

6.8 Hogares y recursos para cocinar

La importancia de tener presente este aspecto, viene dado porque es común en las áreas rurales el uso de la leña como fuente energética para cocinar. Y el hecho es de que utilizar leña para cocinar conlleva en muchos casos un proceso de deforestación que resulta un factor de riesgo en la calidad del agua debido a que la deforestación deja desnudo el suelo facilitando procesos erosivos que sedimentan las aguas.

En la Figura 15 puede observarse que el principal recurso utilizado para cocinar, tanto en el municipio de San Pedro Necta como de Santiago Chimaltenango, es la leña, siendo utilizado en el 95 % de los hogares que cocinan.

Se observa también que un porcentaje mucho menor utiliza el gas propano correspondiendo a un 3.8 % de los hogares para el municipio de San Pedro Necta y un 2.3 % de los hogares en el municipio de Santiago Chimaltenango.

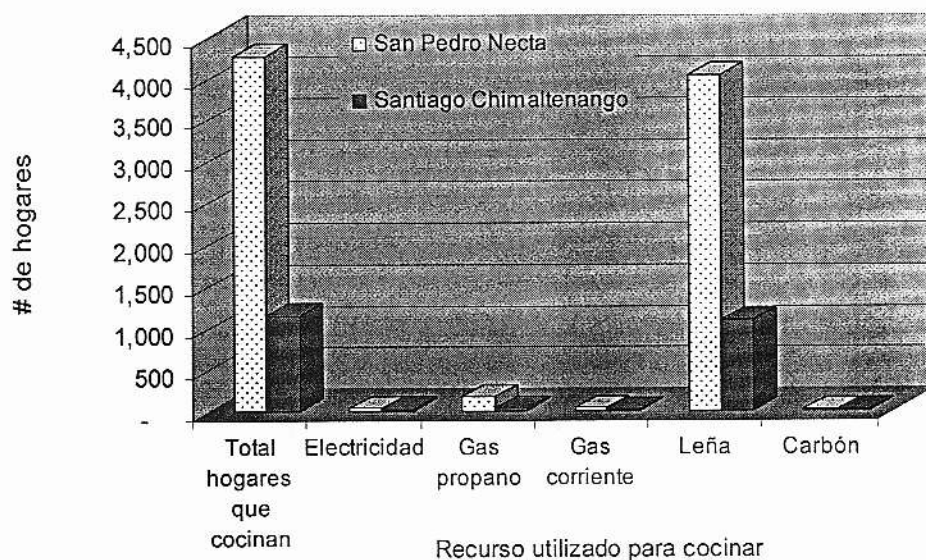


Figura 15. Recursos utilizados para cocinar en los hogares de los municipios de San Pedro Necta y Santiago Chimaltenango, Huehuetenango

6.9 Situación de las viviendas de la microcuenca del río San Pedro respecto a los servicios de agua y servicios sanitarios en el año 2004

Puede verse que en el año 2004 se reportaban un total de 2,100 viviendas en toda la microcuenca del río San Pedro. De este total de viviendas, el 87 % (1,828 viviendas) contaban con el servicio de agua. Puede verse también que solo en la cabecera municipal de San Pedro Necta y en una comunidad rural se contaba con servicios de cloración del agua.

Respecto al servicio de letrinas, puede verse en el Cuadro 8 que el 89.2 % (1,873 viviendas) contaban con servicio de letrina. Vale decir que en el caso de la cabecera municipal, este servicio de letrinas es variado desde sistemas de excusado lavable, fosas sépticas y letrinas de hoyo y que una gran parte está conectado a la red de drenaje.

De manera que un 13 % de las viviendas de la microcuenca no cuentan con servicio de agua y un 10.8 % de las viviendas no cuentan con letrinas para la disposición de excretas humanas.

Con respecto al bloque de 17 comunidades que habitan la microcuenca del río San Pedro (incluyendo la cabecera municipal), en todas existen abastecimiento de agua para lo cual se han establecido 19 sistemas distintos, 5 de los cuales están instalados en la cabecera municipal. Además existe una comunidad donde no existe sistema de abastecimiento de agua.

Respecto a la garantía del agua para consumo humano, solo tres sistemas cuentan con el servicio de cloración cuya función principal es la potabilización del agua. En ninguno de los sistemas puede hablarse de sistemas de agua potable. Dos de los sistemas de cloración están instalados en la cabecera municipal y solo una comunidad rural cuenta con este tipo de sistema de desinfección del agua.

Cuadro 8. Situación del agua y las letrinas en las viviendas de las comunidades de la microcuenca del río San Pedro Necta

Comunidad	Viviendas Totales	Viviendas con agua	Viviendas sin agua	Viviendas con letrinas	Viviendas sin letrinas	# sistemas de agua	# sistemas con cloración
Área urbana (incluye San Pedro, Santo Domingo, El Llano, El Ranchol)	789	764	25	892	44	5	2
La Pinada	147	116	31				
Siete Cerros	54	44	10	90	17	1	
Vista Hermosa La Laguna	9	9		9	0	1	
El Tzalay	69	52	17	52	17	1	
La Laguna	115	69	46	103	12	1	
Los Alisos	133	114	19	108	2	1	
Chinacual	86	81	5	81	5	1	
Nimá	172	117	55	147	25	1	
Xöxal	5		5		5	0	
Tapix	46	46		13	33	1	
Guachipilín	108	108		102	6	1	
Tepán	31	31	0	20	11	1	
Los Coles	164	121	43	123	41	1	
Buena Vista Los Coles	57	50	7	46	11	1	
Niyá, SPN	83	81	2	69	14	1	1
Niyá, SCh	32	25	7	18	14	1	
Total	2,100	1,828	272	1873	257	19	3

Fuente: elaborado con base en datos del informe técnico de salud ambiental del Hospital Nacional de San Pedro Necta, 2004.

6.10 Las enfermedades asociadas al agua en la microcuenca del río San Pedro

De acuerdo con datos reportados por CEIBA (2001), las enfermedades asociadas al agua en el municipio de San Pedro Necta (amebiasis, parasitismo intestinal y síndromes diarreicos) ocuparon el segundo, tercero y quinto lugar, respectivamente, sumando 1,027 casos entre las diez primeras causas de consulta médica, lo que para un total de 4,579 casos de consulta, constituyó el 22.4 %.

De acuerdo a los registros del Hospital Nacional de San Pedro Necta, hasta julio de 2004 se llevaban reportados un total de 234 casos de enfermedades asociadas al agua en niños menores de 13 años (Cuadro 9). Puede observarse que las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) representaban el 50.8 % del total de casos.

Cuadro 9. Número de casos reportados en 2004 de enfermedades asociadas al agua en personas < 13 años.

No.	Morbilidad	Cantidad	Porcentaje
		casos	(%)
1	Amebiasis	9	3.8
2	Diarrea	7	3.0
3	EDA	118	50.4
4	EDA viral	1	0.4
5	Giardiasis	1	0.4
6	Parasitismo	6	2.6
7	Parasitismo intestinal	15	6.4
8	SDA	74	31.6
9	Sepsis estafilococo	1	0.4
10	Shigelosis	2	0.9
Total		234	100.0

Fuente: archivo del Hospital Nacional de San Pedro Necta.

Puesto que estas enfermedades están asociadas también a las lluvias que van facilitando contaminación de las fuentes de agua, es posible que los casos aumentaran en los demás meses de la época de lluvias.

7. ASPECTOS BIOFÍSICOS

7.1 Clima

Desde el punto de vista climático, por la posición orográfica y fisiográfica de la microcuenca en estudio y de acuerdo a las condiciones macroclimáticas y al sistema Thornthwaite se define el clima para la microcuenca como: templado con invierno benigno, húmedo con invierno seco (B2 b' Bi) (MAGA, 2000).

Con base en la información climatológica del período 1990-2003 de la estación meteorológica San Pedro Necta (INSIVUMEH, 2004), la cual está ubicada en la microcuenca del río San Pedro, ubicada en el punto georeferencial latitud 15° 29' 43" y longitud 91° 45' 48" a una altitud de 1700 msnm, el clima de la microcuenca presenta las siguientes características:

7.1.1 Temperatura

En la Figura 16 se muestra el comportamiento de la temperatura media a lo largo del año, y se comparan los años con mayor y menor temperatura y la temperatura media en el período 1990-2003.

Para el período, la temperatura media anual fue de 19.6 °C. El año que registró la menor temperatura media fue 2003 con 19.1 °C, en tanto que para el año de mayor temperatura media fue 1998 con 20.4 °C.

Del Cuadro 14, se observa que la mayor temperatura máxima promedio en el período se alcanza en abril con 28.1° C y la menor temperatura máxima promedio ocurre en el mes de diciembre con 22.6° C. Con relación a la mayor temperatura mínima promedio, ésta se alcanza en mayo con 14.9 °C, en tanto que la menor temperatura mínima promedio se da en los meses de enero y febrero con 11.0 °C.

En cuanto a la temperatura máxima absoluta, se tiene que en el período 1990-2003 esta alcanzó hasta 38° C, en tanto que la temperatura mínima absoluta del período fue de 5.9 °C.

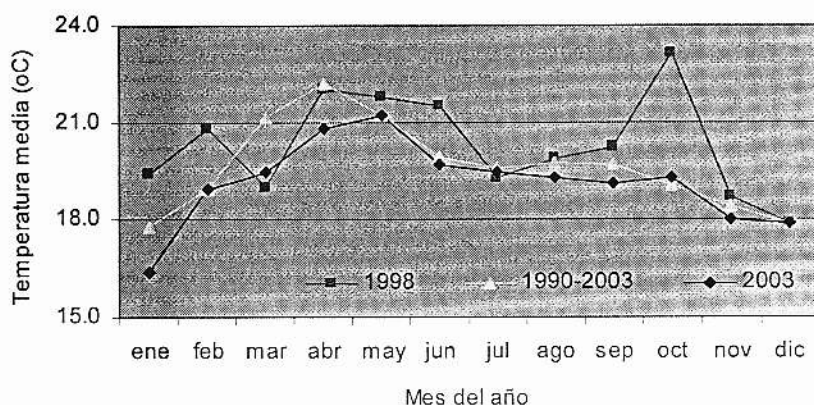


Figura 16. Comparación de los años con mayor y menor temperatura media en el período 1990-2003 según la Estación Metereológica San Pedro Necta

7.1.2 Precipitación

La precipitación anual promedio para el período 1990-2003 es de 1,534.6 mm. El mes reportado con mayor cantidad de precipitación es el mes de septiembre con 311.1 mm, y el mes con menor precipitación es febrero con 7.6 mm. La precipitación pluvial esta distribuida en dos épocas bien definidas: La época “lluviosa” comprende los meses de mayo a octubre y la época “seca” comprende de los meses de noviembre al mes de abril, como puede apreciarse en la Figura 17, la cual muestra el comportamiento de las lluvias a lo largo del año, comparando los años con mayor y menor precipitación, y la precipitación promedio de un período de 14 años (1990 a 2003).

De acuerdo a la Figura 17, puede verse que la época de lluvias se va cerrando en octubre-noviembre, desaparece prácticamente en los meses de diciembre a marzo, y da inicio nuevamente en el mes de abril. La época de lluvias alcanza un pico en el mes de julio y tiende a bajar levemente en el mes de agosto, aunque en septiembre vuelve a incrementarse definiendo a este mes como el de mayor precipitación. Se observa como desciende la precipitación en octubre-noviembre.

El promedio anual de días de lluvia es 149, variando de 2 días de lluvia en los meses de enero, febrero y marzo, hasta 26 días de lluvia en el mes de septiembre.

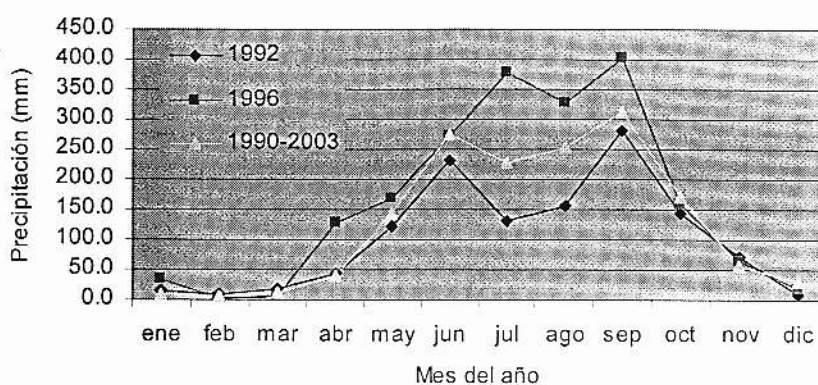


Figura 17. Comparación de los años con mayor y menor precipitación en el período 1990-2003 según la Estación Meteorológica San Pedro Necta

7.1.3 Evapotranspiración potencial

De acuerdo con los datos de la estación meteorológica San Pedro Necta (INSIVUMEH, 2004), la cual mide la evaporación por el método de Piché, la evapotranspiración potencial promedio del período 1990-2003 es de 63.8 mm mensuales variando de 32.2 mm en el mes de septiembre a 114.4 mm en el mes de marzo.

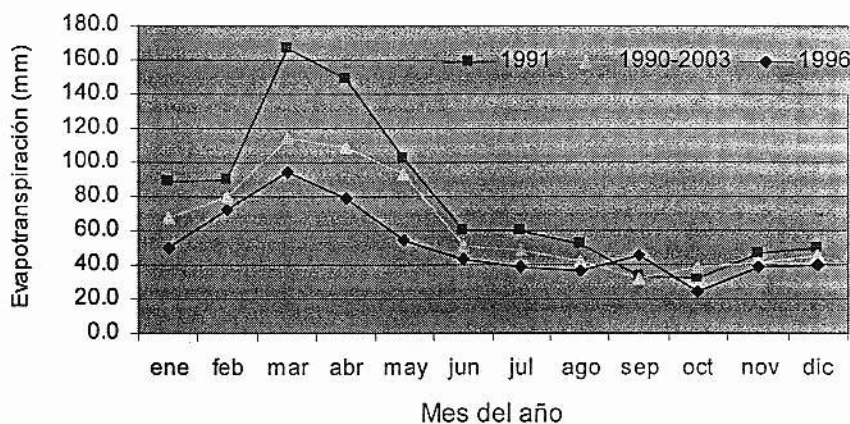


Figura 18. Comparación de los años con mayor y menor evapotranspiración en el período 1990-2003 según la Estación Meteorológica San Pedro Necta

La Figura 18 compara los años de mayor y menor evapotranspiración potencial, y la evapotranspiración potencial promedio para el período 1990-2003. Se observa una gran variación en la evapotranspiración potencial durante los meses de marzo, abril inclusive mayo, en tanto que los meses de junio a diciembre tienden a ser uniformes.

7.1.4 Balance gráfico de la precipitación y la evapotranspiración potencial

La Figura 19, ilustra el balance mensual promedio de la precipitación y la evapotranspiración potencial en el período 1990-2003.

Se observa que de diciembre a abril (cinco meses) es mucho mayor la evapotranspiración potencial a la precipitación, en tanto que de mayo a octubre (seis meses) es mucho mayor la precipitación a la evapotranspiración potencial. El análisis del período muestra que en el mes de noviembre la precipitación es prácticamente igual a la evapotranspiración potencial.

Esto explica el hecho de que la actividad de siembra de uno de los cultivos principales de la microcuenca para la seguridad alimentaria, el maíz, se realice en el mes de mayo. Y que las personas con capacidad de introducir riego, aunque sea en muy pequeña escala, establezcan cultivos de hortalizas durante los meses de diciembre a abril.

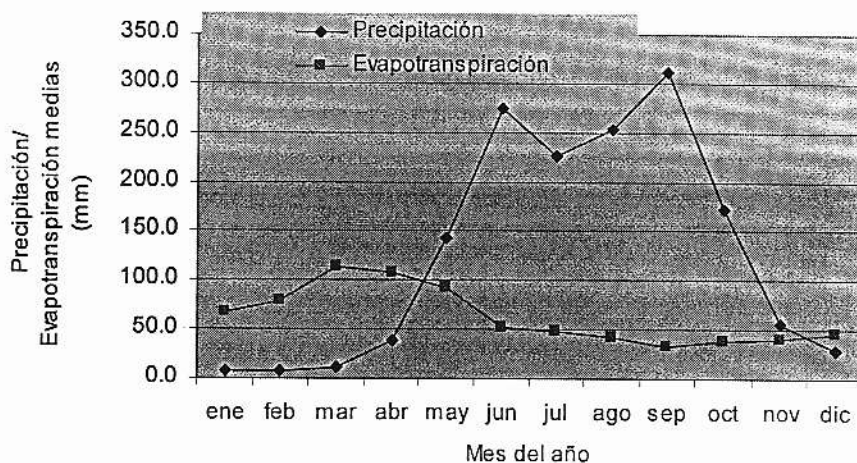


Figura 19. Precipitación y evapotranspiración medias para el período 1990-2003, según la Estación Meteorológica San Pedro Necta

7.1.5 Humedad ambiental y el viento

La humedad ambiental anual promedio para el período 1990-1993, es de 71% misma que varía de 57 a 80 % a lo largo del año. En cuanto al viento, su velocidad promedio en el periodo 1990-2003 fue de 3 Km/h aunque a lo largo del año varía entre 3 a 4 Km/h, en tanto que su dirección mantuvo una tendencia hacia el norte y noreste.

