

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICO Y EDÁFICO Y LOS ASPECTOS  
SOCIOECONÓMICOS, EN LAS SUBCUENCAS PUEBLO VIEJO Y ZARCO DEL  
MUNICIPIO DE PANZÓS, ALTA VERAPAZ.

MAYNOR LEONEL COY POOU

GUATEMALA MAYO DEL 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RECURSOS HÍDRICO Y EDÁFICO Y LOS ASPECTOS  
SOCIOECONÓMICOS EN LAS SUBCUENCAS PUEBLO VIEJO Y ZARCO DEL  
MUNICIPIO DE PANZÓS, ALTA VERAPAZ.

PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE  
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

MAYNOR LEONEL COY POOU

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN

RECURSOS NATURALES RENOVABLES

EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADO

Guatemala, mayo del 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Lic. Carlos Estuardo Gálvez Barrios

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	MSc. Francisco Javier Vásquez Vásquez
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Danilo Ernesto Dardon Ávila
VOCAL CUARTO	Br. Mirna Regina Valiente
VOCAL QUINTO	Br. Nery Boanerges Guzman Aquino
SECRETARIO	MSc. Edwin Enrique Cano Morales

Guatemala, mayo 12 del 2008

Guatemala, 12 de mayo del 2008

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Graduación "Situación actual de los recursos hídrico y edáfico y los aspectos socioeconómicos, en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco del municipio de Panzós, Alta Verapaz"; como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Maynor Leonel Coy Poou

## ACTO QUE DEDICO

A:  
DIOS

Sabio entre Sabios, Todopoderoso que me ha encausado para poder alcanzar una meta más en mi formación académica; mi agradecimiento sincero por ser mi fiel guía y mi soporte en los momentos de fatiga.

Mis Padres

Juana Poo y Alberto Coy Reyes, rindo homenaje por ser una fuente de conocimientos, principios y valores; características que son ni mayor herencia. Presento este acto como un pequeño tributo a todos sus esfuerzos.

Mis Abuelitas

Victoria Coy (QEPD) que el CREADOR la tenga en su Gloria. Agustina Poo, por sus incansables muestras de cariño.

Mis Tíos

Margarita Poo, Héctor Poo Morales, Leonardo Macz (QEPD), Liliana González, con respeto y cariño.

Mis hermanos

Carlos, Claudia, Aída, Silvia, Héctor, Nelson; con quienes he compartido inolvidables momentos. Agradezco a Dios por permitirme formar parte de sus vidas.

Mis Primos

Sergio (QEPD), Gladis, Olga, Henry, Herberth, Heidy, Jennifer, Bayron (QEPD), Otoniel, Luís, mi agradecimiento sincero por su apoyo incondicional.

Mis Sobrinos

Maria de los Ángeles, Daysi Anabella, Bryan Alexander, Christopher Emanuelle, Nancy Alejandra, Miguel Alberto, Rachel Isabel, como un estímulo para que alcancen sus metas.

Mis Amigos

Sergio Jiménez, Iquibalam Pop T., Itzamna Pop T., Eduardo Taracena, José Godoy M., María Eugenia Díaz, con quienes he compartido triunfos y fracasos, que Dios les guíe en su vida.

Compañeros de trabajo

Nestor Sagüi, Selvin Pana, Amanda Sucup, Bayron Leal, Mariola Caal, Felipe Cabnal, Erwin López y a todo el equipo del distrito Polochic de la Fundación Defensores de La Naturaleza.

TRABAJO DE GRADUACION QUE DEDICO

A:

Mi Querido Cobán

Mi Patria Guatemala

Facultad de Agronomía

Universidad de San Carlos de Guatemala

Escuela para Varones “Salvador de Oliva”

Instituto Normal Mixto del Norte “Emilio Rosales Ponce”

## AGRADECIMIENTOS

Ing. Fredy Hernández Ola, por su incondicional apoyo y asesoramiento; así como su paciencia brindada para poder culminar exitosamente este trabajo.

Ing. Rolando Lara Alecio, por su valiosa contribución de conocimientos teóricos y prácticos en la elaboración de la investigación y consecuentemente este trabajo de graduación.

La Fundación Defensores de La Naturaleza por permitirme formar parte de ese emprendedor equipo que trabaja en beneficio del bienestar ambiental.

Al equipo de trabajo del Distrito Polochic, de La Fundación Defensores de La Naturaleza con quienes compartí momentos agradables.

ÍNDICE GENERAL  
CONTENIDO

	PÁGINA
<b>CAPÍTULO I</b>	
Diagnóstico de la subcuenca Pueblo Viejo Panzós Alta Verapaz..	1
1,1 Presentación.....	2
1,2 Marco referencial.....	3
1,2,1 Descripción del área de estudio .....	3
A Ubicación geográfica.....	3
B Ubicación administrativa.....	3
C Extensión de la subcuenca.....	3
D Vías de acceso.....	3
1,3 Objetivos.....	7
1,4 Metodología.....	8
1,5 Resultados .....	9
1,5,1 Aspectos biofísicos.....	9
1,5,2 Aspectos históricos-culturales.....	21
1,5,3 Caracterización socioeconómica.....	21
1,5,4 Aspectos legales e institucionales.....	28
1,6 Conclusiones.....	30
1,7 Recomendaciones.....	31
1,8 Bibliografía.....	32
<b>CAPÍTULO II</b>	
INVESTIGACIÓN: "Estudio del recurso hídrico superficial de la subcuenca Pueblo Viejo, Panzós Alta Verapaz".....	33
2,1 PRESENTACIÓN.....	34
2,2 MARCO TEÓRICO.....	36
2,2,1 MARCO CONCEPTUAL.....	36
A Cuenca hidrográfica.....	36
B Drenaje superficial de la cuenca.....	36
C Recursos hídricos.....	37
CH Impactos del uso del suelo sobre los recursos hídricos.....	38
D Impactos sobre la disponibilidad de agua .....	38
E Concepto general de la calidad del agua .....	39
F Normativo nacional para la calidad del agua potable.....	40
G Limite máximo aceptable.....	41
H Limite máximo permisible .....	41
I Características físicas .....	41
J Características químicas.....	41
K Consideraciones importantes del muestreo.....	41
L Metodología para limpiar los recipientes de muestreo .....	41
LL Información que se requiere en la identificación de las muestras..	42



