cultivos limpios e intenso laboreo; y b) las características de los suelos relacionadas con las fuertes pendientes, textura gruesa y bajo o ningún grado de estructuración.
 - b.2 La tenencia y el tipo de unidades productivas. Esto ha dado como consecuencia el inadecuado uso de los recursos dentro de la cuenca, ya que con el objeto de habilitar más tierras para cultivos agrícolas se amplía la frontera agrícola a expensas de las áreas boscosas.
 - b.3 La desviación del cauce natural del río. Este tramo es particularmente susceptible a la deposición de sedimentos debido principalmente a la disminución de la capacidad de carga de la corriente.
 - b.4 La falta de planificación ambiental de la infraestructura. a) los taludes y drenajes de las carreteras y caminos vecinales; b) el proyecto Xayá Pixcayá contribuyen con el aporte de sedimentos al río; y c) la infraestructura vial y el número de viviendas provocan una disminución del área de infiltración y un aumento del agua de escorrentía.

BIBLIOGRAFIA:

1. CENTRO DE DESARROLLO INTEGRAL DE AGUAS Y TIERRAS, Instructivo para el diagnóstico conservacionista de cuencas. Perú, 1980. 61 p.
2. CRUZ, J. DE LA. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel reconocimiento. Guatemala, Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1982. 42 p.
3. GUATEMALA. INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. Río Achiguate; Estudio morfométrico de cuencas. Guatemala, 1976. Esc. 1:75,000 2 h. Color.
4. _____ INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. Hoja cartográfica ciudad Guatemala (20591). Guatemala, 1982. Esc. 1:50,000. Color.
5. _____ INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Informe final del estudio de aguas subterráneas en el valle de Guatemala, Guatemala, 1978. 303 p.

6. HERRERA, I.R. Levantamiento semidetallado de los suelos de la cuenca del río Achiguate (Fase I). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1984. 199 p.
7. HOLDRIDGE, L. Ecología basada en zonas de vida. Trad. por Humberto Jiménez. San José, Costa Rica, IICA, 1982. 216 p.
8. MARTINEZ, H. Estudio sobre la leña en hogares, pequeña industria y distribuciones de Guatemala. Turrialba, Costa Rica, CATIE, 1982. 70 p.
9. _____ y HERRERA, R. El proyecto de leña en Guatemala. In "Curso corto Silvicultura para producción de leña". Amatitlán, Guatemala, CATIE-INAFOR, 1985. 34 p.