7.2 Zona de vida

Según De La Cruz, J. (1982), basado en la clasificación de Holdridge, dos zonas de vida están presentes en la microcuenca (Figura 20). Las mismas se describen a continuación.

7.2.1 Bosque húmedo Subtropical (Templado)

Esta zona de vida se encuentra representada por el símbolo bh-S(t) y ocupa el 6.8 % de la microcuenca.

Localización y Extensión: esta zona de vida es la mas extensa en la microcuenca, localizándose en los valles, en la parte media y en la parte baja.

Condiciones Climáticas: el período en que las lluvias son más frecuentes corresponden a los meses de mayo a octubre, variando en intensidad según la situación orográfica que ocupan las áreas de la zona. La precipitación oscila de 1,100 a 1,349 mm como promedio total anual, la biotemperatura media anual para esta zona, varía entre 20 °C y 26 °C. La relación de evapotranspiración potencial es alrededor de 1.0.

Topografía y Vegetación: Los terrenos correspondientes a esta zona de vida son de relieve ondulado, a accidentado y escarpado. La elevación varía de los 1,100 m.s.n.m., hasta los 1,700 m.s.n.m.

La vegetación natural esta constituida especialmente por: *Pinus oocarpa*, *Curatella americana*, *Quercus* sp. *Byrsonimia crassifolia*, que son las especies indicadoras de esta zona.

Consideraciones generales sobre su uso apropiado: El uso apropiado para estos terrenos es netamente de manejo forestal pues la especie que predomina es el *Pinus oocarpa*. Donde los suelos son muy pobres

predomina el *Quercus* sp., por lo que estos suelos deben ser cuidadosamente manejados pues la topografía es escarpada y el uso deberá de ser de protección propiamente.

7.2.2 Bosque Húmedo Montano Bajo sub-tropical

Esta zona de vida se representa con el símbolo bh – MB, y ocupa el 93.2 % de la microcuenca.

Localización y extensión: esta zona de vida se encuentra en las partes altas (parte aguas) de la microcuenca.

Condiciones climáticas: la precipitación media anual varía de 1,600 mm a 1,900 mm con una variación de temperatura media anual de 16°C a 19°C, estimándose una relación de evapotranspiración de 0.75.

Topografía y Vegetación: en la microcuenca, esta zona de vida se caracteriza por áreas accidentadas, las que en mayor porcentaje están cubiertas por vegetación. La elevación varía de 1,700 msnm hasta 2,800 msnm.

Las especies vegetales indicadoras de esta zona de vida son: encino o roble (*Quercus* sp.), pino triste (*Pinus pseudoestrobis*), pino macho (*Pinus montezumae*), cicop (*Juniperus comitana*) aliso ó ilamo (*Alnus jurullensis*), duraznillo (*Ostrya* sp.), palomar o mezché (*Carpinus* sp.) cerezo ó capulin (*Prunus capulli*), madrón de tierra fría (*Arbutus xalapensis*). Las condiciones climáticas propias de esta zona de vida, permiten el crecimiento de asociaciones como Pinus-Quercus-Arbutus ó Pinus-Quercus-Alnus.

Consideraciones generales sobre su uso apropiado: el uso apropiado para esta zona es agro-forestal, en las zonas templadas se pueden cultivar frutales como: Durazno, pera, manzana, y aguacate. Los terrenos accidentados se deben utilizar para el mantenimiento del bosque para consumo local ya que las existencias son limitadas por la densidad de la población.

7.3 Hidrología y red de drenaje

7.3.1 Ubicación de microcuenca

Las microcuenca del río San Pedro forma parte de la cuenca del río Selegua (ver Figura 21). Es de naturaleza influente directa en el río Selegua. La microcuenca ocupa una superficie relativamente pequeña siendo ésta de 34.2 Km².

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 PROGRAMA DE POSTGRADO
 MAESTRÍA EN CIENCIAS DE MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA
 CON ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACION Y MANEJO
 DEL RECURSO HIDRICO EN AGRONOMIA

LEYENDA

TIERRAS ALTAS SEDIMENTARIAS

	Ha	%
 Bosque húmedo Montano Bajo Subtropical	3190.94	93.23
 Bosque húmedo Subtropical (templado)	231.51	6.76
 Límite de microcuenca		



*Proyección Universal Transversal Mercator
 Elipsoide WGS-84 Zona 15
 Datum WGS-84
 Distancia Horizontal y Vertical de Cuadrícula: 1000 m.*

TIERRAS ALT

-  Bosque hún
 Bosque hún
 Límite de m



Pr

Distanc

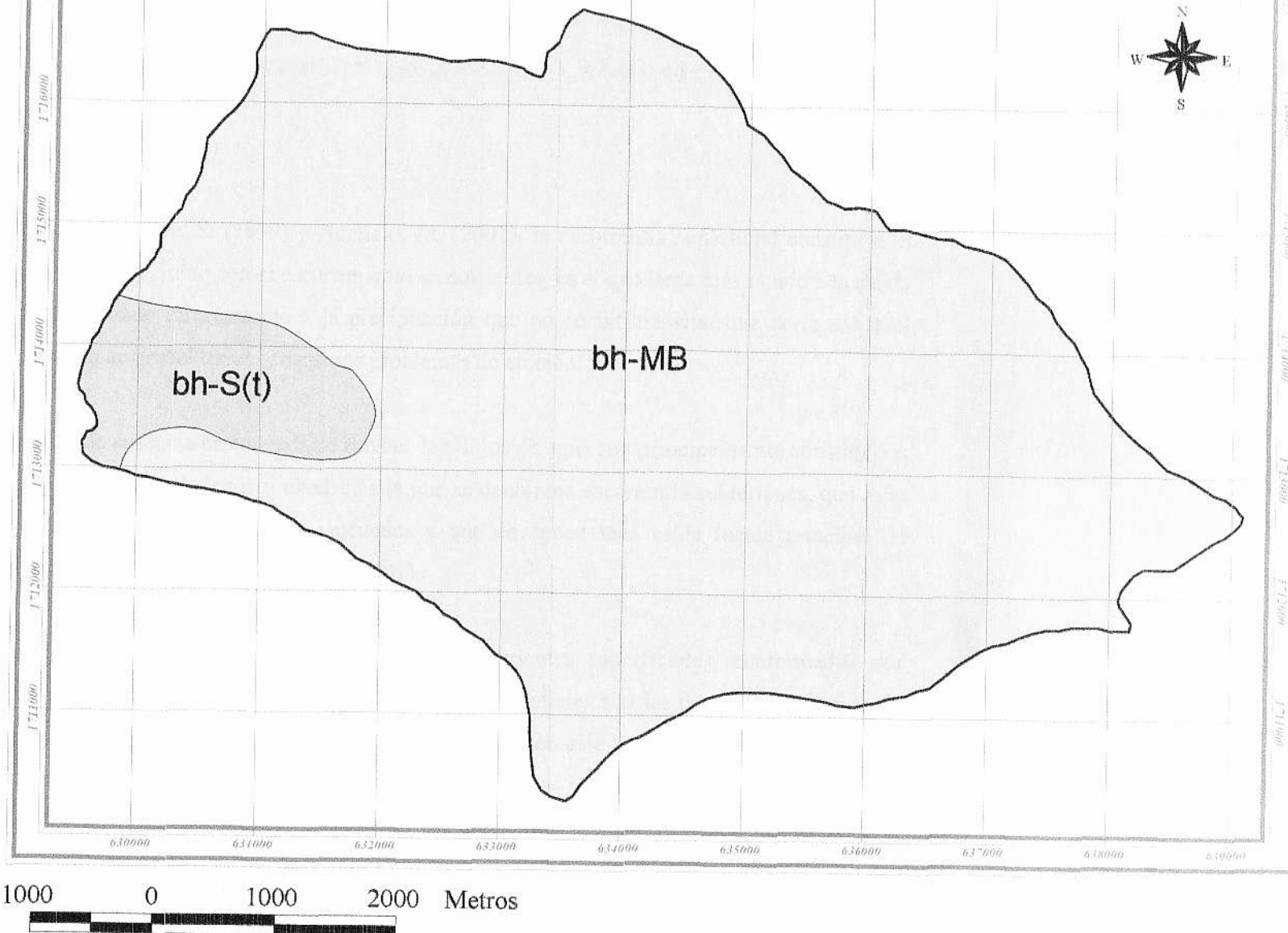


Figura No. 20. MAPA DE ZONAS DE VIDA, MICROCUENCA DEL RÍO SAN PEDRO, CUENCA DEL RÍO SELEGUA, HUEHUETENANGO, GUATEMALA.

En la microcuenca del río San Pedro, las corrientes hídricas presentan un drenaje superficial del tipo subdendrítico paralelo y subparalelo. La corriente principal es el río San Pedro, el cual se forma de la unión de los ríos Niyá y Chinacual. Teniendo como un tributario importante también al río Nimá.

7.3.2 *Orden de corrientes*

La microcuenca del río San Pedro es de orden 3, existiendo 6 corrientes de orden 2 (río Niyá, río Chinacual y río Nimá y 3 arroyos) y un sinnúmero de corrientes de orden 1. Las corrientes de orden 1 son de tipo efímero, en tanto que las corrientes de orden 2, al igual que el orden 3, son de tipo permanentes.

7.3.3 *Escorrentía superficial*

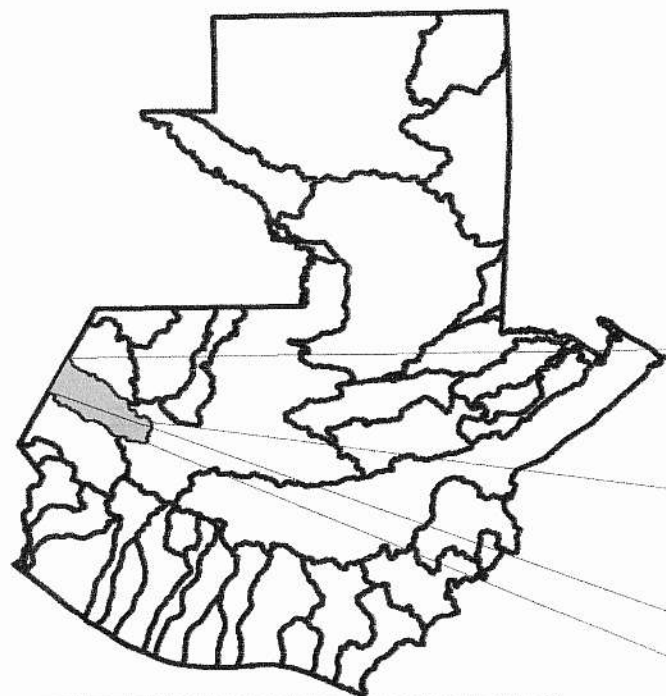
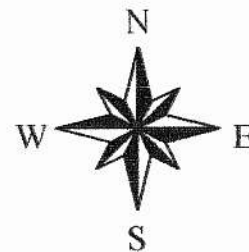
De acuerdo con Monsalve, S. (1999) y Aparicio, M. (2001), la escorrentía superficial constituye el flujo de agua sobre el terreno y, junto con el escurrimiento en corrientes, es el que llega más rápido a la salida de la cuenca. Está relacionado directamente a la precipitación que no se infiltra sino que corre sobre el terreno y, en función del manejo del terreno, ocasiona problemas de erosión.

En época seca, o de ausencia prolongada de lluvias, los flujos de agua son principalmente constituidos por los ríos, sin embargo, el flujo de los ríos obedece a lo que se denomina escorrentía subterránea, que es la precipitación que infiltra y percola a estratos profundos y que en época seca es la fuente principal de alimentación de la corriente de los ríos (Aparicio, M. 2001).

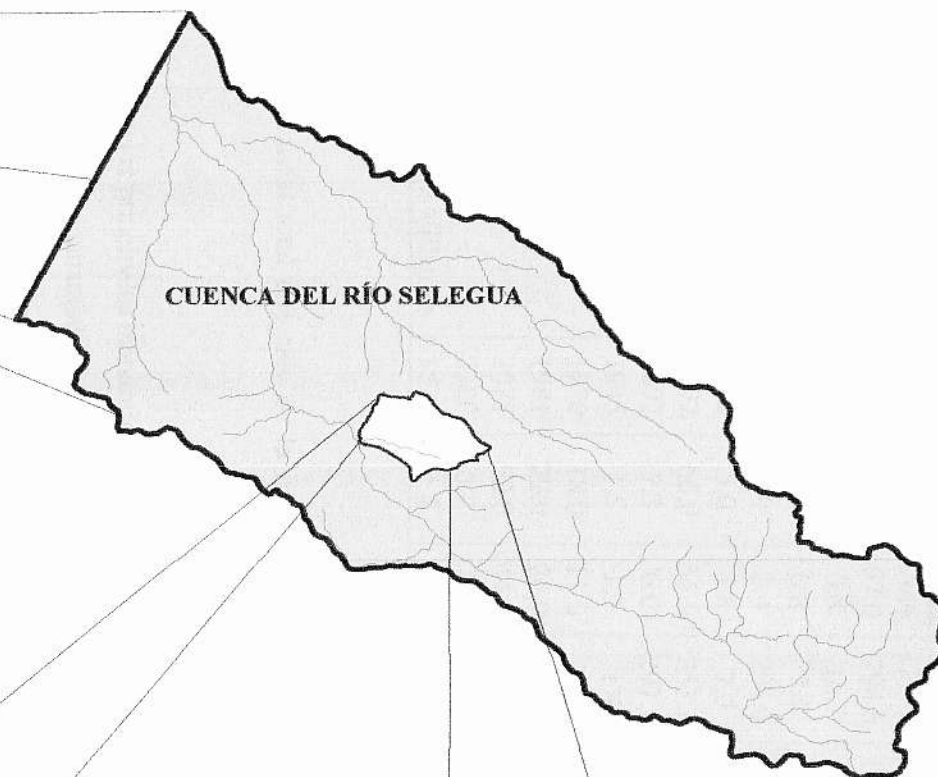
En el Cuadro 10 se muestran los caudales de trece corrientes superficiales, conformados por manantiales, arroyos y ríos que fluyen en la microcuenca. Los manantiales son las descargas superficiales de las aguas subterráneas, los arroyos son corrientes superficiales que en este trabajo se han definido como aquellas corrientes superficiales con caudales menores a 2 L/s y los ríos aquellos que presentan un caudal mayor. Los aforos en función de las características de las corrientes, se han realizado por el método volumétrico o bien por el método de sección-velocidad.

Puede observarse que los menores caudales corresponden al mes de abril, y habrá que señalar que en 2004, las lluvias iniciaron la segunda semana del mes de mayo.

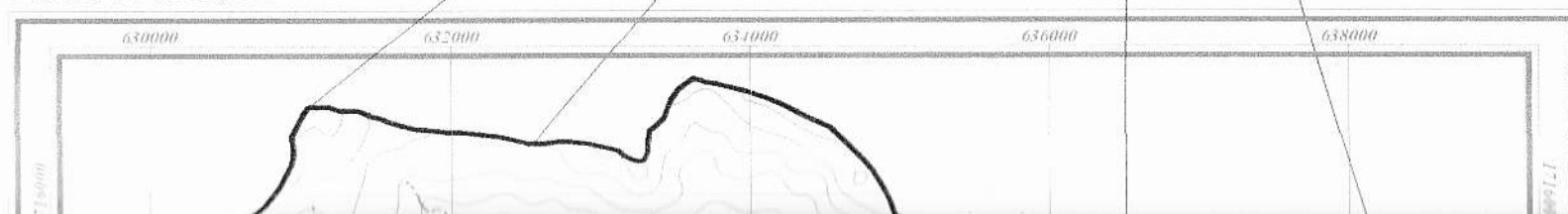
El flujo base de la microcuenca en su punto de aforo, es de 70.4 L/s.