M	Procedimientos de captación.....	42
N	Observaciones importantes en la captación de muestras.....	43
Ñ	Impactos sobre la calidad del agua .....	43
O	Parámetros físicos del agua .....	44
P	Parámetros químicos del agua.....	46
Q	Nutrientes.....	48
R	Clasificación trófica de los cuerpos de agua.....	50
RR	Consideraciones del tamaño de las cuencas.....	50
S	Consideraciones de la escala temporal.....	51
T	Funciones de la vegetación en el ciclo del agua.....	51
U	Zonas de vida.....	53
V	Clasificación de tierras por capacidad de uso.....	56
W	Geología.....	57
X	Fisiografía.....	58
Y	Suelos.....	59
2,3	OBJETIVOS.....	61
2,4	METODOLOGÍA.....	62
2,5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	67
2,5,1	Distribución.....	67
2,5,2	Cantidad.....	71
2,5,3	Calidad.....	74
2,6	CONCLUSIONES.....	90
2,7	RECOMENDACIONES.....	93
2,8	BIBLIOGRAFÍA.....	94
2,9	APÉNDICES.....	97
<b>CAPÍTULO III</b>		
	<b>Servicios realizados.....</b>	<b>110</b>
3,1	Presentación.....	111
3,2	<b>Servicio 1. Elaboración de diagnósticos rurales participativos en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.....</b>	<b>113</b>
3,2,1	Objetivos.....	113
3,2,2	Metodología.....	114
3,2,3	Resultados.....	115
	A Aspectos sociales de las subcuencas.....	116
	B Aspectos económicos.....	121
	C Características antropológicas.....	127
	D Organización comunitaria.....	127
	E Diagnostico Rural Participativo.....	132
3,2,4	Evaluación.....	141
3,3	<b>Servicio 2. Evaluación y análisis de las características del recurso hídrico en los ríos Pueblo Viejo y Zarco.....</b>	<b>143</b>
3,3,1	Objetivos.....	143
3,3,2	Metodología.....	144
3,3,3	Resultados.....	145

A	Subcuenca del río Pueblo Viejo.....	145
B	Subcuenca del río Zarco.....	164
3,3,4	Evaluación.....	180
3,4	<b>Servicio 3. Elaboración del mapa del uso actual del suelo en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.....</b>	181
3,4,1	Objetivos.....	181
3,4,2	Metodología.....	182
3,4,3	Resultados.....	183
A	Subcuenca Pueblo Viejo.....	183
B	Subcuenca Zarco.....	188
3,4,4	Evaluación.....	193
3,4,5	Bibliografía.....	195

### ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1	Mapa de ubicación de la subcuenca Pueblo Viejo en la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas.....	4
2	Mapa de ubicación de las zonas de manejo en la subcuenca Pueblo Viejo.....	5
3	Mapa de vías de acceso a la subcuenca Pueblo Viejo.....	6
4	Mapa de series de suelos según Simmons, Tarano y Pinto de la subcuenca Pueblo Viejo.....	11
5	Mapa de las regiones fisiográficas de la subcuenca Pueblo Viejo..	15
6	Mapa geológico de la subcuenca del río Pueblo Viejo.....	17
7	Mapa de localización de los puntos de muestreo para el estudio del recurso hídrico.....	63
8	Mapa de la red hídrica de la subcuenca Pueblo Viejo.....	70
9	Temperaturas establecidas para cada microcuenca.....	74
10	Esquematación de las concentraciones de sólidos disueltos totales.....	76
11	Esquematación de los niveles de conductividad eléctrica.....	78
12	Esquematación de los niveles del peso de hidrogeno (pH).....	80
13	Esquematación de los niveles de oxigeno disuelto.....	81
14	Esquematación de las concentraciones de fosfatos.....	83
15	Esquematación de las concentraciones de nitritos.....	85
16	Esquematación de las concentraciones de nitratos.....	87
17	Esquematación de las concentraciones de amoniaco.....	89
18 A	Mapa de ubicación de las comunidades en la subcuenca del río Pueblo Viejo.....	99
19	Mapa de la red hidrográfica de la subcuenca del río Pueblo Viejo..	146
20	Esquematación de los caudales del río Pueblo Viejo en el año 2005.....	150
21	Esquematación de las características físicas del agua del río Pueblo Viejo .....	151

22	Concentraciones de nutrientes presentes en el agua del río Pueblo Viejo.....	155
23	Mapa de ubicación de las fuentes de agua en la subcuenca Pueblo Viejo.....	160
24	Mapa de la red hidrográfica de la subcuenca del río Zarco.....	165
25	Volúmenes de los caudales del río Zarco en el año 2005.....	168
26	Esquematación de las características físicas y químicas del agua del río Zarco.....	169
27	Esquematación de nutrientes presentes en el agua del río Zarco	171
28	Ubicación de las fuentes de agua en la subcuenca Zarco.....	176
29	Mapa del uso actual del suelo de la subcuenca Pueblo Viejo en el año 2005.....	186
30	Avance de la frontera agrícola en la subcuenca Pueblo Viejo.....	187
31	Mapa del uso actual del suelo de la subcuenca Zarco en el año 2005.....	191
32	Avance de la frontera agrícola en la subcuenca Zarco.....	192

#### ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1	Superficie destinada a las zonas de manejo en la subcuenca Pueblo Viejo.....	3
2	Condiciones climáticas.....	9
3	Zonas de vida y su ubicación en la subcuenca.....	9
4	Clasificación de los suelos en la subcuenca.....	10
5	Regiones naturales y capacidad de uso de la tierra.....	12
6	Clases de relieve que se localizan en la subcuenca.....	14
7	Regiones fisiográficas localizadas en la subcuenca Pueblo Viejo.	14
8	Materiales geológicos localizados en la subcuenca Pueblo Viejo.	16
9	Cobertura vegetal de la subcuenca Pueblo Viejo para el año 1995	18
10	Uso actual del suelo de la subcuenca Pueblo Viejo para el año 1995.....	19
11	Denominación técnica y científica de las comunidades vegetales..	19
12	Red hidrológica de la subcuenca Pueblo Viejo.....	20
13	Principales fuentes de ingreso.....	22
14	Utilización de los recursos naturales.....	22
15	Población de las comunidades de la subcuenca para el año 2002.	23
16	Población económicamente activa para el año 2002.....	25
17	Datos de habitación de las comunidades para el año 2002.....	25
18	Población Queqchi que habita en la subcuenca en el año 2002...	26
19	Condiciones educativas que presenta la población para el año 2002.....	27
20	Instituciones que funcionan en la subcuenca Pueblo Viejo.....	29
21	Normas COGUANOR para la calidad del agua potable.....	40

22	Límites Máximos Aceptables y Permisibles de las características sensoriales, químicas y nutrientes, contenidos en el agua potable; propuestos por La Comisión Guatemalteca de Normas - COGUANOR- y La Agencia de Protección Ambiental -EPA-.....	40
23	Dimensión espacial de los impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos.....	51
24	Posición fisiográfica, material madre y características de los suelos en la subcuenca Pueblo Viejo.....	60
25	Ubicación de los puntos de monitoreo en las microcuencas del río Pueblo Viejo para el año 2005.....	62
26	Características morfométricas de la subcuenca del río Pueblo Viejo del año 2005.....	67
27	Caudales estimados para las épocas seca y lluviosa de las microcuencas del río Pueblo Viejo.....	71
28	Valores de coeficiente de escorrentía propuestos por Parry.....	72
29	Resultados de la relación precipitación-escorrentía e infiltración...	72
30	Condiciones térmicas superficiales de las microcuencas.....	74
31	Concentraciones de sólidos disueltos totales en los afluentes.....	76
32	Resultados de la conductividad eléctrica en los cauces de las microcuencas.....	78
33	Concentración de los iones de hidrogeno en los cauces de las microcuencas.....	79
34	Concentraciones de oxígeno disuelto.....	81
35	Cantidades de fosfatos estimados en los ríos de las microcuencas.....	83
36	Concentraciones de nitritos en los cauces de las microcuencas...	85
37	Resultados de las concentraciones de sales en la subcuenca Pueblo Viejo.....	86
38	Amoniaco reportado en los meses de mayo y septiembre.....	88
39 A	Especies forestales localizadas en la subcuenca Pueblo Viejo...	97
40 A	Ubicación de las comunidades en la subcuenca Pueblo Viejo.....	98
41 A	Aspectos demográficos de la subcuenca Pueblo Viejo para el año 2005.....	100
42 A	Usos del suelo en la subcuenca Pueblo Viejo en el periodo de 1987 a 2005.....	100
43 A	Registros de los parámetros físico-químicos de la calidad de agua en la subcuenca Pueblo Viejo.....	101
44 A	Registros de nutrientes en el agua del río Pueblo Viejo.....	101
45 A	Boleta para registros físicos y químicos de la calidad de agua del río Pueblo Viejo en el mes de mayo del 2005.....	102
46 A	Boleta para registros de nutrientes en el agua del río Pueblo Viejo, en el mes de mayo del 2005.....	103

47 A	Boleta para registros físicos y químicos de la calidad de agua del río Pueblo Viejo en el mes de septiembre del 2005.....	104
48 A	Boleta para registros de nutrientes en el agua del río Pueblo Viejo, en el mes de septiembre del 2005.....	105
49 A	Boleta para aforo del caudal del río Pueblo Viejo en el mes de mayo del 2005.....	106
50 A	Boleta para estimación del caudal del río Pueblo Viejo en el mes de mayo del 2005.....	107
51 A	Boleta para aforo del caudal del río Pueblo Viejo en el mes de septiembre del 2005.....	108
52 A	Boleta para estimación del caudal del río Pueblo Viejo en el mes septiembre del 2005.....	109
53	Ubicación geográfica de las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo donde se realizó el diagnostico rural participativo...	115
54	Comunidades de la subcuenca Zarco donde se realizó el diagnostico rural participativo.....	115
55	Extensión territorial ocupada por las comunidades.....	115
56	Demografía para el año 2005 según censos de los COCODES...	116
57	Demografía por rangos de edad.....	117
58	Principales aspectos de salubridad.....	118
59	Datos de habitación de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco en el año 2005.....	119
60	Aspectos educativos de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco en el año 2005.....	119
61	Tenencia de la tierra en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.....	121
62	Principales actividades económicas de las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo para el año 2005.....	121
63	Productos agrícolas utilizados en los cultivos en las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo.....	123
64	Principales actividades económicas de las comunidades de la subcuenca Zarco para el año 2005.....	124
65	Productos agrícolas utilizados en los cultivos en las comunidades de la subcuenca Zarco.....	125
66	Principales servicios e infraestructura de las comunidades en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.....	126
67	Principales etnias de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.....	127
68	Principales religiones en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.....	127
69	Estructura organizativa de los Comités Comunitarios de Desarrollo de las comunidades en la subcuenca Pueblo Viejo.....	129
70	Estructura organizativa de los Comités Comunitarios de Desarrollo de las comunidades en la subcuenca Zarco.....	131
71	Principales actividades de las comunidades en la subcuenca Pueblo Viejo.....	133

72	Resultados del análisis de los mapas actuales y a futuro de las comunidades en la subcuenca Pueblo Viejo.....	134
73	Procesos de participación del hombre y la mujer en las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo.....	135
74	Problemas y necesidades de la población en la subcuenca Pueblo Viejo.....	135
75	Principales actividades de las comunidades en la subcuenca Zarco.....	137
76	Resultados del análisis de los mapas actuales y a futuro de las comunidades en la subcuenca Zarco.....	138
77	Procesos de participación del hombre y la mujer en las comunidades de la subcuenca Zarco.....	139
78	Problemas y necesidades que expresaron hombres y mujeres de la subcuenca Zarco.....	139
79	Características morfométricas de la subcuenca del río Pueblo Viejo.....	147
80	Aforos realizados en la parte baja del río Pueblo Viejo.....	150
81	Monitoreos de aspectos físicos y químicos del agua del río Pueblo Viejo.....	151
82	Resultados de pH del agua del río Pueblo Viejo.....	153
83	Concentraciones de nutrientes del agua del río Pueblo Viejo.....	154
84	Ubicación geográfica de las fuentes de agua en la subcuenca Pueblo Viejo.....	157
85	Ubicación geográfica de los tanques de distribución en la subcuenca Viejo.....	157
86	Relación disponibilidad-demanda de agua en las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo.....	158
87	Características de los sistemas de agua potable en las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo.....	161
88	Características morfométricas de la subcuenca del río Zarco.....	166
89	Aforos realizados en la parte baja del río Zarco.....	167
90	Monitoreos de aspectos físicos y químicos del agua del río Zarco.	168
91	Resultados de pH del agua del río Zarco.....	171
92	Concentraciones de nutrientes del agua del río Zarco.....	171
93	Ubicación geográfica de las fuentes de agua en la subcuenca Zarco.....	174
94	Ubicación geográfica de los tanques de distribución en la subcuenca Zarco.....	174
95	Relación disponibilidad-demanda de agua en las comunidades de la subcuenca Zarco.....	175
96	Características de los sistemas de agua potable en las comunidades de la subcuenca Zarco.....	177
97	Georeferenciación del uso actual del suelo en la subcuenca Pueblo Viejo.....	183
98	Uso actual del suelo de la subcuenca Pueblo Viejo en el año	184

	2005.....	
99	Avance de la frontera agrícola en la subcuenca Pueblo Viejo.....	187
100	Georeferenciación del uso actual del suelo en la subcuenca Zarco.....	188
101	Uso actual del suelo de la subcuenca Zarco en el año 2005.....	188
102	Avance de la frontera agrícola en la subcuenca Zarco.....	192

## RESUMEN

El presente documento corresponde al trabajo de graduación establecido por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos; cuyo propósito es la integración de las actividades realizadas en el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía - EPSA-; el cual fue ejecutado en la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas, con La Fundación Defensores de La Naturaleza en el Distrito Polochic; con sede en el municipio de Panzós en el departamento de Alta Verapaz.

Defensores de la Naturaleza es una organización que trabaja por el cuidado y conservación de los recursos naturales de Guatemala. La Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas se ubica en el extremo oriental del país y tiene aproximadamente 130 kilómetros de largo por 19 kilómetros de ancho, para una extensión de 240,000 hectáreas. Esta área protegida alberga a más de dos tercios de los mamíferos y reptiles registrados en Guatemala y Belice, una gran variedad de ecosistemas agrupados en seis zonas de vida y hábitats críticos para especies en peligro de extinción.

En los densos bosques nublados de la reserva se originan 63 ríos permanentes que alimentan valles fluviales como el de Motagua y el Polochic; dentro de estos cabe mencionar el río Pueblo Viejo, éste está ubicado en el municipio de Panzós, Alta Verapaz.