MAPA DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS
DE LA REPÚBLICA DE GUATEMALA



ESCALA 1:50,000



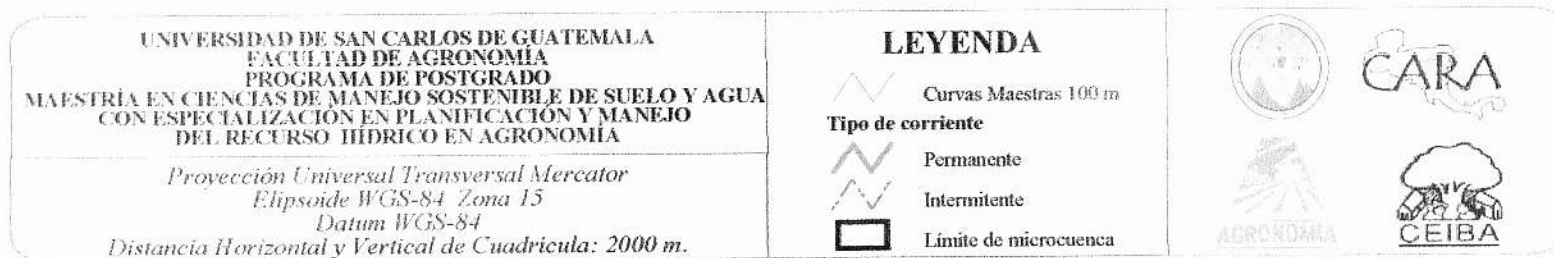
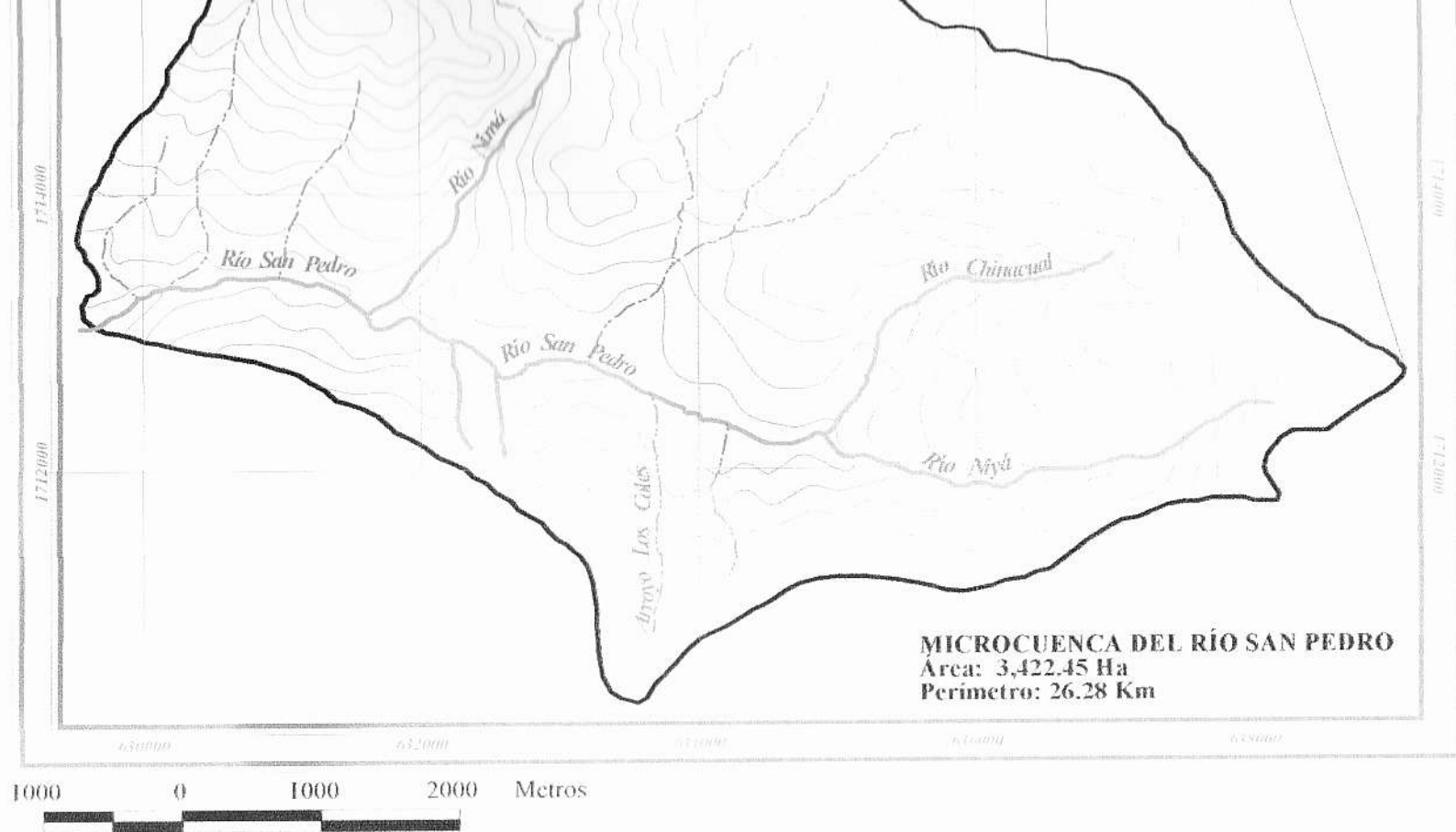


Fig. 21. MAPA DE RED HIDROLÓGICA Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA MICROCUECNA DEL RÍO SAN PEDRO, CUENCA DEL RÍO SELEGUA, HUEHUETENANGO, GUATEMALA.

Cuadro 10. Caudales de 13 sitios de fuentes de agua que escurren en la microcuenca del río San Pedro

Código	Nombre	Altitud msnm	Caudales (L/s)			
			Marzo	Abril	Julio	Oct
1	Río San Pedro (punto de aforo)	1239	164.0	70.4	1279.7	2557.9
2	Río San Pedro, antes de ingresar a cabecera municipal	1560	92.9	67.0	794.6	1733.3
3	Arroyo a la Pinada	1575	0.9	0.8	16.7	15.5
4	Arroyo atrás Biblioteca	1565	0.9	0.8	7.4	41.0
5	Río Nimá	1570	8.0	2.4	294.0	563.0
6	Manantial Marcos Bravo	1600	5.0	3.8	7.0	11.7
7	Río Niyá	1692	66.0	35.0	253.1	850.5
8	Río Chinacual	1692	7.3	6.0	297.1	747.5
9	Manantial Sr. Xemal El Aguacate	1945	1.5	1.3	1.4	4.7
10	Manantial Niyá	1970	18.0	11.0	27.3	41.0
11	Manantial Chinacual	1991	29.0	20.9	87.0	417.0
12	Manantial Nimá	2075	52.0	44.4	180.0	237.3
13	Manantial Belencruz Los Coles	2300	0.7	0.6	0.8	1.4
14	Aguas mieles del beneficio de Café Odilón Villatoro	1572	1.4			

Respecto a la época de lluvias, el caudal total que sale de la microcuenca aumento un 3,633 % respecto a la época de estiaje.

Puede observarse en el Cuadro 10 que los principales manantiales son el Nimá, el Chinacual y el Niyá San Pedro Necta (SPN). La sumatoria de estos tres manantiales suma 76.3 L/s superior al flujo que descarga toda la microcuenca, sin embargo estos son los tres manantiales principales utilizados para abastecer a la población de la microcuenca e inclusive a otras comunidades situadas fuera de la misma.

7.3.4 Aforos diferenciales

De acuerdo con Orozco, E. *et. al.* (2003), los aforos diferenciales son útiles para saber si una corriente superficial está alimentando el acuífero o bien está siendo alimentado por él. Para ello, es preciso seleccionar tramos relativamente pequeños sobre la longitud del cauce donde se hagan los aforos. Estos tramos deben ser recorridos y reconocidos de manera que a través de observación directa se conozca que no existen otros flujos superficiales alimentando el caudal del río en el tramo o tramos definidos.

Para la microcuenca del río San Pedro, se hicieron aforos diferenciales sobre la corriente principal, en un tramo aproximado de 400 m donde por recorrido se estableció que visualmente no habían entradas superficiales de agua. Los resultados se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Aforos diferenciales en el cauce principal del río San Pedro

No.	Punto de aforo	Lugar	Caudal (L/s)	Balance	Clasificación
1	Río Niyá	25 m antes de la unión con el río Chinacual	35.0	35.0	
2	Río Chinacual	25 m antes de la unión con el río Niyá	6.0	6.0	
1	Río San Pedro 1	Sumatoria (río Niyá + río Chinacual)	41.0		
2	Río San Pedro 2	50 m después de la unión ríos Niyá y Chinacual	43.0	2.0	Efluente
3	Río San Pedro 3	150 m del punto de aforo 1.	41.9	-1.1	Influente
4	Río San Pedro 4	100 m del punto de aforo 2	42.4	0.5	Efluente
5	Río San Pedro 5	200 m del punto de aforo 3	49.1	6.7	Efluente

El aforo de partida (Río San Pedro 1) se asumió como la sumatoria de los aforos de los río Niyá y Chinacual que originan el río San Pedro. Un aforo realizado 50 m después se observa que el río aumenta su caudal. Dado que la diferencia de caudal es relativamente pequeña (4.8 % del caudal de los ríos iniciales), esto puede interpretarse como un error en la medición de alguno de los ríos iniciales. Aforado 150 m después (río San Pedro 3), se observa que el río se comporta como influente (es decir, alimenta al acuífero), sin embargo en el tramo siguiente (río San Pedro 4) el río se comporta como efluente. Dada las posibilidades de errores en la medición, bien sea personal o del instrumento de medición, puede decirse que del aforo diferencial de partida (río San Pedro 1) al aforo diferencial río San Pedro 4, el río no puede definirse como efluente o influente del acuífero. Es hasta el punto de aforo río San Pedro 5 que se observa claramente el comportamiento efluente del río, es decir que el río se está alimentando del acuífero, esto es en un tramo de 500 m.

7.4 Fisiografía

La microcuenca en estudio, está situada en la región natural clasificada como: “Tierras calizas altas del norte” (MAGA, 2001). A nivel general, esta región comprende las áreas de formaciones sedimentarias clásticas y carbonáticas en las mayores alturas del territorio de Guatemala, aquí se encuentran las tierras calizas que se encuentran en una cota superior a los 600 metros sobre el nivel del mar. (Ver Figura 22)

De acuerdo al mapa fisiográfico-geomorfológico (MAGA, 2001), la microcuenca del río San Pedro se ubica en la provincia fisiográfica Tierras altas sedimentarias y específicamente en la subregion Cordillera de

los Cuchumatanes. A nivel de gran paisaje, en esta microcuenca se localizan la cordillera de los Cuchumatanes, la cual ocupa el 96.5 % de la superficie de la microcuenca; y las montañas y laderas de los Cuchumatanes, la cual ocupa el restante 3.5 % de la superficie.

7.4.1 Gran Paisaje: Montañas y Laderas de los Cuchumatanes

Las rocas más antiguas de esta cordillera son las rocas graníticas pre-pérmicas que afloran en el río Rancho Viejo, al Oeste de San Antonio Huista se encuentran principalmente rocas sedimentarias como carbonatos de las Formaciones Tactic y Chóchal y rocas clásticas como conglomerados, areniscas y lutitas de la Formación Todos Santos. Las rocas que más afloran son las calizas y dolomías de la Formación Ixcoy y, en algunas partes muy específicas, las detríticas carbonatadas de la Formación Sepur.

El origen de la Cordillera es principalmente sedimentario, aunque su núcleo parece ser una parte del batolito de la Sierra Madre del Sur de México. Por lo que la sedimentación de origen marino, de ambiente poco profundo, ocurrió hasta al final del Cretácico; posteriormente, se inició el levantamiento y plegamiento durante el Terciario.

7.4.2 Gran Paisaje: Laderas Degradadas de la Cordillera de los Cuchumatanes

De acuerdo con el mapa fisiográfico geomorfológico (MAGA, 2001) este gran paisaje constituye una franja angosta de 1 a 4 Km de ancho y de varios kilómetros de largo. Sus laderas son de pendientes fuertes (> de 50%), generalmente terminan en el cauce de algún río que separa las partes más altas de las planicies de las partes bajas de la cordillera. En algunas partes, estas laderas corresponden a flancos de pliegues o escarpes de fallas. El origen de esta unidad se debe a la intensa erosión efectuada sobre las rocas sedimentarias de la Cordillera de los Cuchumatanes, hasta dejar expuestas únicamente las capas de roca más resistentes. Los procesos erosivos que se llevaron a cabo en esta unidad, debieron haber empezado desde el Mesozoico por las rocas clásticas del Jurásico de la Formación Todos Santos, pero no fue hasta el Terciario que emergió. La erosión ha continuado modelando esta unidad después de la deposición del Cretácico.

ESCALA 1:50,000

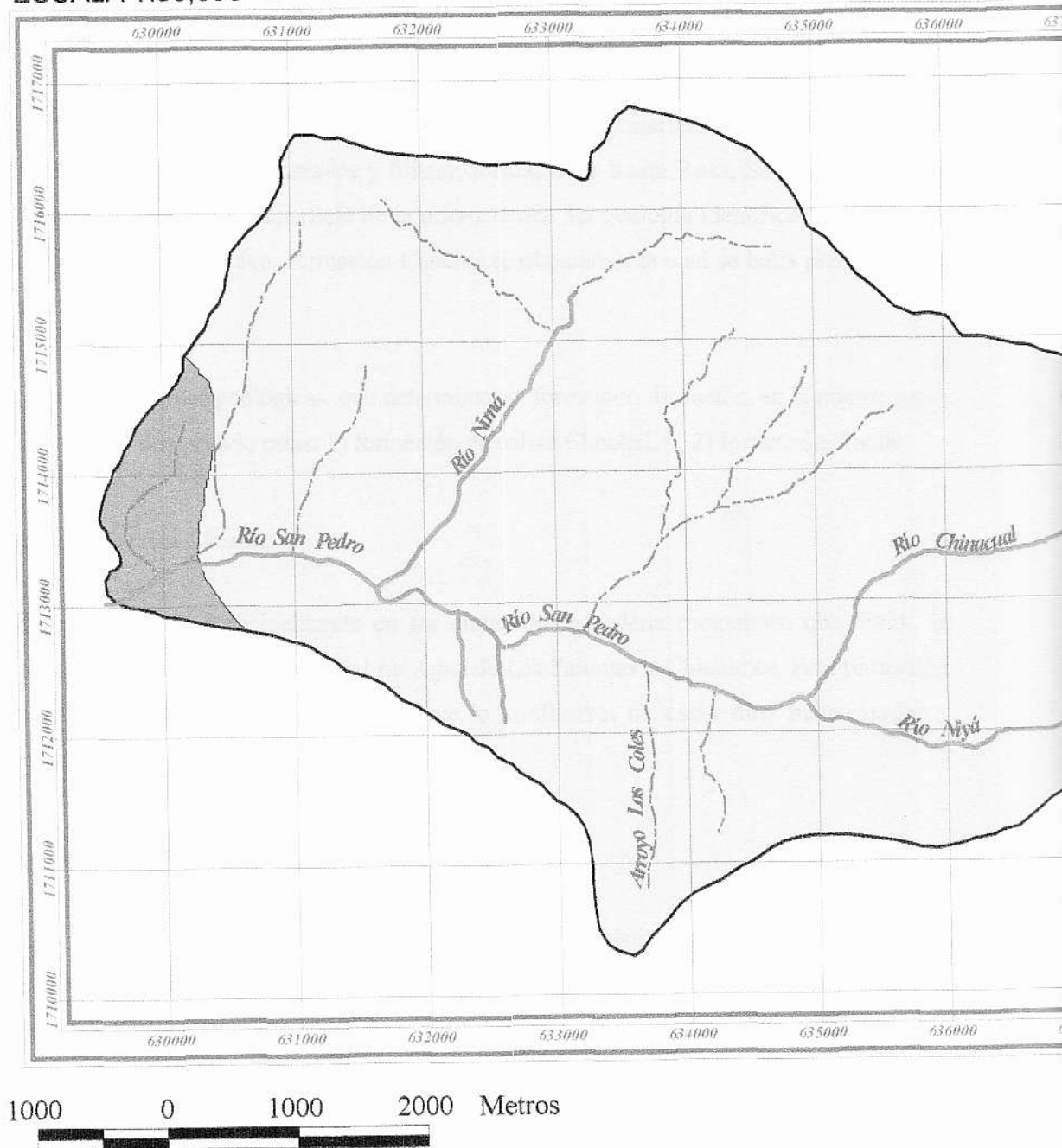
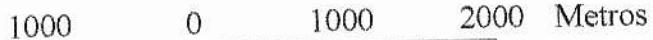
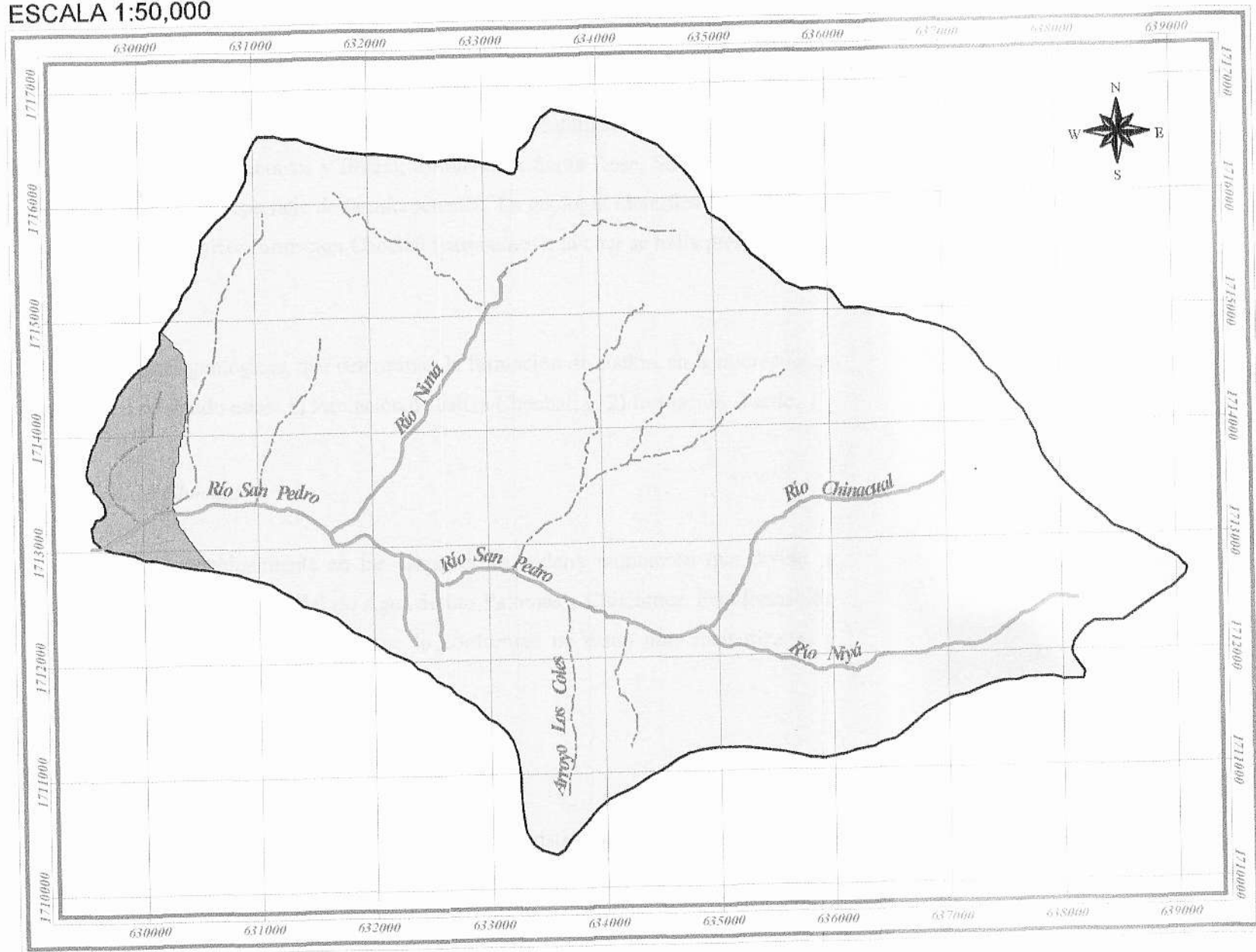