Basado en la información obtenida en el diagnóstico, ésta subcuenca tiene una área aproximada de 14,953.59 hectáreas que representa aproximadamente el 6.2% del área total de la Sierra, las zonas de vida predominantes son el bosque muy húmedo subtropical cálido, bosque muy húmedo subtropical frío y el bosque pluvial montano bajo. Cuenta con un clima cálido húmedo con un promedio de temperatura de 26° C., y una precipitación pluvial promedio de 3,000 mm anuales.

La Geología y edafología es bastante antigua debido a que la subcuenca forma parte de la Cordillera Central de Guatemala, condición que ha influenciado en la fisiográfica y topografía. Las condiciones edáficas presentan un relieve superior al 55% en la zona núcleo y un rango de pendiente del 15 y 35% en la zona de amortiguamiento y uso sostenido. Los suelos normalmente no superan los 50 centímetros de profundidad;



permitiendo con esto que esas tierras tenga un enorme uso potencial para el sector forestal.

Existen en la subcuenca Pueblo Viejo un total de 12 comunidades y una población de 2,295 habitantes distribuidos en tres microcuencas. El crecimiento demográfico en tres años ha aumentado en un 49%; producto del índice de natalidad y la inmigración al sector.

El crecimiento demográfico, el uso de agroquímicos y la poca profundidad de los suelos, ha influenciado que los habitantes de la subcuenca invadan áreas de la reserva cuyo propósito fundamental es la conservación de flora y fauna silvestre; estos sectores están siendo desprovistos de la cobertura forestal para implementar cultivos de subsistencia; los que incrementan el riesgo de erosiones edáficas por la intensidad de la precipitaciones pluviales.

Éstas actividades agrícolas que se realizan sin las adecuadas técnicas agronómicas para la conservación de suelos; ha fomentado que las partes bajas del cauce principal estén recibiendo constantemente cierta cantidad de sedimentos, condiciones que provocan el detrimento de las características físico-químicas del recurso hídrico.

Ante tales situaciones, los servicios que se realizaron en el EPSA fueron:

1. La realización de Diagnósticos Rurales Participativos en 5 comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo y 4 comunidades en la subcuenca Zarco.
2. Evaluación y análisis de las características físico-químicas, concentración de nutrientes; de los cauces principales en los ríos Pueblo Viejo y Zarco.
3. Mapeo del uso actual del suelo en ambas subcuencas.

La ejecución de éstas actividades permitió actualizar la información social, económica, cultural, infraestructura, proyectos de desarrollo, organización comunitaria, usos del agua, grado de contaminación del recurso hídrico, usos actuales del suelo. Se realizó la investigación “Estudio del recurso hídrico superficial de la subcuenca del río Pueblo Viejo, Panzós Alta Verapaz”; en este estudio se evaluaron y analizaron las características físico-químicas, concentración de nutrientes y aforo de los caudales en tres microcuencas y el cauce principal del río Pueblo Viejo.

## **CAPITULO I**

### **DIAGNÓSTICO DE LA SUBCUENCA PUEBLO VIEJO, PANZÓS ALTA VERAPAZ**

## 1.1 PRESENTACIÓN

El ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía, contempla dentro de su esquema la ejecución del diagnóstico de la ubicación donde el estudiante realiza su práctica. El EPSA se destinó a la Fundación Defensores de La Naturaleza; institución encargada de administrar algunas áreas protegidas a nivel nacional.

El ejercicio se realizó en la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas específicamente en el distrito Polochic, con sede en el municipio de Panzós del departamento de Alta Verapaz; este sector es el encargado de administrar, proteger, evaluar las condiciones de los recursos naturales en las subcuencas Pueblo Viejo, Tinajas, Zarco así como las subcuencas ubicadas en el municipio de Santa Catalina La Tinta A.V,

Dentro de las funciones principales que se realizan en Defensores del distrito Polochic está la coordinación, análisis, evaluación y aceptación de los distintos proyectos de desarrollo que tanto la institución como otras instituciones no gubernamentales implementan en los distintos sectores; con la finalidad de mejorar el nivel de vida de los pobladores.

Se procedió a realizar el diagnóstico de la subcuenca del río Pueblo Viejo, ésta es una de las principales redes hídricas que aportan considerables caudales al río Polochic, que conjuntamente con el río Cahabón desembocan en el Lago de Izabal.

Dentro de los aspectos que se tomaron en cuenta están las condiciones biofísicas, sociales, económicas e institucionales que se presentan en este sector, toda esta información se presenta en este informe que será de mucha utilidad al momento de fomentar algún proyecto; debido a que es una área protegida, la minimización de los impactos ambientales debe tomarse como prioritario para poder mantener la biodiversidad de la misma.

## 1.2 MARCO REFERENCIAL

### 1.2.1 Descripción del área de estudio.

#### A) Ubicación geográfica

La subcuenca del río Pueblo Viejo, es una subcuenca del río Polochic. Está ubicada dentro de las siguientes coordenadas Latitud N 15° 8' y 15° 20' Longitud O 89° 36' y 89° 52', entre altitudes que van de 15 a 2,750 msnm.

#### B) Ubicación Administrativa

La subcuenca del río Pueblo Viejo, se localiza dentro del municipio de Panzós, Departamento de Alta Verapaz, colinda con los siguientes lugares: en la parte Norte limita con el río Polochic, al Sur con los municipios de Teculután y Río Hondo Zacapa, al Este con la subcuenca del río Tinajas y al Oeste con la subcuenca del río Samiljá en el municipio de Santa Catalina La Tinta, Alta Verapaz (figura 1).

#### C) Extensión de la subcuenca:

La subcuenca del río Pueblo Viejo tiene una extensión territorial aproximada de 149.54 km<sup>2</sup> equivalente a 14,953.59 ha. Ésta área protegida está dividida en 3 zonas de manejo (figura 2.).

#### **Cuadro 1. Superficie destinada a las zonas de manejo en la subcuenca Pueblo Viejo.**

	Zona de manejo	Superficie (ha)
1	Zona de amortiguamiento (ZAM)	5294.71
2	Zona de uso sostenido (ZUM)	2214.54
3	Zona núcleo (ZN)	6882.92
	Superficie fuera del área protegida	556.71
	Superficie total de la subcuenca	14948.88

Fuente: Sistema de Información Geográfica, Fundación Defensores de la Naturaleza.

#### D) Vías de Acceso:

La forma de llegar a la subcuenca Pueblo Viejo desde la ciudad capital es por medio de la ruta centroamericana CA-14, hasta el cruce de San Julián, Tactic Alta Verapaz en el kilómetro 180. La ruta nacional 7E es una carretera de terracería que conduce hasta el municipio de El Estor Izabal; es transitable durante todo el año y en su recorrido cruza por la aldea de Teleman, Panzós A.V., en el kilómetro 235. Posteriormente se toma una carretera de terracería de tercer orden de aproximadamente 15 kilómetros que conduce

hasta el caserío Pueblo Viejo donde se localiza la subcuenca del mismo nombre (figura 3). (González, 1999).

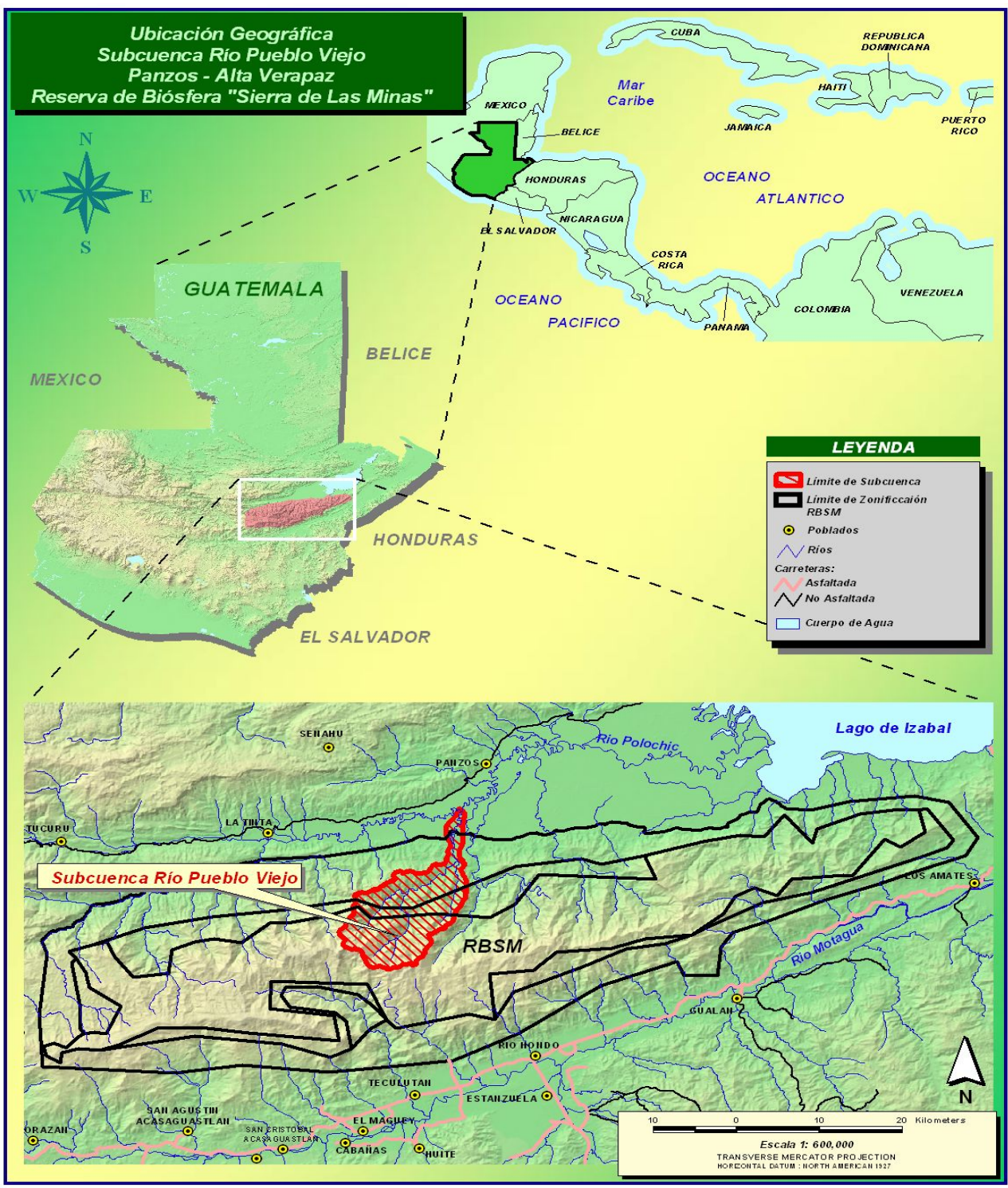


Figura 1. Mapa de ubicación de la subcuenca Pueblo Viejo en la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas.



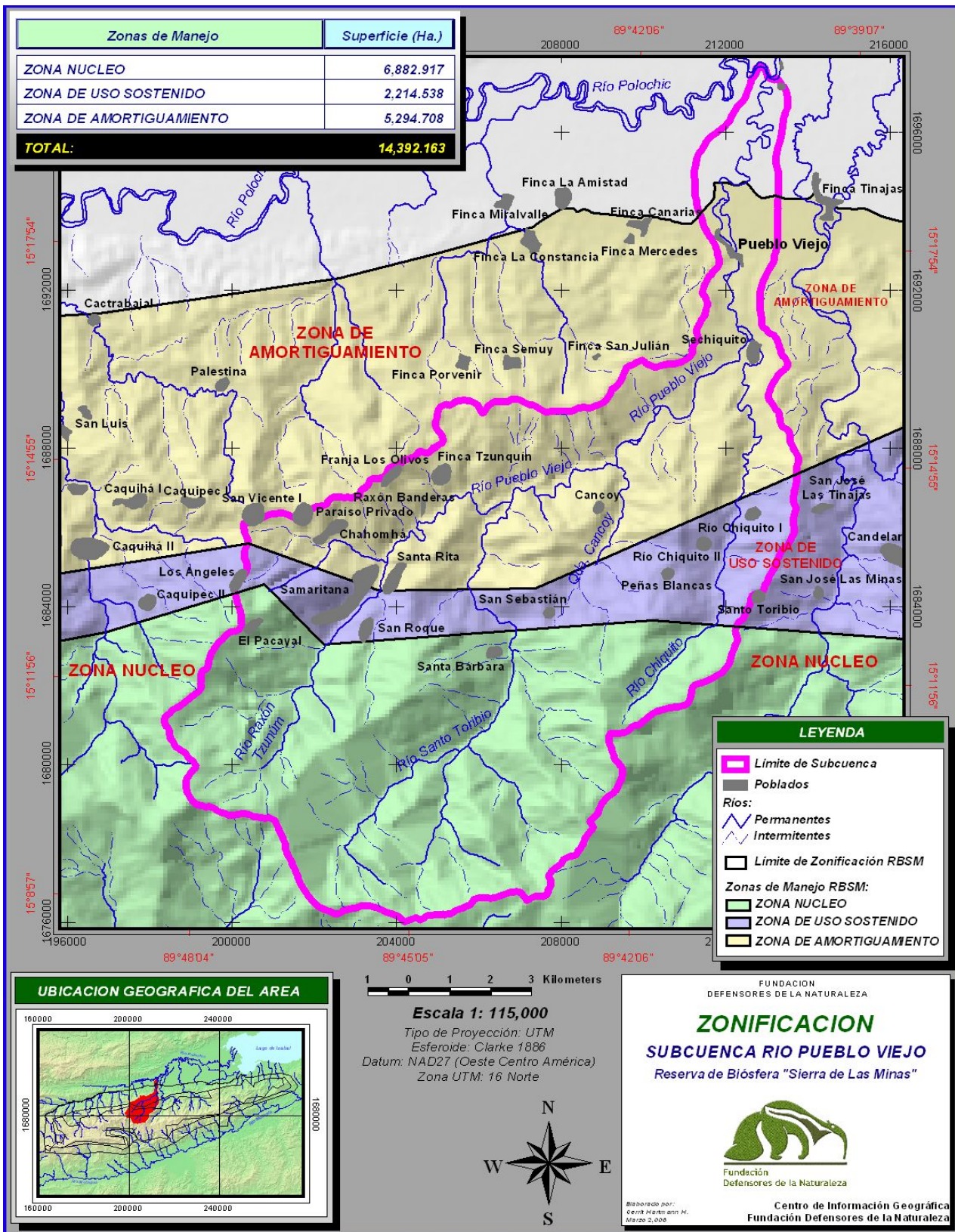


Figura 2. Mapa de ubicación de las zonas de manejo en la subcuenca Pueblo Viejo.