**Figura No. 22. MAPA DE UNIDADES I
CUENCA DEL RÍO SELVA**

1000 0 1000 2000 Metros



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 PROGRAMA DE POSTGRADO
 MAESTRÍA EN CIENCIAS DE MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA
 CON ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN Y MANEJO
 DEL RECURSO HIDRICO EN AGRONOMÍA

LEYENDA

TIERRAS ALTAS SEDIMENTARIAS

	Ha	%
 Laderas Degradadas de la Cordillera de los Cuchumatanes	3301.98	96.48
 Montañas y Laderas de los Cuchumatanes	120.47	3.52
 Límite de microcuenca		



*Proyección Universal Transversal Mercator
 Elipsoide WGS-84 Zona 15
 Datum WGS-84
 Distancia Horizontal y Vertical de Cuadrícula: 1000 m.*

7.5 Geología

De acuerdo con el mapa geológico (Ver Figura 23), el material geológico predominante lo constituyen las rocas sedimentarias. El ambiente de sedimentación es de agua superficial y de arrecife trasero (Herrera Ibáñez, I.). Debido a su origen y proceso de formación se identifican dos tipos geológicos:

La geología identificada como CPsr y descrita como: rocas sedimentarias; carbonífero-pérmico; grupo Santa Rosa (lutitas, areniscas, conglomerados y filitas); formaciones Santa Rosa, Sacapulas, Tactic y Macal; que se localiza en el 65.8 % de la superficie de la microcuenca. La geología identificada como PC y descrita como: rocas sedimentarias; pérmico; formación Chochal (carbonatos); la cual se halla presente en el 34.2 % de la microcuenca.

Con relación a las formaciones geológicas, que determinan la formación de suelos, en la microcuenca del río San Pedro se identifican dos, siendo estas: 1) formación de caliza Chochal; y, 2) formación Tactic.

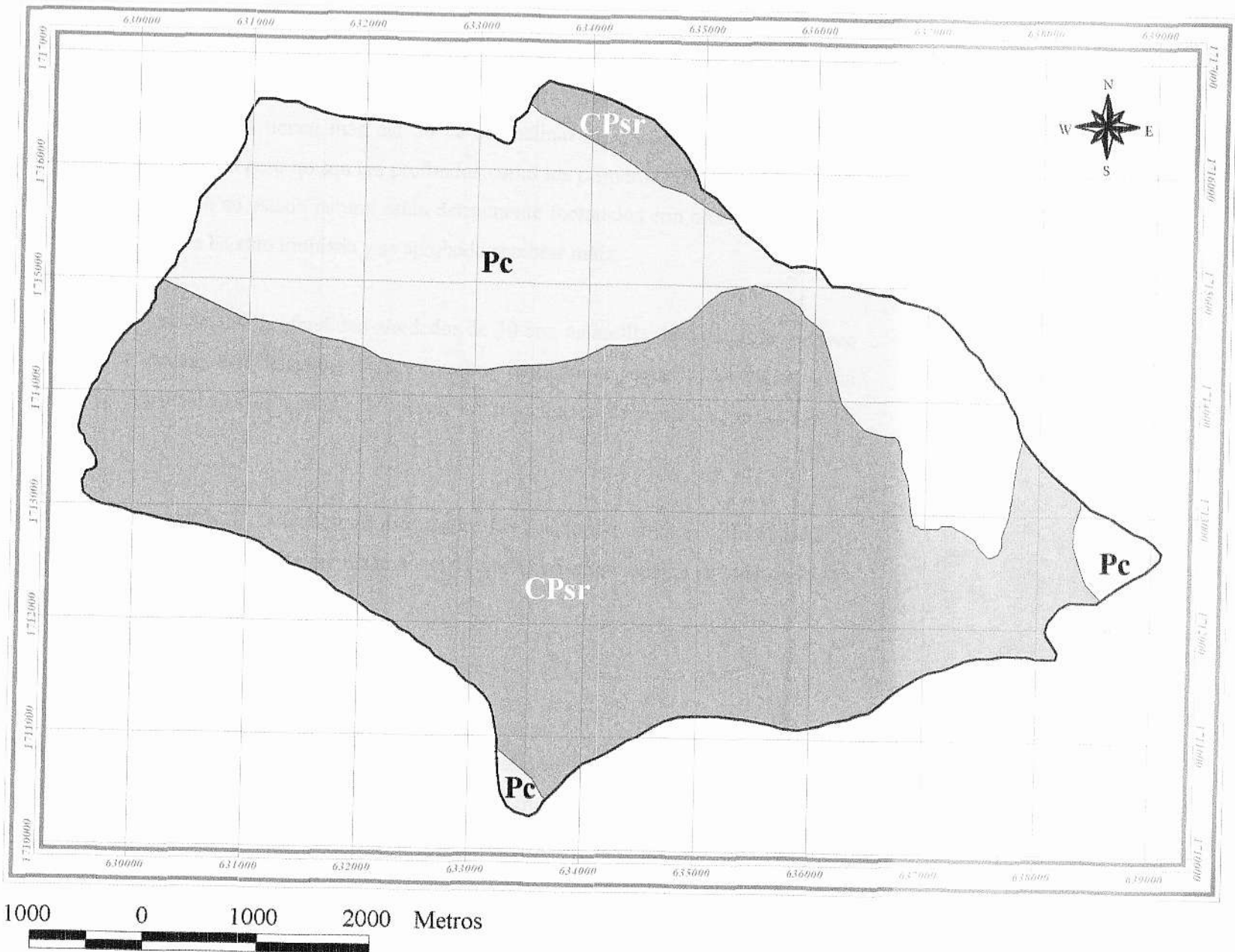
7.5.1 Formación de caliza Chochal

Esta formación está ubicada principalmente en las cimas de la cadena montañosa que divide la microcuenca del río San Pedro y las microcuencas del río Agua de Las Palomas y Chichimez. Esta formación es de origen pérmico y se caracteriza porque las rocas que lo conforman no están muy meteorizadas y físicamente se encuentran en grandes cantidades.

7.5.2 Formación Tactic

Localizada en la parte baja a media de la microcuenca, la característica de esta formación que la diferencia de la formación Chochal es que la roca que la forma está más meteorizada, al punto de que la piedra que la forma es muy suave y se quiebra con facilidad (lutitas) las rocas menos meteorizadas de esta formación forman pizarras. El suelo de esta formación es de más fácil laboreo para la agricultura.

ESCALA 1:50,000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA
CON ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN Y MANEJO
DEL RECURSO HIDRICO EN AGRONOMÍA

LEYENDA

Clase Geológica	Ha	%
 CARBONIFERO - PÉRMICO Grupo Santa Rosa (lutitas, areniscas, conglomerados y filitas). Formaciones Santa Rosa, Sacapulas, Tactic y Macal.	2252.37	65.81
 PÉRMICO Formación Chóchal (carbonatos)	1170.08	34.19
 Límite de microcuenca		



*Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide WGS-84 Zona 15
Datum WGS-84
Distancia Horizontal y Vertical de Cuadrícula: 1000 m.*

7.6 Serie de Suelos

En la microcuenca predomina la serie de suelos Chixoy (Simmons, C., Tarano, J., Pinto, J., 1969) que ocupa el 100 % de la superficie.

Según Simmons, C. (1956), los suelos Chixoy son poco profundos, excesivamente drenados, desarrollados sobre caliza fracturada, con un clima húmedo seco. Ocupan terreno quebrado, inclinado y las pendientes en la mayoría de los lugares tienen más del 50 % de inclinación. Están asociados con y se asemejan a los suelos Calanté y Tamahú pero no son tan profundos como los primeros y no tienen la base de caliza masiva como los segundos. En su estado natural están densamente forestados con árboles deciduos y algo de pino, pero gran parte del área ha sido limpiada y se aprobado sembrar maíz.

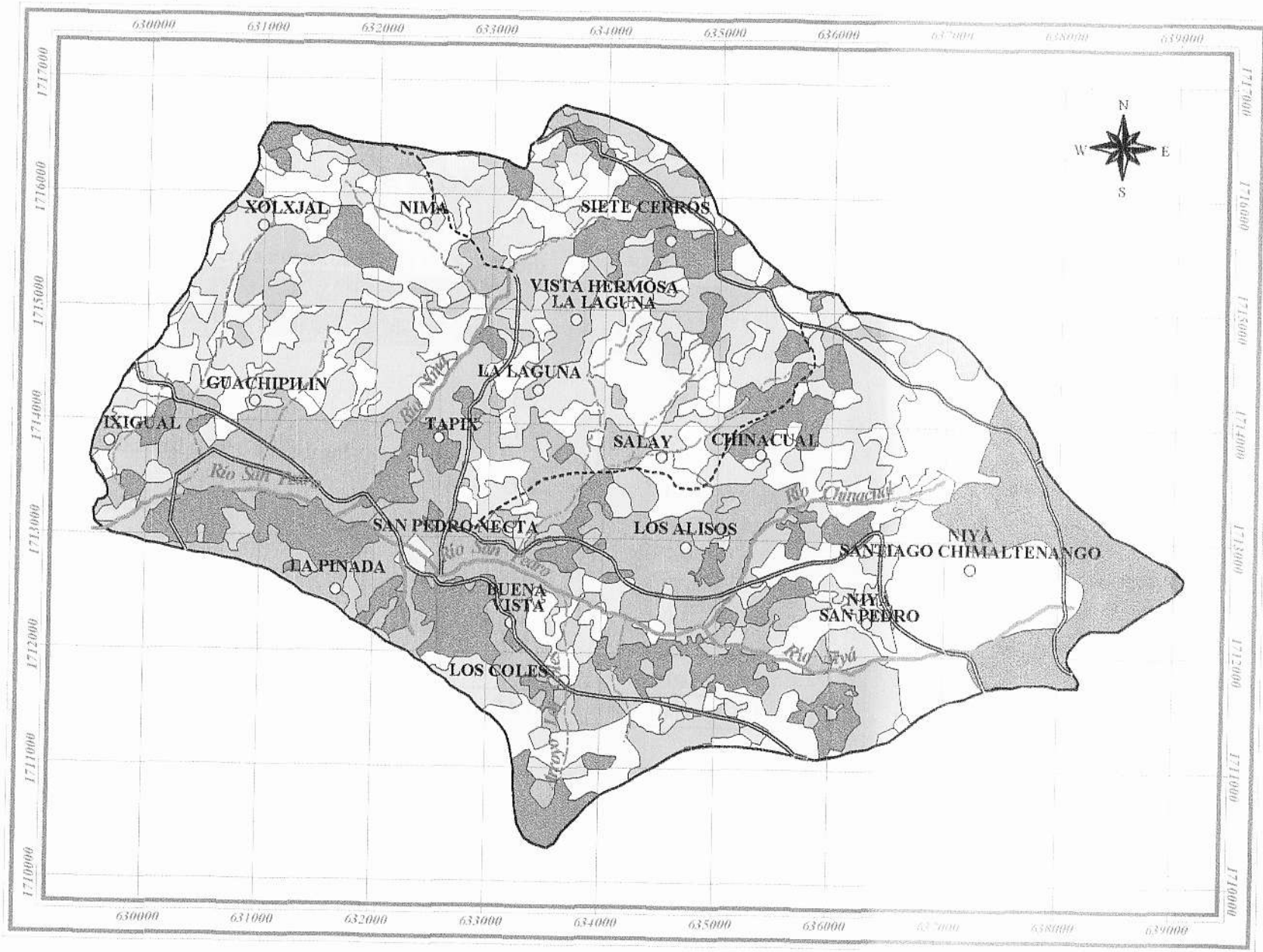
El suelo es franco arcilloso. A una profundidad alrededor de 30 cm, es arcilla de color café grisáceo muy oscuro, que es plástica cuando está húmeda. Incluye muchos fragmentos pequeños de caliza en la mayoría de los lugares. La estructura es de granular a cúbica. La reacción es de neutra a medianamente alcalina, pH de 7.0 a 7.5.

El substrato es caliza fracturada. Parece que esta roca madre fue fracturada durante los movimientos orogénicos y en la mayoría de los lugares, puede ser fácilmente trabajada con implementos de mano y puede ser usada para la superficie de los caminos.

7.7 Uso actual de la tierra

De acuerdo con CEIBA (2001), diez usos de la tierra se encuentran en la microcuenca del río San Pedro (Cuadro 12, Figura 24). Desde luego es la agricultura la que ocupa mayor superficie, el cultivo del café es el primero en importancia pues constituye la base del desarrollo económico en la microcuenca. El segundo cultivo de importancia en el uso del suelo es el maíz en monocultivo, o asociado con frijol o chilacayote, que constituyen la dieta principal de la población por lo que su importancia radica en que forma parte de la estrategia de seguridad alimentaria de la población.

ESCALA 1:50,000



1000 0 1000 2000 Metros

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA
CON ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN Y MANEJO
DEL RECURSO HIDRICO EN AGRONOMÍA

LEYENDA

 Límite de microcuenca

 Terracería

 Veredas

 Poblados

Tipo de corriente

 Permanente

 Intermitente

Categorías de uso de la tierra

	Ha	%
 Agricultura tradicional	584.24	17.07
 Arbustos	872.02	25.48
 Agricultura regada	28.27	0.83
 Arbustos y pastos naturales	10.79	0.32
 Área expuesta	5.90	0.17
 Cabecera municipal		
 Bosque de coníferas	406.93	11.89
 Bosque latifoliado	670.56	19.60
 Bosque mixto	110.80	3.24
 Cultivos perennes (café)	623.64	18.22
 Pastos naturales	102.81	3.00



*Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide WGS-84 Zona 15
Datum WGS-84
Distancia Horizontal y Vertical de Cuadrícula: 1000 m.*

Dentro de esta área de cultivos anuales destaca el suelo destinado a cultivos bajo riego. Este uso de la tierra no está muy desarrollado de manera que la superficie mostrada en el mapa en realidad representa la superficie que puede ser regada dada la infraestructura para la disponibilidad de agua establecida y representa un total de 30 ha.

Puede verse que la presencia de bosques ocupa el 34.7 % de la superficie de la microcuenca, en tanto que los arbustos como uso de la tierra, ocupan el segundo lugar en importancia. La superficie destinada a cafetal es el 20.2 %. Estos tres usos son importantes para reducir los procesos erosivos y de escorrentía que se desarrollan en una microcuenca cuya pendiente promedio es de 30 %.

Cuadro 12. Uso de la tierra en el año 2000 en la microcuenca del río San Pedro

No.	Uso actual de la tierra	Área	
		Km ²	%
1	Bosque de coníferas	4.1	11.9
2	Bosque de latifoliadas	6.7	19.6
3	Bosque mixto	1.1	3.2
4	Agricultura Tradicional (maíz, maíz-frijol-chilacayote)	5.8	17.0
5	Agricultura perenne (Café)	6.9	20.2
6	Pastos Naturales	1.0	2.9
7	Arbustos	8.0	23.4
8	Área expuesta	0.1	0.1
9	Área poblada	0.3	0.9
10	Área regada	0.3	0.9
Total		34.2	100.0

Fuente: CEIBA, 2001.

La superficie destinada a pastos, ocupa el 2.9 % de la superficie, un total de 100 ha. Es un área muy pequeña, no es una superficie explotada y principalmente es utilizada para alimentación del ganado mular o caballar, un recurso importante dado su uso como medio de transporte de carga.

En esta microcuenca destaca también la presencia de un uso definido como suelos expuestos, el cual se refiere a una superficie donde en el pasado hubo una especie de derrumbe y actualmente no presenta vegetación. Su peso en cuanto a superficie es mínima y ocupa 0.1 % de la microcuenca.

El uso de la tierra definido como agricultura tradicional, ocupa una superficie del 17.0 % del área total de la microcuenca. El área urbana o poblada posee menos 0.9 % del área total.

7.8 Capacidad de uso de la tierra

De acuerdo con CEIBA (2001), seis clases de capacidad de uso de la tierra se encuentran en la microcuenca del río San Pedro (Cuadro 13, Figura 25).

Puede verse que la principal capacidad de uso es para fines forestales (Cuadro 13). La actividad agrícola está restringida a la agroforestería, y la agricultura con mejoras no ocupa el 13 % de la superficie de la microcuenca.

Cuadro 13. Capacidad de uso de la tierra en la microcuenca del río San Pedro

No.	Capacidad de Uso de la tierra	Área	
		Km ²	%
1	Forestal de producción	15.9	46.6
2	Forestal de protección	10.7	31.3
3	Agricultura con mejoras	4.4	12.9
4	Agroforestería con cultivos anuales	2.4	7.0
5	Sistemas silvopastoriles	0.2	0.6
6	Agroforestería con cultivos permanentes	0.6	1.7
	Total	34.2	100

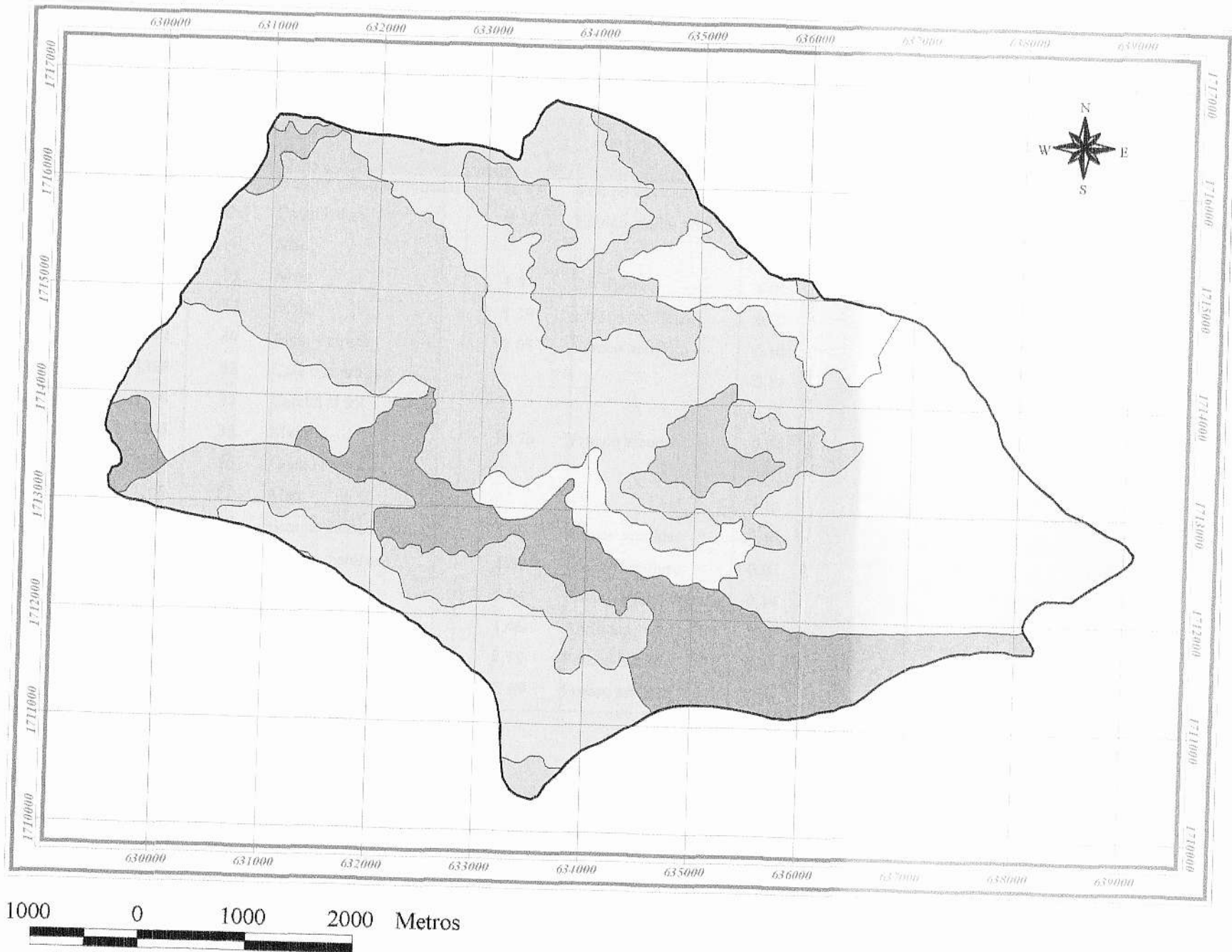
Fuente: CEIBA, 2001.

7.9 La conductividad hidráulica del suelo

La conductividad hidráulica mide la capacidad del suelo para conducir el agua que se le está aportando y viene determinada por su permeabilidad, que es inversamente proporcional a la resistencia que ofrece el suelo al paso del agua (Ritzema, H. P., 1994).

Con base en su permeabilidad, los suelos se clasifican como impermeables si tienen una conductividad hidráulica menor de 0.009 m/d; semipermeables si presentan una conductividad hidráulica entre 0.009 y 4.3 m/d; y son permeables si presentan una conductividad hidráulica superior a 4.3 m/d.

ESCALA 1:50,000



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA
CON ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN Y MANEJO
DEL RECURSO HÍDRICO EN AGRONOMÍA

LEYENDA

Capacidad de Uso / Metodología INAB

	Ha	%
 Agricultura con mejoras	440.00	12.86
 Agroforestería con cultivos anuales	239.37	6.99
 Sistemas silvopastoriles	20.56	0.60
 Agroforestería con cultivos permanentes	59.05	1.73
 Forestal de producción	1593.59	46.56
 Forestal de protección	1069.77	31.26
 Límite de microcuenca		



*Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide WGS-84 Zona 15
Datum WGS-84*

Distancia Horizontal y Vertical de Cuadrícula: 1000 m.

En el Cuadro 14 se presentan los valores de conductividad hidráulica encontrados en algunos puntos de las unidades de mapeo, definidas con base a las unidades geológicas, serie de suelos y uso actual de la tierra, en la microcuenca del río San Pedro (ver Figura 26).

Cuadro 14. Pendiente, Materia Orgánica, Textura y Conductividad hidráulica de los suelos de la microcuenca del río San Pedro, cuenca del Selegua

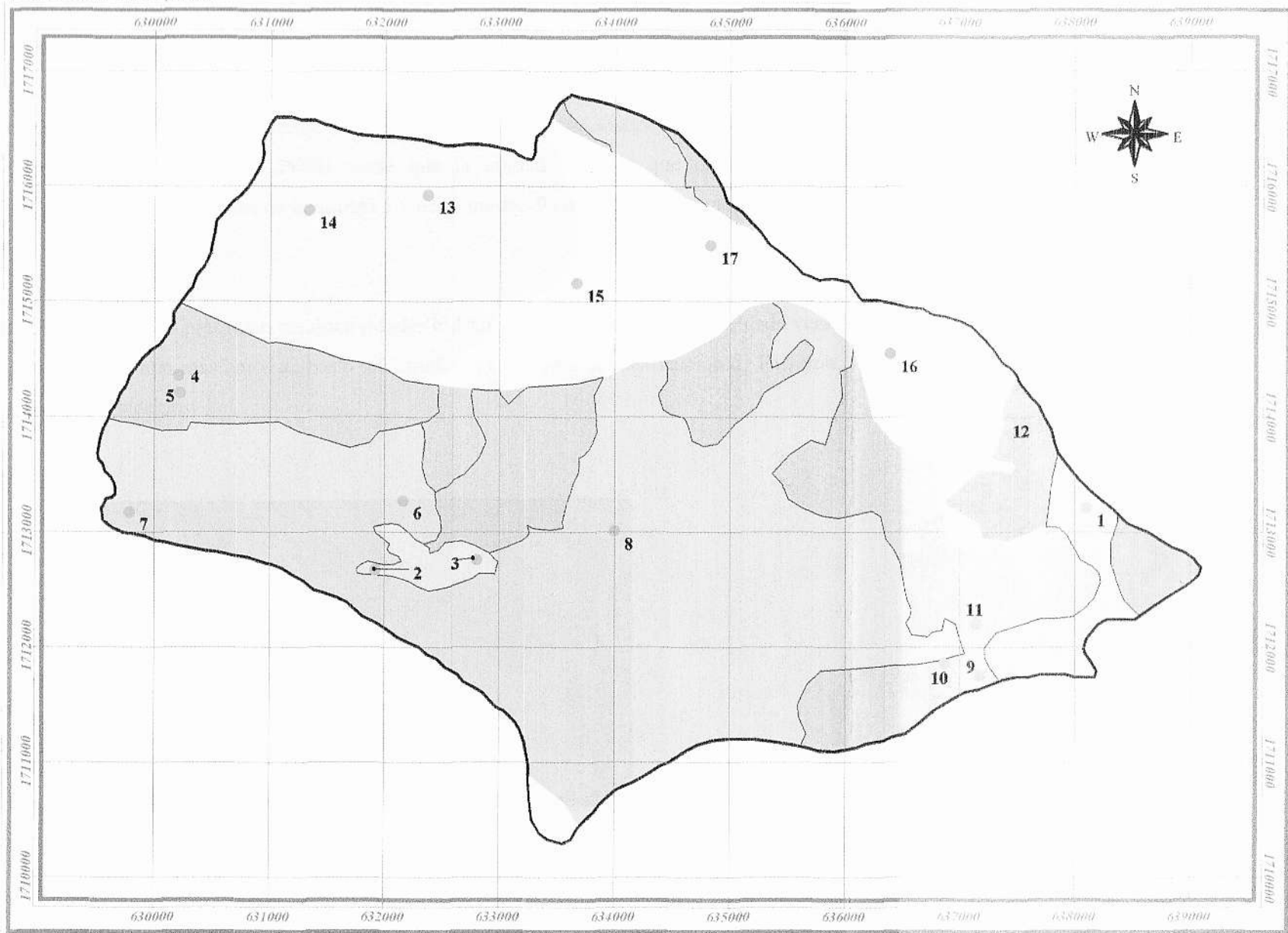
Unidad mapeo	Coordenadas UTM		Altitud msnm	Pendiente %	Vegetación	Mat. Orgánica	Clase textural	K
	N	W				%		m/día
1	1713200	638102	2510	37.67	Bosque denso latifoliadas	16.47	Franco arenoso	1.35
2	1712848	631919	1567	42.3	Cafetal al sol	0.56	Franco arcillo arenoso	0.03
2	1712850	632950	1580	4	Maíz			0.17
3	1714296	629945	1620	33	Maíz	1.81	Arcilloso	0.02
3	1714298	629958	1622	12	Maíz	1.39	Franco arcilloso	0.03
4	1713252	632863	1671	49	Maíz y ciprés	2.65	Franco arcilloso	0.10
4	1713166	629791	1328	53	Café con árboles			0.11
4	1713000	634000	1760	35	Cafetal al sol			0.11
5	1711894	637430	2205	35	Maíz	12.76	Franco arenoso	0.84
5	1711850	636875	2100	56	Guatal bajo			0.48
5	1712200	637150	2200	51	Maíz			1.15
6	1713896	637666	2510	46	Bosque denso mixto	5	Franco arcilloso	0.16
7	1715919	632374	2150	70	Bosque matorral	1.67	Franco arcilloso	0.02
7	1715789	631342	2405	66	Maíz	5.94	Franco arcillo arenoso	0.14
8	1715307	633087	1962	49	Café con árboles	1.46	Arcilloso	0.08
9	1714542	636402	2533	51.3	Maíz	8.75	Franco arenoso	0.75
9	1715496	634773	2430	62	Bosque intervenido	17.09	Franco arenoso	0.56

Fuente: elaboración propia con base en datos de campo, julio y octubre de 2004.

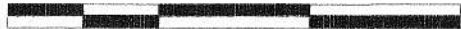
Puede verse que no existe una relación entre porcentaje de materia orgánica y la conductividad hidráulica pues si bien suelos con alto contenido de materia orgánica en algún caso presentan alta conductividad hidráulica (16 % de m.o. y 1.35 m/d, unidad de mapeo 1), en otros no es así (12.76 % de m.o. y 0.84 m/d en la unidad de mapeo 5; y, 17.09 % de m.o. y 0.56 m/d en la unidad de mapeo 9).

En cambio, puede decirse que la textura sí influencia la conductividad hidráulica. Las texturas franco arenosas mostraron valores mayores de conductividad hidráulica (0.56, 0.75, 0.84 y 1.35 m/d) en tanto que las texturas franco arcillosas mostraron los valores menores de conductividad hidráulica (0.02 a 0.16 m/d).

ESCALA 1:50,000



1000 0 1000 2000 Metros



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE POSTGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA
CON ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN Y MANEJO
DEL RECURSO HÍDRICO EN AGRONOMÍA

LEYENDA

UNIDADES DE MAPEO	Ha	%
 CPsrChyBd Carbonífero-Permico, Suelos Chixoy y Bosque denso	85.65	2.62
 CPsrChyCa Carbonífero-Permico, Suelos Chixoy y Cultivos anuales	328.92	9.61
 CPsrChyCM Carbonífero-Permico, Suelos Chixoy y Cabeecera Municipal	35.83	1.05
 CPsrChyCp Carbonífero-Permico, Suelos Chixoy y Cultivos permanentes	1345.92	39.33
 CPsrChyMb Carbonífero-Permico, Suelos Chixoy y Matorral bajo	456.34	13.33
 PcChyBd Permico, Suelos Chixoy y Bosque denso	106.64	3.12
 PcChyCa Permico, Suelos Chixoy y Cultivos anuales	548.82	16.03
 PcChyMb Permico, Suelos Chixoy y Matorral bajo	514.62	15.03
 Sitio donde se realizó prueba de infiltración		
 Límite de microcuencia		



*Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide WGS-84 Zona 15
Datum WGS-84
Distancia Horizontal y Vertical de Cuadrícula: 1000 m.*

De igual manera, la pendiente no ha sido determinante en la conductividad hidráulica, la unidad de mapeo 1 presentó una pendiente alta (37.7 %) y una conductividad hidráulica alta (1.35 m/d), en tanto que otras unidades de mapeo con altas pendientes mostraron valores pequeños de conductividad hidráulica (unidad de mapeo 2 con 42 % de pendiente y 0.03 m/d) y unidades de mapeo con pendientes bajas mostraron también valores pequeños de conductividad (ver unidad de mapeo 3).

La Figura 27 es útil en cuanto a representar la variación en las conductividades hidráulicas en los suelos de las distintas unidades de mapeo. Puede verse que la unidad 1 es la que presenta mayor conductividad hidráulica (1.35 m/d), seguidos de la unidad 5 y de la unidad 9 con valores que varían de 0.5 a 0.8 m/d.

Las unidades 2, 3, 4, 6, 7 y 8 presentan conductividades hidráulicas menores a 0.2 m/d. Puede verse que la unidad 2 presenta valores aún más bajos de hasta 0.02 m/d. De acuerdo a la clasificación de Ritzema, 1994, estos suelos son semipermeables.

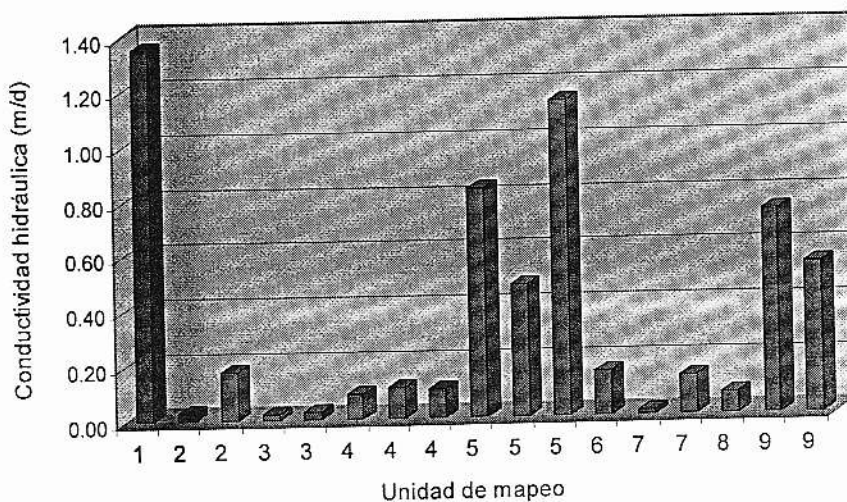


Figura 27. Conductividad hidráulica de los suelos de la microcuenca del río San Pedro

8. LA CALIDAD DEL AGUA

De acuerdo con Roldán (1992), la calidad del agua se refiere a la aptitud que tiene el agua para los usos beneficiosos a que se ha venido dedicando en el pasado, esto es para la bebida del hombre y de los animales, para el soporte de una vida sana, para el riego de cultivos y para la recreación. La calidad del agua de un ecosistema acuático natural puede ser muy diversa, ciertos ecosistemas a pesar de tener concentraciones elevadas de sales, durezas y alcalinidades y valores de pH muy ácidos o muy básicos, pueden tener comunidades estables y adaptadas a vivir en dichos medios. En estos casos, la calidad del agua depende fundamentalmente de los aportes naturales dados por las lluvias y por la naturaleza geoquímica del terreno.