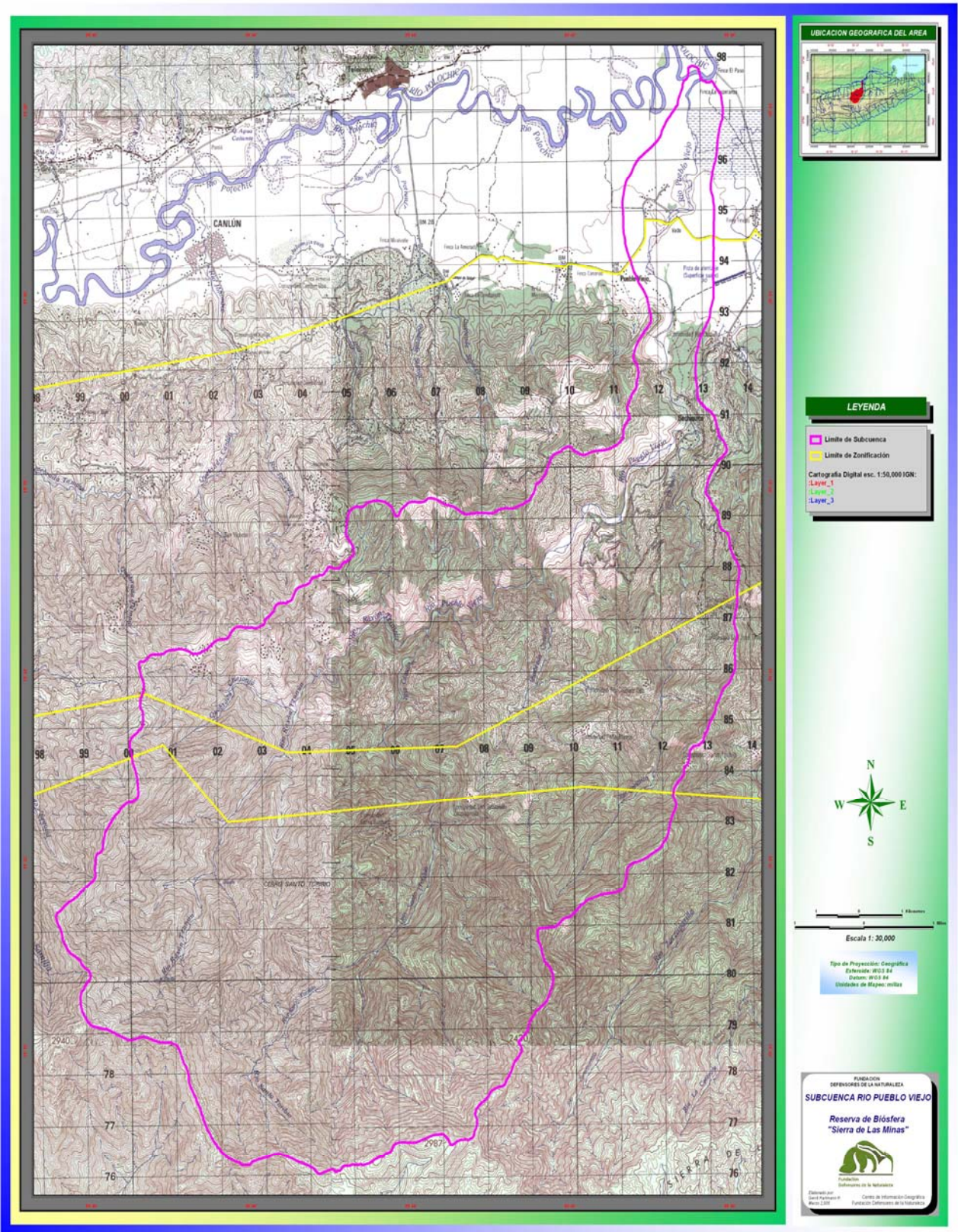


Figura 3. Mapa de vías de acceso a la subcuenca Pueblo Viejo.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 General

- Determinar el estado actual de los recursos naturales de la subcuenca del río Pueblo Viejo.

### 1.3.2 Específicos

- Ubicar política y geográficamente la subcuenca del río Pueblo Viejo.
- Conocer los aspectos biofísicos del área de la subcuenca.
- Determinar el número de comunidades, el crecimiento demográfico así como la presión que se ejerce sobre los recursos naturales.



## 1.4 METODOLOGÍA

1. Se realizaron caminamientos de reconocimiento del área que ocupa la subcuenca del río Pueblo Viejo. Durante ésta actividad se contó con el apoyo de los guardarecursos asignados a este sector de la Reserva.
2. Se ubicó política y geográficamente la subcuenca Pueblo Viejo.
3. Se realizó una revisión bibliográfica respecto a características biofísicas, socioeconómicas, culturales, de las comunidades que habitan en la subcuenca; se utilizaron los planes maestros de la Fundación Defensores de La Naturaleza, tesis de Ingenieros Forestales de la Universidad del Valle de Guatemala, información que proporcionó la Coordinadora del Fondo del Agua de la Fundación Defensores de La Naturaleza.
4. Se delimitaron características biofísicas del área, utilizando para tal fin; mapas cartográficos, temáticos, geológicos, fisiográficos, zonas de vida, uso actual y capacidad de uso de la tierra. Las hojas cartográficas utilizadas estaban a escala 1:50,000; también se utilizó información proporcionada por el Sistema de Información Geográfica de la Fundación.
5. Se interpretaron las condiciones socioeconómicas de las comunidades de la subcuenca. Para cumplir con éste fin se utilizó información derivada de los censos poblacionales y habitacionales realizados por El Instituto Nacional de Estadística así como información proporcionada por la Coordinadora del Fondo del Agua de la Fundación Defensores de la Naturaleza.
6. Se elaboró el informe final del diagnóstico.

## 1.5 RESULTADOS

### 1.5.1) Aspectos Biofísicos

#### A) Clima

##### **Cuadro 2. Condiciones climáticas**

Clima	Cálido con invierno benigno, muy húmedo
Temperatura promedio anual	26° C
Precipitación promedio anual	3,000 mm
Época lluviosa	mayo a noviembre
Ciclo de lluvia anual	180-200 días

Fuente: González Escobar O.G. Tesis ingeniero forestal UVG.