Normalmente, la calidad del agua se evalúa en función del uso al que se va a destinar. Para ello se miden sus características físico químicas y bacteriológicas. La inclusión de otras características como presencia de metales pesados, presencia de pesticidas y otros contaminantes específicos, está en función de la existencia de fuentes de contaminación de este tipo en la zona o cuenca de interés.

La evaluación de la calidad del agua consiste principalmente en medir las características físicas, químicas y biológicas a través de un conjunto de parámetros de cada tipo. Este conjunto de parámetros varía según se evalúe la calidad del agua para determinado uso, sin embargo hay un conjunto de parámetros similares que se evalúan en todos los casos. Según el uso a que se destine el agua, la medición de cada parámetro debe enmarcarse en determinado rango para considerarse de buena calidad; arriba de este rango normalmente conducen a concluir que el agua está *contaminada* y su uso requiere la aplicación de determinados tratamientos previos. La lista general de parámetros observados en las características físicas, químicas y biológicas tiene su base en los parámetros que se utilizan para evaluar la potabilidad del agua y compararlas con los estándares establecidos para los distintos usos.

Se llama *contaminación del agua* a la degradación o deterioro de la calidad del agua (Iles, D. L. 1995). El agua se degrada cuando en su interior hay presencia, evacuación o liberación de cualesquiera forma de materia o energía que pueden causar daños a la biota (Sánchez, L. E. 1995). Puesto que la biota abarca una amplia comunidad de seres vivos de distintos reinos, órdenes, clases, familias, géneros y especies, cuyos niveles de tolerancia o de resistencia ante la presencia de contaminantes es distinta, resulta que para determinadas cantidades de sustancias que pueden ser contaminantes para algunas especies no lo son para otras. Esto ha llevado a definir la calidad del agua según los usos a los que le son destinados.

Cuando se determinan los grados de contaminación, tanto la presencia de una sustancia como su concentración debe ser considerada. El nivel en que una sustancia puede ser peligrosa es diferente para cada sustancia (Iles, D. L. 1995).

Según Iles, D. L., (1995), la contaminación del agua es definida como un resultado de las actividades humanas que implican los incrementos de aquellos solutos, o la introducción de disolventes no naturales, emulsificantes, inmiscibilisantes o materiales suspendidos. La polución es definida como la contaminación en exceso de los estándares aceptados. Aunque la contaminación puede ocurrir también en forma natural.

En este estudio se ha hecho un análisis de las fuentes de contaminación y de las características físico químicas del agua determinantes de esa calidad, incluyendo análisis bacteriológico y detección de metales pesados y pesticidas organoclorados y organofosforados.

8.1 Las posibles fuentes de contaminación

La contaminación puede ser dividida en dos tipos generales de fuentes: puntuales y no puntuales. Fuentes de contaminación puntual son definidas como algo discernible, confinada y de transportación discreta, incluyendo, aunque no se limita a ello, algunas tuberías, conductos, canales, túneles, pozos, fisuras discretas, contenedores, materiales de reserva, operación de alimentación animal, naves o embarcaciones flotantes, en las que existen poluciones, o de las que son descargadas (Iles, D. L. 1995).

Fuente no puntual de contaminación es causada por fuentes difusas. En términos prácticos, fuentes no puntuales de contaminación no ocurren con una localización específica, pero generalmente resultan de actividades agrícolas, precipitación, partículas aerotransportadas o percolación de agua a través de materiales contaminados (U.S. Environmental Protection Agency, 1987). Ejemplos de fuentes no puntuales incluyen escorrentía (drenaje) de tierras agrícolas, actividades forestales, áreas urbanas y sitios de construcción. Como contaminación resulta la alteración de la Química, la Física, la Biología o Radiología de la calidad del agua (Iles, D. L. 1995).

Las fuentes puntuales son localizadas en áreas de un acre o menos. Las fuentes no puntuales son aquellas que se dispersan sobre áreas extensas (Iles, D. L. 1995).

En la microcuenca del río San Pedro se identificaron las siguientes fuentes de contaminación: desechos de las viviendas (aguas residuales, aguas jabonosas, basura inorgánica, basura orgánica, desechos sólidos), la agricultura (erosión y aplicación de agroquímicos), actividades pecuarias, la agroindustria (aguas mieles de beneficios de café) y actividades ligadas al mantenimiento de automotores (talleres mecánicos y gasolineras). En la Figura 28, se ubican algunas de las fuentes de contaminación existentes en la microcuenca.

Fuentes naturales: entre la que se distingue principalmente la geología de la microcuenca, caracterizada por la presencia de rocas carbonatadas.

Fuentes antropógenicas: entre éstas destacan los vertidos de aguas jabonosas de las viviendas rurales; los vertidos de aguas residuales de la red de drenaje municipal; las letrinas de hoyo; la basura orgánica e inorgánica; las excretas del ganado caballar y mular; el uso del suelo con cultivos anuales; el uso del suelo sin vegetación; el vertido de aguas mieles del beneficiado del café; y, el uso de vehículos motorizados.

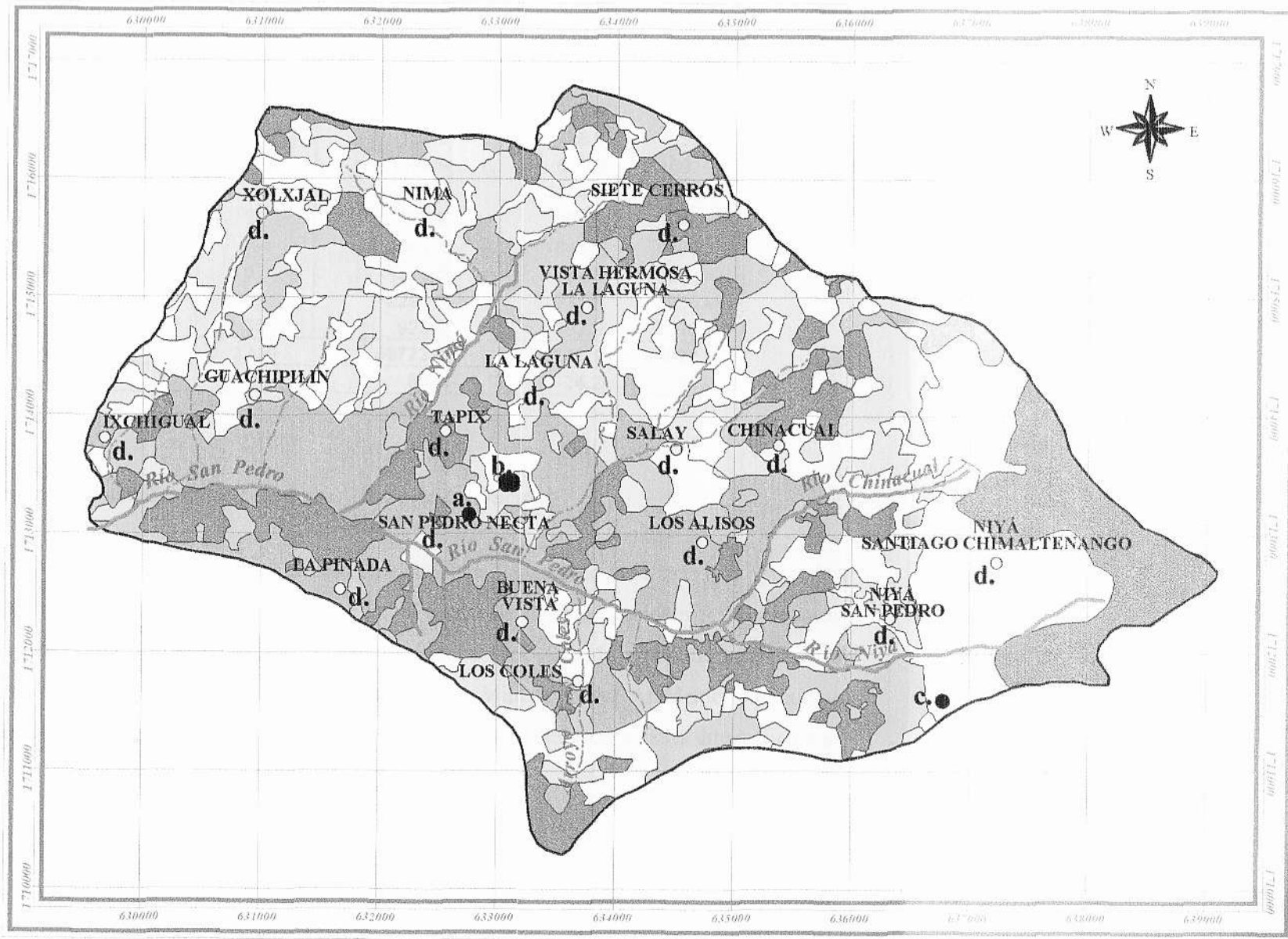
8.1.1 Los vertidos de aguas jabonosas de las viviendas

De acuerdo con la encuesta realizada para fines de este estudio, el 57.7 % de las familias de la microcuenca utilizan jabón sólido y un 55.7 % utilizan jabón en polvo. Cada semana, cada familia utiliza en promedio 2.6 unidades de jabón sólido de 0.355 Kg/unidad y 1.7 bolsas de jabón en polvo de 0.228 Kg/bolsa.

En el Cuadro 15, puede verse que al año, en la microcuenca se utiliza un total de 84.0 Kg de jabón distribuidos en 59.8 Kg de jabón sólido y 24.2 Kg de jabón en polvo.

Con relación al agua jabonosa producida y vertida, la misma no ha sido cuantificada debido a las características que presente su utilización, sin embargo dados los volúmenes exigidos para consumo humano neto al día, los volúmenes que se pierden al día por desperfectos de los chorros domiciliarios y el volumen que se utiliza para el riego de calles o del jardín, y dado que la media de veces a la semana en que cada familia realiza la actividad de lavado, se estima que en los días de lavado cada comunidad desecha como agua jabonosa un volumen de 75 % del caudal demandado en la distribución. Lo cual significa que a la semana en toda la microcuenca se vierten y producen un total de $3,407.7 \text{ m}^3$ que al año se convierten en un volumen total de $177,198.8 \text{ m}^3$ de aguas jabonosas.

ESCALA 1:50,000



1000 0 1000 2000 Metros

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
PROGRAMA DE POSTGRADO
**MAESTRÍA EN CIENCIAS DE MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA
CON ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN Y MANEJO
DEL RECURSO HIDRICO EN AGRONOMÍA**

LEYENDA

-  Límite de microcuenca
-  Caminos
-  Poblados
-  Tipo de corriente
-  Permanente
-  Intermitente

Fuentes de contaminación difusa

-  Agricultura tradicional
-  Agricultura regada
-  Área expuesta
-  Cabecera municipal
-  Cultivos perennes (café)

● Fuentes de contaminación puntual

- a. Rastro municipal
- b. Relleno Sanitario de San Pedro Necta
- c. Relleno Sanitario Santiago Chimaltenango
- d. Poblados



*Proyección Universal Transversal Mercator
Elipsoide WGS-84 Zona 15
Datum WGS-84
Distancia Horizontal y Vertical de Cuadrícula: 1000 m.*

Cuadro 15. Volumen de jabón utilizado por año en la microcuenca del río San Pedro

Comunidad/Aldea	Número de familias	Jabón sólido Kg/año	Jabón en polvo Kg/año	Jabón Kg/año
Cabecera municipal	783	21684.2	8790.3	30474.5
La Pinada	147	4071.0	1650.3	5721.3
Siete Cerros	57	1578.5	639.9	2218.4
Vista Hermosa La Laguna	22	609.3	247.0	856.2
Tzalay	69	1910.9	774.6	2685.5
La Laguna	115	3184.8	1291.0	4475.8
Los Alisos	133	3683.3	1493.1	5176.4
Chinacual	86	2381.7	965.5	3347.1
Nimá	172	4763.3	1930.9	6694.3
Xöxal	7	193.9	78.6	272.4
Tapix	72	1993.9	808.3	2802.2
Guachipilín	126	3489.4	1414.5	4903.9
Tepán	32	886.2	359.2	1245.4
Los Coles	164	4541.8	1841.1	6382.9
Buena Vista Los Coles	57	1578.5	639.9	2218.4
Nillá SPN	83	2298.6	931.8	3230.4
Nillá SCh	35	923.9	392.9	1316.8
Total	2,160	59773.0	24249.1	84022.1
Total	TM	59.8	24.2	84.0

8.1.2 Los vertidos de aguas residuales de la red de drenaje municipal

De acuerdo al INE (2003), en la cabecera municipal de San Pedro Necta existen 618 viviendas conectadas a la red de drenaje. Además existen 4 hoteles de un promedio de 5 habitaciones y 9 comedores que también hacen uso de la red. De acuerdo a observaciones directas y de acuerdo a lo confirmado por el Técnico de Saneamiento del Hospital Nacional y del Delegado del Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales en dicha cabecera, la red de drenaje descarga todas las aguas residuales recolectadas directamente al río San Pedro.

De acuerdo con Martínez, O. (2004), en la cabecera municipal hay un total de 789 viviendas, por lo que solo el 78.3 % de viviendas hacen uso de la red de drenaje. El mismo autor reporta que en la cabecera municipal hay 764 viviendas con servicio de agua. De la observación directa en este estudio, existen varias viviendas que, si bien no hacen uso de la red de drenaje municipal, han establecido su propio drenaje y el mismo está canalizado directamente al río. Puede asumirse que el 95 % del total de viviendas (750) canalizan sus aguas residuales directamente al río.

Para este estudio, no se han realizado aforos para cuantificar el caudal de las aguas residuales vertidas al río. Sin embargo, haciendo una estimación del 75 % del caudal de distribución, el volumen total por día es de 3,390.7 m³.

8.1.3 *El vertido de aguas mieles del beneficiado de café*

La actividad productiva que principalmente contribuye a generar ingresos económicos a las familias de la microcuenca, es el cultivo del café. De acuerdo a la encuesta realizada en este estudio, el 38.6 % de familias en la microcuenca tienen producción de café, ocupando una superficie total de 3,299.5 cuerdas equivalente a 143.0 Ha. Este dato no concuerda con el mapa de uso actual de la tierra, con el cual se estima que existe una superficie total de 6.9 Km² (690 Ha) con ese cultivo. Para el análisis se ha preferido utilizar el dato del mapa de uso actual de la tierra, que da un promedio de 0.83 Ha/familia con este cultivo.

Por otra parte, de acuerdo con CEIBA (2001) y de la encuesta realizada en este estudio, cada familia obtiene al año una producción promedio de 4.5 qq de café uva, que hace al año una producción total de 3,240 Tm de café uva, equivalente a 720 Tm de café pergamino.

Todo este café es beneficiado en la microcuenca en el período comprendido desde finales de diciembre a finales de marzo de cada año. De acuerdo a entrevistas con personal clave y a la observación directa, se encontró 38 beneficios (Cuadro 16) que despulpan entre 0.23 a 2.7 Tm de café uva al día (5qq a 60 qq).

Asimismo, es común que cada productor de café tenga un pulpero de café artesanal o eléctrico con el cual realiza el despulpado, procesando aproximadamente 0.23 Tm diariamente.

De acuerdo con ANACAFÉ (S.f.), el despulpado tiene la función de eliminar la pulpa del café que constituye el 40 % del café uva, en tanto que el mucílago constituye en promedio el 19.25 % del peso del café uva.

Eso significa que 1,296 Tm de la producción de café uva es pulpa y una parte de ella constituye en un contaminante directo al ser vertido en las aguas. La mayor parte de la pulpa es separada del vertido líquido y la misma es sometida al proceso de descomposición con el fin de producir abono orgánico que luego es utilizado para fertilizar el cultivo. De manera que solo una parte de la pulpa constituye un contaminante

directo y con respecto a la mayor parte de pulpa la contaminación se deben a las sustancias derivadas del proceso de descomposición.

Cuadro 16. Propietarios, capacidad de procesamiento por día y lugar de ubicación de los principales beneficios de café en la cuenca del río San Pedro

No.	Nombre	Tamaño del beneficio Capacidad de procesamiento/día Quintales de café uva	Ubicación
1	Odilón Villatoro	60	Cabecera municipal
2	Flabio Vásquez	60	Cabecera municipal
3	Valdemar Rodríguez	50	Cabecera municipal
4	Raúl Rodríguez	40	Cabecera municipal
5	Joaquín Villatoro	35	Cabecera municipal
6	Gregoria Tánchez	30	Cabecera municipal
7	Eliseo Carrillo Mendoza	25	Cabecera municipal
8	Noé Carrillo Mendoza	25	Cabecera municipal
9	Rubén Herrera	25	Cabecera municipal
10	Aura Maldonado	25	Cabecera municipal
11	América Díaz	15	Cabecera municipal
12	Carol Maldonado	15	Cabecera municipal
13	Daniel Maldonado	15	Cabecera municipal
14	Sarvelio Monzón	15	Cabecera municipal
15	Audel Herrera	15	Cabecera municipal
16	Elvidio Herrera	10	Cabecera municipal
17	Adán Herrera	10	Cabecera municipal
18	Olivio Villatoro	10	Cabecera municipal
19	Rubén Vásquez	5	Cabecera municipal
20	Viuda de Marcos Morales	25	Cantón El Llano
21	Manuel Jerónimo	15	Cantón El Rancho
22	Agustín Jerónimo	15	Cantón El Rancho
23	Alejandro Jerónimo	15	Cantón El Rancho
24	Francisco Rivas	10	Cantón El Rancho
25	Juan Artemio	15	Caserío El Jute, Los Coles
26	Carlos Carrillo Monzón	15	Chinacual
27	Joye Chávez	25	La Pinada
28	Toribio Ramírez	20	La Pinada
29	Pedro Nolasco	20	La Pinada
30	Francisca Nolasco	20	La Pinada
31	Alfredo Herrera	20	La Pinada
32	Miguel Mejía	15	La Pinada
33	Adelina Calderón	15	La Pinada
34	Oscar Herrera	10	La Pinada
35	Victoriano Aguilar	10	La Pinada
36	Mateo Morales	10	La Pinada
37	Artemio Carrillo Monzón	20	Los Alisos
38	Juan Méndez	10	Tapix
		790	

Fuente: entrevista a Esdras Ramírez, delegado del MARN, noviembre 2004.

La parte principal de la producción de café que contamina directamente las aguas se da en el proceso de remoción del mucílago que constituye el 19.25 % del peso del café uva. En este caso un total de 624 Tm de sólidos del café se constituyen en un contaminante directo.

Con respecto al volumen de aguas mieles, se han aforado dos vertidos. Uno de ellos en el beneficio de Odilon Villatoro que vierte 1.4 L/s de aguas mieles durante 4 horas todas las tardes durante un promedio de 70 días. El otro aforo se realizó en el beneficio de Flabio Vásquez que vierte 0.07 L/s de aguas mieles durante 4 horas todas las tardes durante un promedio de 70 días. Juntos, estos dos beneficios vierten un total de 21.2 m³/día para un total de vertido de aguas mieles en el período de 1,481.6 m³.

De acuerdo a la encuesta realizada, del total de productores de café, el 13.8 % vierte las aguas mieles a las cunetas (drenajes naturales), un 49.6 % de los productores, vierten las aguas mieles directamente al río y un 12.9 % lo vierte directamente al suelo, y un 23.7 % no ha respondido.

De acuerdo con el delegado del MARN, es difícil cuantificar todos los vertidos de aguas mieles debido a que muchos de ellos utilizan el agua del sistema para consumo humano. Sin embargo, señala que varios de las personas productoras de café tienen pequeños manantiales situados en sus terrenos que utilizan para realizar el proceso de beneficiado. Estos manantiales son de caudal pequeño y varían entre 0.01 L/s a 0.1 L/s, y el manantial completo es canalizado para la finalidad del despulpado. Asumiendo un caudal de 0.05 L/s utilizados por todos los beneficios señalados en el Cuadro 16, se tiene un volumen total en el período de 1,915 m³ de vertido de aguas mieles.

8.1.4 Letrinas de hoyo

De acuerdo a Martínez, (2004), hay 987 letrinas de hoyo utilizadas por las familias de la microcuenca. Si bien estos sistemas de disposición de excretas humanas no entran en contacto directo con el agua, los mismos pueden constituirse en fuente de contaminación debido a que al ser sistemas contruidos en el suelo sin ninguna sistema de aislamiento, la infiltración y percolación del agua de lluvia puede transportar bacterias o sustancias contaminantes como nitratos que llegan más tarde a contaminar los manantiales.

Por otra parte existen 306 viviendas sin letrinas, y se asume que las familias que las habitan realizan la disposición de sus excretas al aire libre sobre la superficie del suelo.

En todo caso, tomando de base los datos de Schiere, J. (1989) sobre los volúmenes de deposición de excretas y orina por persona/día, para las comunidades rurales de la microcuenca del río San Pedro, se estima un volumen anual de disposición de excretas en letrinas de hoyo de 1,134.6 Tm; 270.8 Tm al aire libre; y, un volumen anual de orina de 3,009.8 m³.

8.1.5 *Basura orgánica e inorgánica*

En la microcuenca existen dos rellenos sanitarios, uno de los cuales corresponde a la cabecera municipal de San Pedro Necta y el otro corresponde a la cabecera municipal de Santiago Chimaltenango. En ambos casos, el servicio de recolección de basura o tren de asco es prestado por las respectivas municipalidades. Estos rellenos sanitarios se caracterizan por ser lugares de disposición de basura, aunque en el caso de San Pedro Necta hacen esfuerzos por separar la basura orgánica de la inorgánica, sometiendo luego la basura orgánica a procesos de descomposición con fines de producción de abono orgánico, habiendo producido en un año 45.45 Tm de abono orgánico, mismo que se comercializa a 25.0 Quetzales la bolsa de 45 Kg.

En el caso del relleno sanitario de Santiago Chimaltenango, solamente se separa la basura orgánica e inorgánica. La basura orgánica es colocada sobre un patio de cemento. No se fabrica abono orgánico debido a que el personal no es suficiente. La basura inorgánica se amontona sobre el suelo a un lado del patio de cemento. La idea es enterrar esta basura, pero solamente se ha hecho una vez. La basura se enterró en un agujero hecho sin ningún revestimiento. Ahora no se ha hecho un nuevo agujero debido a la falta de recursos. No existe otro manejo, sin embargo en semana santa del 2004 se quemó la basura inorgánica al aire libre. De acuerdo al encargado del relleno sanitario, esto se debió a un accidente, pues no existe una política establecida por la Municipalidad para quemar esta basura.

En el Cuadro 17 puede verse que en el caso de San Pedro Necta no todas las viviendas hacen uso del servicio del tren de asco. Según el encargado, esto obedece al costo que tiene hacer uso del servicio. No sucede lo mismo en Santiago Chimaltenango, donde el servicio es subsidiado por la Municipalidad y, de acuerdo al encargado del tren de asco, todas las viviendas hacen uso del servicio.

En ambos rellenos, los patios de cemento tienen la función de colocar en ella toda la basura y proceder a su separación. Sobre este patio también se coloca la basura orgánica y se procede a la elaboración

del abono orgánico. Las bodegas tienen la función de guardar las herramientas y equipo que poseen, y almacenar el abono orgánico producido.

En el Cuadro 17 se observa que en la cabecera municipal de Santiago Chimaltenango, la mayor parte de basura producida es inorgánica. Según el encargado del relleno sanitario, la población de Santiago normalmente utiliza la basura orgánica como abono de sus terrenos. Asimismo, el encargado del relleno sanitario argumenta que desde que han iniciado a trabajar, han recibido una capacitación y han dado pláticas a la población para que entregue su basura a la unidad de recolección separada en basura orgánica e inorgánica. Sin embargo, argumenta que solamente en el Cantón Buena Vista un mayor número de personas entregan la basura separada; en tanto que la mayoría de las personas no lo hacen por lo que considera que es necesario reforzar las pláticas y la capacitación a las personas de la cabecera municipal.

Cuadro 17. Características de los rellenos sanitarios y producción de basura en la microcuenca del río San Pedro

Características	San Pedro Necta ⁺	Santiago Chimaltenango ⁺⁺
Ubicación geográfica	1713415 633086	1711540 636773
Año de inicio	2003	2002
Número de personas encargadas del tren de asco y relleno sanitario	4	3
Salario /mes /persona (Quetzales)	800.0	750.0
Ubicación del relleno sanitario	Cantón El Llano	Tuisoj, aldea Nillá
Costo del servicio /vivienda	6.0	0.0
Costo del servicio /negocio (comedores, tiendas, otros)	12.0	0.0
Número de viviendas que hacen uso del servicio	700	510
Producción semanal de basura por vivienda	22.7 Kg	30 litros
Producción semanal de basura por mercado	909 Kg	4 m ³
% de basura inorgánica	50	75
% de basura orgánica	50	25
Infraestructura y equipo	2 bodegas de 10 m x 20m Patio de cemento 20 m x 20 m x 0.1 m Un horno para quemado de basura 2 palas, 2 azadones, 2 carretas Un par de guantes /persona	1 bodega de 4 m x 8 m Un patio de 16 m x 16.2 m x 0.1 m

+ Entrevista a Demetrio Ramírez, encargado del tren de asco y del relleno sanitario.

++ Entrevista a Juan Días Hernández, encargado del tren de asco y del relleno sanitario.

Fuente: elaboración propia con base a entrevistas a encargados del servicio de tren de asco y relleno sanitario.

En el caso del relleno sanitario de San Pedro Necta, según el encargado, el personal ha recibido capacitación en el año tres veces, un día cada vez. Asimismo, han hecho jornadas vivienda por vivienda promocionando el servicio del tren de aseo. Para la capacitación al personal y la promoción del servicio en la población, reciben el apoyo y asesoría de la sección de saneamiento ambiental del Hospital Nacional y el delegado del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales.

Solamente el relleno sanitario de San Pedro Necta cuenta con un horno para quemado de basura. En este horno se queman todas las jeringas y agujas utilizadas en las viviendas y negocios particulares. La basura del hospital nacional es manejada por el mismo hospital de manera que el servicio de tren de aseo no recolecta esta basura.

En síntesis, en el caso de San Pedro Necta, se tiene una producción 0.9 Tm de basura /semana para un total anual de 48.4 Tm de las cuales 24.2 Tm es basura orgánica y 24.2 Tm es basura inorgánica.

En el caso de Santiago Chimaltenango, se tiene una producción 4.03 m³ de basura/ semana para un total anual de 209.56 m³ de los cuales 52.4 m³ es basura orgánica y 157.2 m³ es basura inorgánica.

8.1.6 Las excretas de los animales domésticos, ganado caballar y mular

Como es común en las comunidades campesinas, en la microcuenca del río San Pedro, las familias de las comunidades rurales poseen aves de patio, cerdos, perros y gatos. Puesto que el sistema de transporte de vehículos motorizados no es común al interior de la microcuenca, varias familias poseen también ganado caballar o mular que utilizan como medio de transporte de carga.

De acuerdo con la encuesta realizada en el segundo semestre de 2004, como parte de esta investigación, se ha establecido el número de animales domésticos existentes en la microcuenca. En el Cuadro 18 puede verse que las aves de patio y los perros son los animales preferidos por las familias. En menor número está el ganado menor, compuesto principalmente por conejos, cerdos, cabras, ovejas y pelibueyes; y el ganado mayor, compuesto principalmente por ganado vacuno y bestias de carga.

Sin embargo, tanto el ganado menor como el ganado mayor, están muy poco desarrollados. El cerdo, que es un animal muy preferido en las comunidades indígenas, para la microcuenca solamente se reportan 42

animales. Por otra parte, pese que a nivel de observación directa se observa un alto uso de las bestias de carga, de acuerdo a la encuesta, solo existen 39 animales de este tipo en toda la microcuenca.

Cuadro 18. tipo y cantidad de animales existente en la microcuenca.

No.	Tipo de animal	Cantidad
1	Perros	1235
2	Gatos	334
3	Cerdos	42
4	Cabras	25
5	Ovejas	27
6	Vacas	29
7	Bestias	39
8	Pelibueyes	10
9	Patos	154
10	Chompipes	295
11	Gallinas	5142
12	Conejos	73

Fuente: encuesta realizada durante el segundo semestre de 2004.

Una fuente de contaminación no puntual lo constituye toda la producción de estiércoles de estos animales. De acuerdo con RAAA (2005), los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 y 80% de lo que consume el animal lo elimina como estiércol. La estimación de la cantidad producida por un animal puede hacerse de la siguiente manera:

$$\text{peso promedio del animal} \times 20 = \text{cantidad de estiércol/animal/año}$$

En tanto que el contenido promedio de elementos químicos de los estiércoles es de 1,5% de N, 0,7% P y 1,7% K. (RAAA, 2005).

Para estimar el volumen de los estiércoles y desechos líquidos de los animales domésticos de la microcuenca, se han utilizado los siguientes datos: aves de corral y conejos un peso de 0.9 Kg; gatos, un peso de 1.3 Kg; perros, un peso de 6.5 Kg; cerdos, un peso de 32 Kg; cabras, ovejas y pelibueyes, un peso de 38 Kg, ganado vacuno, un peso de 273 Kg; bestia de carga, un peso de 227 Kg.

Utilizando la fórmula de peso promedio * 20, se tiene un volumen anual total de estiércol en la microcuenca de 680.6 Tm. En el Cuadro 19 puede verse que los mayores aportes de estiércol lo realizan el las bestias de carga, el ganado vacuno, los perros y las aves de patio.

Cuadro 19. Producción anual de estiércol animal en la microcuenca del río San Pedro.

No.	Tipo de animal	Cantidad	Peso (Kg/unidad)	Producción de estiércol	
				Kg/año	Tm/año
1	Gallinas	5142	0.9	92,556	92.6
2	Perros	1235	6.5	160,550	160.6
3	Gatos	334	1.3	8,684	8.7
4	Chompipes	295	0.9	5,310	5.3
5	Patos	154	0.9	2,772	2.8
6	Conejos	73	0.9	1,314	1.3
7	Cerdos	42	32	26,880	26.9
8	Bestias de carga	39	227	177,060	177.1
9	Vacas	29	273	158,340	158.3
10	Ovejas	27	38	20,520	20.5
11	Cabras	25	38	19,000	19.0
12	Pelibueyes	10	38	7,600	7.6
Total				680,586	680.6

Fuente: elaboración propia con base en encuesta realizada en el segundo semestre de 2004.

8.1.7 El uso de la tierra en actividades de cultivos anuales

Diversos autores señalan las desventajas de la siembra de cultivos anuales en terrenos de laderas o altas pendientes debido a que facilitan los procesos de erosión, máxime cuando no se realizan técnicas de conservación de suelos. Este es el caso de la microcuenca del río San Pedro Necta. En ese sentido el destino de tierras de ladera a la agricultura anual es fuente de contaminación al facilitar los procesos de erosión y provocar procesos de azolve y sedimentación aguas abajo. Mérida, M. (2001), en un estudio que realizó en Huehuetenango, reportó que en sistemas tradicionales de agricultura anual se perdían por erosión 38.1 Tm-Ha/año de suelos. Por su parte, Mota Franco, E. (1999) en un estudio sobre la erosión hídrica en la microcuenca del río Itzapa para 1994-1996, encontró que maíz cultivado en pendientes de 25 % y 40 % se pierden por erosión hídrica 14.5 a 18.3 Tm-Ha/año. Este estudio encontró que la pérdida de suelos por erosión hídrico es mayor en Brócoli y mucho mayor en Coliflor y suelos sin cobertura.

De acuerdo con el INE (2004), en todo el municipio de San Pedro existían en 2003 18.16 Km² destinados a la agricultura de cultivos anuales o temporales (Cuadro 20). De acuerdo con el análisis de uso de la tierra de la microcuenca del río San Pedro, 5.8 Km² de esta superficie corresponden a cultivos anuales establecidos en la microcuenca del río San Pedro. Asimismo, 0.3 Km² en la microcuenca corresponden a tierras con agricultura regada y 0.03 Km² corresponden a tierras expuestas, que al no estar cubiertos de vegetación, son tierras fácilmente erosionables.

Cuadro 20. Tierras con cultivos anuales o temporales en el municipio de San Pedro Necta

Estado de la tierra con cultivos anuales o temporales	# de fincas	Superficie (Ha)
En preparación	1,610	848.00
Sembrada	801	531.16
Con rastrojo	130	54.29
En descanso	333	382.64
Total	2,874.00	1,816.09

Fuente: INE, 2004.

8.1.8 La aplicación de fertilizantes químicos

La aplicación de fertilizantes químicos es una técnica agronómica normalmente recomendada para el aumento del rendimiento de las cosechas. Sin embargo, se ha descubierto que la aplicación de fertilizantes puede constituirse en una fuente de contaminación no puntual debido a que los componentes químicos, cuando son aplicados en exceso o cuando la planta no es eficiente en su aprovechamiento, son infiltrados y percolados a través del suelo contaminando las fuentes de agua subterráneas o son arrastrados por la escorrentía contaminando las aguas de manantiales y ríos.

De acuerdo con CEIBA (2001), de trece comunidades de la microcuenca del río San Pedro, 11 comunidades utilizan fertilizantes químicos en el cultivo del café, y 2 comunidades utilizan fertilizantes orgánicos; asimismo, tres comunidades utilizan fertilizante orgánico en su producción de maíz y 10 comunidades utilizan fertilizantes químicos.

De acuerdo a la encuesta realizada en este estudio, el 44.9 % de las familias utilizan fertilizantes para mejorar el rendimiento de sus cultivos. En el Cuadro 21 se presentan los fertilizantes que los agricultores habían utilizado luego del primer semestre de 2004.

Cuadro 21. Fertilizantes utilizados en la microcuenca del río San Pedro.

No.	Productos utilizados al año en la agricultura	Cantidad de producto
1	20 - 20 - 0 (quintal)	1559
2	Triple 15 (quintal)	338
3	Urea (quintales)	282.5
4	Abono orgánico adquirido (quintal)	19.5
5	Abono orgánico de producción propia (quintal)	309
6	18 - 6- 12 (litro)	163
7	Orgánico foliar (litro)	313

Fuente: encuesta realizada en el segundo semestre de 2004.

Hasta ese momento, se habían utilizado aproximadamente 2,508 qq de fertilizantes, de los cuales 2,179.5 qq eran fertilizantes químicos y 328.5 qq de abono orgánico. Asimismo, se habían utilizado 476 litros de abonos foliares, el 63.8 % de los cuales fue abono orgánico.