Las condiciones climáticas que pueden ubicarse en toda la subcuenca, suelen ser muy variables conforme se asciende a las distintas zonas de manejo que se han delimitado, esto significa que los periodos de precipitación suelen ser de mayor intensidad aunque de menor duración en la zona núcleo y la zona de uso sostenido lo cual permite que el potencial erosivo que las mismas presentan hacia el suelo tenga un mayor efecto en aquellas áreas que están desprotegidas de cobertura arbórea y arbustiva; caso particular de la zona de usos múltiples y la zona de amortiguamiento.

Las precipitaciones pluviales se mantienen en el rango de 2,500 a 3,500 mm anuales durante un periodo de 6 meses aunque se presentan precipitaciones aisladas durante los meses de diciembre y enero. (González E, 1999)

Las temperaturas suelen oscilar entre una máxima de 32° C y una mínima de 22° C. La humedad relativa presenta un promedio anual del 79%, aunque suele oscilar entre 75% y 83% incrementándose de los meses de agosto a enero para luego iniciar un descenso que se mantiene a lo largo de la época seca.

#### B) Zonas de Vida

##### **Cuadro 3. Zonas de vida y su ubicación en la subcuenca.**

	Zonas de vida	Ubicación en las zonas de manejo
1	Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S(c))	Zona de amortiguamiento, zona de usos múltiples y zona núcleo
2	Bosque muy húmedo subtropical frío (bmh-S(f))	Zona de amortiguamiento, zona de usos múltiples y zona núcleo
3	Bosque pluvial Montano bajo (bp-MB)	Zona núcleo

Fuente: De La Cruz S. J.R. 1982.

Dentro del área de influencia de la subcuenca Pueblo Viejo se logró ubicar tres zonas de vida las cuales están distribuidas a lo largo de la misma, tal circunstancia permite la existencia en la parte baja de la subcuenca del bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S(c), éste abarca la mayor parte de la zona de amortiguamiento, la zona de usos múltiples e incluso fracciones de la zona núcleo. El bosque muy húmedo subtropical frío (bmh-S (f)), está ubicado en la zona núcleo de la subcuenca y abarca una pequeña fracción de la zona de usos múltiples y cerca de un cinco a diez por ciento de la zona de amortiguamiento. La última zona de vida está ubicada en la zona núcleo y pertenece al bosque pluvial montano bajo (bp-MB). (FDN, 2003)

Esta singular mezcla de ecosistemas permite la existencia de una gran biodiversidad de flora y fauna, las cuales por procesos antropicos han ido desapareciendo o están en peligro de extinción (en el caso de la flora), o simplemente han emigrado a las partes más altas de la subcuenca (en el caso de la fauna).

#### C) Suelos

#### **Cuadro 4. Clasificación de los suelos en la subcuenca**

Grupo	Subgrupo	Serie	Superficie (has)	%
Suelos de los cerros de caliza	Suelos profundos sobre esquistos y esquistos arcillosos	a) Civijá (Ci)	10624.27	72
		b) Teleman (Te)	2767.56	19
Suelos de las tierras bajas de El Peten-Caribe	Suelos poco profundos bien drenados	c) Chacalte (Cha)	709.66	4.8
		d) Polochic (Pc)	233.17	1.6
Clases Misceláneas de terreno		e) suelos de los Valles (SV)	507.76	3.4
TOTAL				100

Fuente: Simmons et al. 1959.

En la subcuenca Pueblo Viejo se localizan tres grupos de suelos, el 91% está representado por los Suelos de los Cerros de caliza; de este grupo el suelo de la serie Civijá es el que ocupa la mayor extensión de terreno en toda la subcuenca. Este tipo de suelo se puede localizar en toda la subcuenca. Posteriormente se puede localizar la serie de suelo Teleman, la cual abarca aproximadamente el 40% de la superficie de la zona de amortiguamiento.

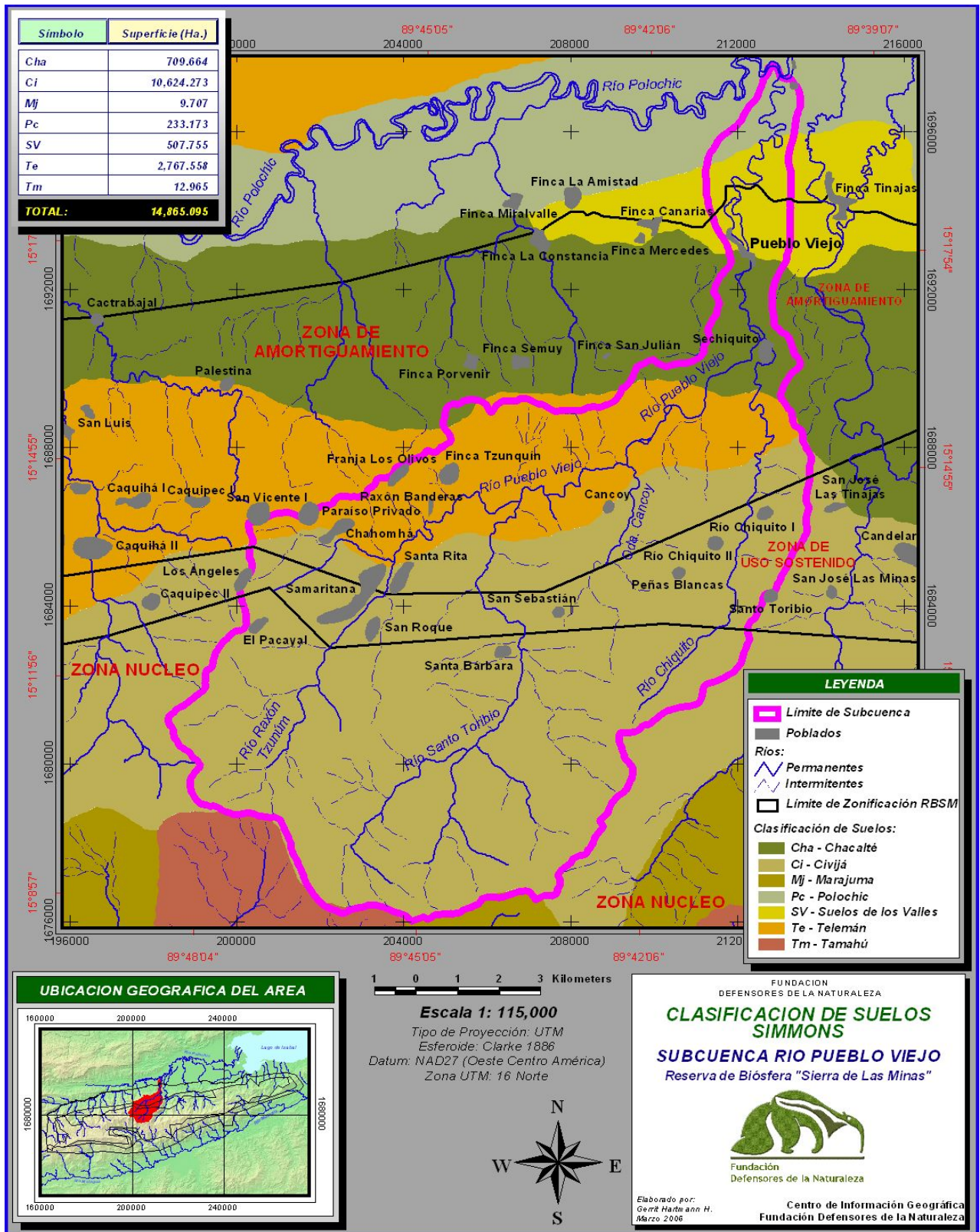


Figura 4. Mapa de series de suelos según Simmons, Tarano y Pinto de la subcuenca Pueblo Viejo.