Por su parte, el Gobierno de Guatemala, desde 1999, y con mayor fuerza a partir del 2000, ha venido implementando una política de subsidio de fertilizantes enfocada principalmente a las zonas de mayor pobreza. El Cuadro 22 muestra los fertilizantes proporcionados al municipio de San Pedro Necta en 2004 hacia finales de noviembre de 2004.

Cuadro 22. Fertilizantes asignados y recibidos en el municipio de San Pedro Necta, Huehuetenango

Tipo de fertilizante	Asignado (quintales)	Recibido (quintales)
15-15-15	2547	3547
20-20-0	3978	3978
46-0-0	2872	0
Orgánico	0	0
	9397	7525

Fuente: delegado MAGA, Noviembre 2004.

De acuerdo con el delegado del MAGA en la cabecera municipal de San Pedro Necta, el criterio de asignación de fertilizantes ha sido: 2 qq de cualquier fórmula a madres viudas, madres solteras y jefes de hogar; y luego de iniciada la distribución se tiene un promedio de 150 qq de diferente fórmula por comunidad.

Tomando de base esta información, se estima que durante 2004, a la microcuenca ingresó un total de 4,320 quintales (196.3 Tm) de fertilizantes químicos, lo que para una superficie de 13.02 Km² que se distribuyen entre el uso del suelo para cultivo de café y el uso del suelo para cultivos anuales, hace una tasa de aplicación de fertilizante de 150.08 Kg/Ha.

8.1.9 La aplicación de pesticidas

El uso de pesticidas en el control de plagas y enfermedades, ha traído como consecuencias una serie de impactos sobre los organismos presentes en los ecosistemas y que no son objetivo deliberado del control, impactos sobre las plantas nativas y cultivadas, impactos sobre los organismos objeto de control directo, y los medios para difundirse han sido el viento, su acumulación en el agua, en el suelo y en los alimentos (Castañeda, O. & de Castañeda, P., 1993). El impacto a la salud humana ha sido la razón más fuerte para

empezar a tomar precauciones en el uso de los pesticidas y a monitorear su presencia y acumulación en las aguas, en el suelo y en los alimentos.

De acuerdo con Castañeda, O. & de Castañeda, P. (1993), los efectos de los plaguicidas sobre la salud humana pueden darse a corto o a largo plazo. Una única exposición a un plaguicida puede producir a corto plazo intoxicaciones agudas sistémicas, dermatitis de contacto, lesiones oculares por contacto y, en algunos casos, reacciones alérgicas generalizadas o de tipo anafiláctico. Si ocurren exposiciones repetidas por períodos más o menos prolongados, según el plaguicida, éstas pueden causar intoxicaciones sistémicas crónicas, dermatitis, problemas alérgicos de tipo crónico, y enfermedades de índole muy diversa, como neuropatías, nefropatías, hepatopatías, enfermedades cardiovasculares, oculares, etc. Los efectos a largo plazo se refieren básicamente a la capacidad de producir cáncer, malformaciones congénitas, esterilidad y abortos.

Por su parte, Galvão, L. A. et al. (2002), en un estudio sobre plaguicidas y salud en el istmo centroamericano, estableció que en Guatemala la tasa de intoxicación/ 100,000 habitantes por exposición a plaguicidas para el período 1992-2001, varió de 6.97 en 1992 a 11.47 en 2001. Identificó también que la letalidad /100 casos de intoxicación a plaguicidas varió de 0.31 en 1992 a 17.76 en 2001. El mismo estudio identificó doce plaguicidas responsables de la mayor morbilidad y mortalidad por intoxicaciones agudas, los cuales son: Paraquat, Fosfuro de aluminio, Metilparation, Metamidofos, Monocrotofos, Clorpirifos, Terbufos, Etoprofos, Endosulfan, Carbofuran, Metomil y Aldicarb.

De acuerdo con CEIBA (2001), los pesticidas más comunes utilizados por los agricultores de 14 comunidades de la microcuenca del río San Pedro son: Volaton, Folidol, Tamaron, Baygon, Agrofos, Ambush, Clerat, Metasystox, Oko, Aldrín, Thiodan y Paraquat.

De acuerdo con este estudio, una lista más específica de los pesticidas utilizados se muestra en el Cuadro 23.

Sin embargo, a partir de la encuesta realizada a las familias de la microcuenca, se estableció que son mínimas las cantidades de pesticidas utilizados. Los pesticidas más utilizados son Gramoxone o Paraquat, Volaton y Tamaron, sin embargo, de acuerdo con la encuesta, al momento de la encuesta solo se habían utilizado en el año 16 litros de Gramoxone, 40 libras de Volaton y 1 litro de Tamaron.

Cuadro 23. Características de los pesticidas distribuidos en la microcuenca del río San Pedro

Nombre comercial	Nombre genérico	Presentación		Costo (Q.)
Folipolvo 2DP	0,0 Dimetil 0-4 nitrofenil fosforotioato	Polvo	Libra	6.0
Agrofos 12 Gr Terbufos	S-tert-butiltiometil 0,0-dietil-fosforoditioato	Polvo	Kilo	20.0
Parafos 48 EC	0,0 dimetil 0-4 nitrofenil fosforodioato	Líquido	Octavo de litro	15.0
Paration metil organofosforado				
Tamaron 60 SL	0,5 dimethyl fosforamida tioato	Líquido	Octavo de litro	15.0
Lorsban 48 EC	0,0 dietil 0,3,5 tricloro 2 piredil fosforotioato	Líquido	Litro	120.0
Malathion 57 EC	Clorpirifos organofosforado			
Gesaprym 90 WG	Dietil (dimetoxitiofosfato-roitio) succinato organofosforado	Líquido	Octavo	5.0
Antracol 70 WP	6 chloro-N ² -ethylul N ⁴ isipropoil-1,3,5 Triazine 2,4-diamine	Polvo	Bolsa	23.0
Gusafin 10 EC	Polymeric zinc propylenbis (dithiocarbamate)	Polvo	Kilo	50.0
Piretroide Permetrina	3 fenoxibencil (1 RS, 3SR) – 3 (-2,2 dicloro vinil) 2, 2 dimetil ciclopropano carboxilato.	Líquido	Cuarto de litro	30.0
Ambush 120 EC	3 Phenoxyfenil	Líquido	Cuarto de litro	35.0
Piretroide permetrina				
Baytroid 2,5 EC	Piretroide- Ciflutrina	Líquido	Litro	120.0
Paraquat Alemán 4S	1-1 dimethyl 4,4 bypyridinium	Líquido	Litro	45.0
Herbicida bipyridilo				
Gramoxone	1-1 dimethyl 4,4 bypyridinium	Líquido	Litro	45.0
Hedonal 72 SL 2,4,D	(2,4 Dichlorophenoxy) Acetic acid	Líquido	Litro	60.0
Basta 15 SL	Herbicida Fenoxi			
Herbicida fosfónico	Glufosinate de Ammonium			
Antrazina				
Diazinon				

Fuente: elaboración propia con base a entrevista a distribuidor de pesticidas, julio 2004.

8.1.10 Otras fuentes de contaminación

8.1.10.1 Uso de Vehículos motorizados: talleres mecánicos, talleres de recarga de baterías y gasolinera

Esto se caracterizan por ser una fuente puntual de contaminantes del tipo hidrocarburos. Concretamente, en la microcuenca se tienen 1 depósito de gasolina, 2 talleres mecánicos, 1 taller de recarga de baterías para vehículos y 18 vehículos tipo pick-up fijos de la cabecera municipal.

8.1.10.2 Uso de pilas o baterías para electrodomésticos

Las pilas o baterías son una fuente de contaminación consideradas muy peligrosa debido principalmente a su contenido de Mercurio y a los derrames que son comunes en los mismos.

A cuerdo a la encuesta realizada, se encontró que en un 37.1 % de las familias de la microcuenca hacen uso de pilas o baterías principalmente para lámparas y radiograbadoras. El promedio mensual de uso es de 4.2 pilas/mes/familia, lo que hace un total al año de 11,328 pilas utilizadas en toda la microcuenca.

8.1.10.3 Uso de desinfectantes clorados

De acuerdo con la encuesta realizada, el 37.7 % de las familias de la microcuenca utilizan este tipo de productos en el lavado de la ropa y en alguna medida para la desinfección de superficies. Estas familias utilizan un promedio de una botella de 300 ml cada semana (0.3 L/semana/familia), lo cual equivale a un total de 3,541 L/año de cloro para desinfección.

8.2 Características fisicoquímicas del agua

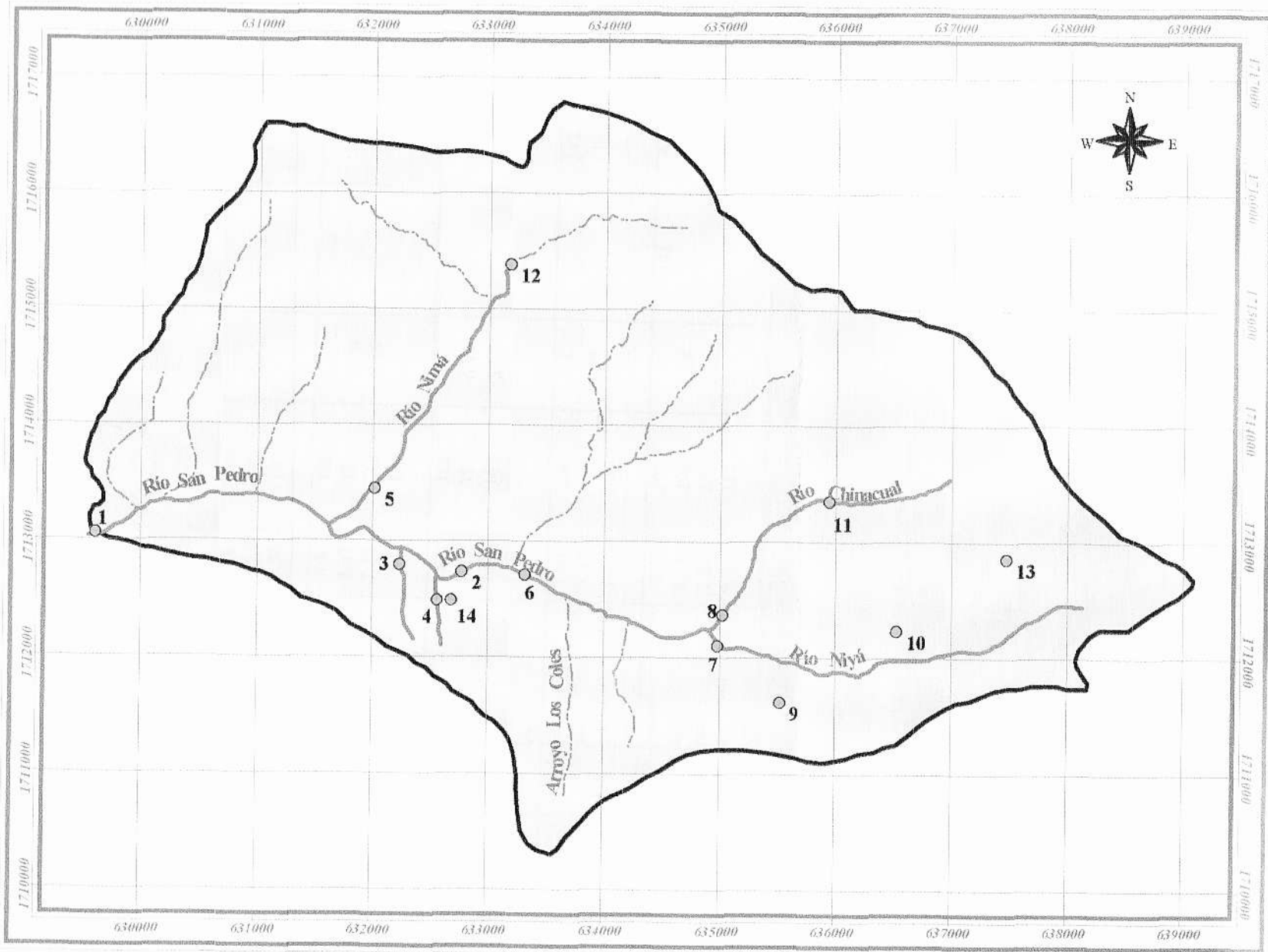
En el Cuadro 24 se muestran algunas características fisicoquímicas de las fuentes de agua muestreadas, y en la Figura 29 se muestra la ubicación de los sitios muestreados.

8.2.1 Temperatura

Esta característica es importante debido a su efecto sobre la solubilidad del oxígeno y, en general, sobre el efecto en las tasas de metabolismo, difusión, y reacciones químicas y bioquímicas (Ciaccio, 1973). El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Acelera la putrefacción. Agua natural a muy altas temperaturas debido a procesos geoquímicos, es aprovechada para la creación de centrales térmicas y nucleares.

En el Cuadro 24 puede verse que en la microcuenca, la temperatura en manantiales varió de 15.7 a 18.9 °C; en los arroyos varió de 15.5 a 17 °C; y en los ríos varió de 15.0 a 16.9 °C. Esta temperatura es menor a la temperatura ambiental promedio para el período de 14 años reportado por el INSIVUMEH que para el mes de diciembre reporta una temperatura promedio de 17.9 °C, sin embargo, el mes de diciembre de 2004 en el día en que se hicieron las mediciones, la temperatura ambiental había descendido notablemente y de acuerdo con Oliva Hernández, B., *et. al.*, existe correlación entre la temperatura ambiental y la temperatura del agua, siendo siempre menor la temperatura del agua.

ESCALA 1:50,000



1000 0 1000 2000 Metros



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE MANEJO SOSTENIBLE DE SUELO Y AGUA
CON ESPECIALIZACIÓN EN PLANIFICACIÓN Y MANEJO
DEL RECURSO HIDRICO EN AGRONOMÍA

LEYENDA



Límite de microcuenca

Tipo de corriente



Permanente

Intermitente



Puntos de muestreo de las fuentes de agua.



Proyección Universal Transversal Mercator

Elipsoide WGS-84 Zona 15

Datum WGS-84

Distancia Horizontal y Vertical de Cuadrícula: 1000 m.

Cuadro 24. Características físicas y de pH de 13 sitios de fuentes de agua, muestreados en 2004, en la microcuenca del río San Pedro

No.	Fuente de agua	Altitud msnm	mes de muestreo	T °C	pH	Conductividad μS/cm	Turbidez UT	Sólidos totales disueltos (mg/L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos sedimentables (mg/L)	Sólidos en suspensión (mg/L)
1	Río San Pedro (punto de aforo)	1239	marzo abril julio dic ene	 15.6	8.3 8.42 7.34 8.35	320 324 211 276	 0.51 0.58	502	40 203 161	1.581 < 0.527 0.633	 26 58
2	Río San Pedro (antes de ingresar a cabecera municipal)	1560	marzo abril julio dic ene	 16.9	7.8 8.2 8.03 8.12	290 296 188 253	 0.59 3.26	287	0 168 237	3.163 < 0.527 0.527	 33 29
3	Arroyo a La Pinada	1565	abril julio dic ene	 17	7.8 8.23 7.54	239 132 182	1.42 26.2		209 219	< 0.527 < 0.527	61 8
4	Arroyo Biblioteca Los Coles	1570	marzo abril julio dic ene	 15.5	7.8 8.07 7.55 8	190 221 212 175	 0.76 0.56	190	0 116 127	0.105 < 0.527 < 0.527	 39 5
5	Río Nimá	1575	marzo abril julio dic ene	 15	8 8.09 7.63 8.19	320 351 161 267	 0.44 3.09	324	40 177 127	1.054 < 0.527 < 0.527	 41 0
6	Manantial Marcos Bravo	1600	abril julio dic ene	 18.9	7.39 7.77 7.37	266 167 249	0.4 1.34		142 119	< 0.527 < 0.527	2 3
7	Río Niyá	1692	marzo abril julio dic ene	 15.7	7.9 8.15 7.23 8.13	200 208 250 183	 1.58 1.39	198	0 128 154	0.211 < 0.527 < 0.527	 31 54

No.	Fuente de agua	Altitud msnm	mes de muestreo	T °C	pH	Conductividad μS/cm	Turbidez UT	Sólidos totales disueltos (mg/L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos sedimentables (mg/L)	Sólidos en suspensión (mg/L)
8	Río Chinacual	1692	marzo abril julio dic ene	16.5	7.4 8.12 8.02 8.3	360 390 161 277	0.57 6.42	360	0 189 144	0.000 < 0.527 < 0.527	4 19
9	Manantial Xemal El Aguacate	1945	marzo abril julio dic ene	18	7.2 7.83 8.15 7.35	143 149 294 141	0.35 2.9	143	0 99 168	0.000 < 0.527 < 0.527	4 10
10	Manantial Niyá, SPN	1970	abril julio dic ene	18	7.18 7.65 7.88	195 206 194	0.38 0.4		29 90	< 0.527 < 0.527	18 11
11	Manantial Chinacual	1991	abril julio dic ene	15.7	7.9 8.12 7.31	215 139 217	0.3 2.95		134 215	< 0.527 < 0.527	3 0
12	Manantial Nimá La Esperanza	2075	abril julio dic ene		8 7.73	226 224	0.33 0.36		131 129	< 0.527 < 0.527	1 7
13	Manantial Baléncruz	2300	abril julio dic ene	17.9	7.48 6.97 7.78	247 144 227	0.57 0.76		100 120	< 0.527 < 0.527	2 20
14	Aguas mieles Beneficio Café	1575	marzo		6.5	650		658	320	17.924	