En la zona de amortiguamiento también se pudieron ubicar otras dos series de suelos, éstas son Chacalte y Suelos de Los Valles; éstas ocupan una extensión aproximada del 30% y el 10% respectivamente, dado que el 20% restante de esta zona de manejo está cubierta por la serie de suelo Civijá.

En la parte baja de la subcuenca se delimitaron dos series de suelo que están fuera del área de influencia del área protegida y consecuentemente de la administración de la Fundación Defensores de La Naturaleza; estos suelos pertenecen a las series Suelos de Los Valles y Polochic; cuya formación es principalmente de origen aluvial y/o coluvio aluvial.

Se detectaron un par de series de suelos más; pero por estar en el lindero del parte aguas de la subcuenca no se toman como parte importante para la realización de estudios, sin embargo es de hacer notar que representan el 0.1% de los suelos de la región (figura. 4).

#### D) Clasificación de tierras por capacidad de uso

##### **Cuadro 5. Regiones naturales y capacidad de uso de la tierra.**

Región Natural	Matriz de decisión					
	Profundidad del suelo (cm.)	Porcentaje de pendiente				
		< 8	8-16	16-32	32-55	> 55
Tierras Calizas Altas del Norte	< 20	Aa/Ss	Ss/Ap	Ss/F	F	Fp
	20-50	Am/Aa	Am/Aa	Ss/Ap	F	Fp
		< 12	12-26	26-36	36-55	> 55
Tierras Metamórficas	< 20	Am/Aa	Ss	Fp	Fp	Fp
	20-50	Am/Aa	Aa/Ss	Ap/F	F/Fp	Fp
		< 8	8-16	16-32	> 32	
Tierras de las llanuras de inundación del norte	< 20	Am/Ap	Ss/Ap	F/Fp	Fp	
	20-50	A/Am	Aa/Ss/Ap	Ss/Ap	F/Fp	
	50-90	A	Am	Am/Aa	Ap/F	

Fuente: Manual para la Clasificación de Tierras por Capacidad de Uso del INAB.

### Categorías de Capacidad de Uso.

A: Agricultura sin limitaciones. Aa: Agroforestería con cultivos anuales. Am: Agricultura con mejoras. Ss: Sistemas silvopastoriles. Ap: Agroforestería con cultivos permanentes. F: Tierras forestales para producción. Fp: Tierras forestales de protección.

En la subcuenca Pueblo Viejo se delimitaron tres regiones naturales. El sector de la zona núcleo está constituido por Tierras Metamórficas, las cuales cubren alrededor del 20% el porcentaje restante está conformado por Las Tierras Calizas Altas del Norte; esta región natural cubre el 100% de la zona de uso sostenido y el 75% de la zona de amortiguamiento, el restante 25% de la ZAM; forma parte de Las Tierras de Las Llanuras de Inundación del Norte; es necesario mencionar que aproximadamente la mitad de este 25% se localiza fuera del área administrativa de la Fundación Defensores de La Naturaleza (cuadro 5)

Se ubican en la subcuenca 7 categorías de capacidad de uso de la tierra. Estos usos están en función del grado de pendiente del terreno y la profundidad del suelo, de esto se determina que en la zona de amortiguamiento cuya diferencia de alturas oscila entre 30 y 1100 msnm; se puede producir algún tipo de cultivo agrícola utilizando técnicas agroforestales que permitan la conservación del suelo. En la parte alta de esta zona de manejo, la vocación del suelo es de tipo forestal tanto de producción como de protección. El sector que no presenta limitaciones para la producción agrícola está ubicado fuera del área protegida y por lo tanto Defensores de la Naturaleza no tiene la capacidad de verificar el tipo de uso que se le da al suelo.

En la parte media de la subcuenca, la zona de uso sostenido tiene un rango de alturas que van de 600 a 1600 msnm; el 60% del suelo tiene vocación forestal de protección y el 40% está destinado para cultivos anuales y permanentes éstos deben de trabajarse conjuntamente con Sistemas Silvopastoriles debido a que este sector de la subcuenca presenta limitaciones de pendiente y profundidad del suelo, condición que minimiza la infiltración de agua proveniente de las precipitaciones pluviales y aumenta la escorrentía superficial.

En la zona núcleo podemos encontrar alturas de 900 a 2900 msnm, en ésta zona el tipo de pendiente supera el 32% y el uso mas recomendado es el forestal de protección,

debido a que tienen como objetivo preservar el ambiente natural, conservar la biodiversidad, así como las fuentes de agua.

#### E) Topografía

##### **Cuadro 6. Clases de relieve que se localizan en la subcuenca.**

% de pendiente	Superficie (ha)
0-12	3244.41
13-26	1772.28
27-36	2171.34
37-55	3918.51
> 55	3847.05
TOTAL	14,953.59

Fuente: González Escobar O.G. Tesis Ingeniero Forestal UVG.

El tipo de relieve que se puede localizar a lo largo de toda la subcuenca tiende a cambiar drásticamente con la altura, dándose el caso de que algunos sectores están conformados por cárcavas con pendientes superiores al 100%. El 48% del terreno en la subcuenca presenta pendientes que oscilan entre 0 y 36%, se localizan en la zona de amortiguamiento hasta aproximadamente la mitad de la superficie cubierta en dicho sector.

Pendientes superiores al 37% pero menores del 55% representan el 26% de la superficie total de la subcuenca; y se puede localizar este tipo de topografía en el lado norte de la zona de amortiguamiento y el total de la zona de uso sostenido. La zona núcleo es un área en donde ascender se toma un tanto complicado dado que el tipo de pendiente supera el 55% imposibilitando el acceso con cualquier tipo de vehículo; el 26% de la superficie de la subcuenca presenta este tipo de topografía (cuadro 6)

#### F) Fisiografía

##### **Cuadro 7. Regiones fisiográficas localizadas en la subcuenca Pueblo Viejo.**

Regiones Fisiográficas		Superficie (has)
Depresión de Izabal	Planicie Aluvial del Polochic	713.94
Tierras Altas Cristalinas	Sierra de Las Minas	10,288.74
Tierras Altas Sedimentarias	Montañas y Laderas sedimentarias	3,862.41
TOTAL		14,865.09

Fuente: Instituto Nacional de Bosques. 2000.

El 69% de la superficie total de la subcuenca está dominado por la región fisiográfica Tierras Altas Cristalinas; este tipo de fisiografía abarca la totalidad de la zona



núcleo y la zona de uso sostenido, incrustándose en un 15% aproximadamente en la zona de amortiguamiento (figura 5).

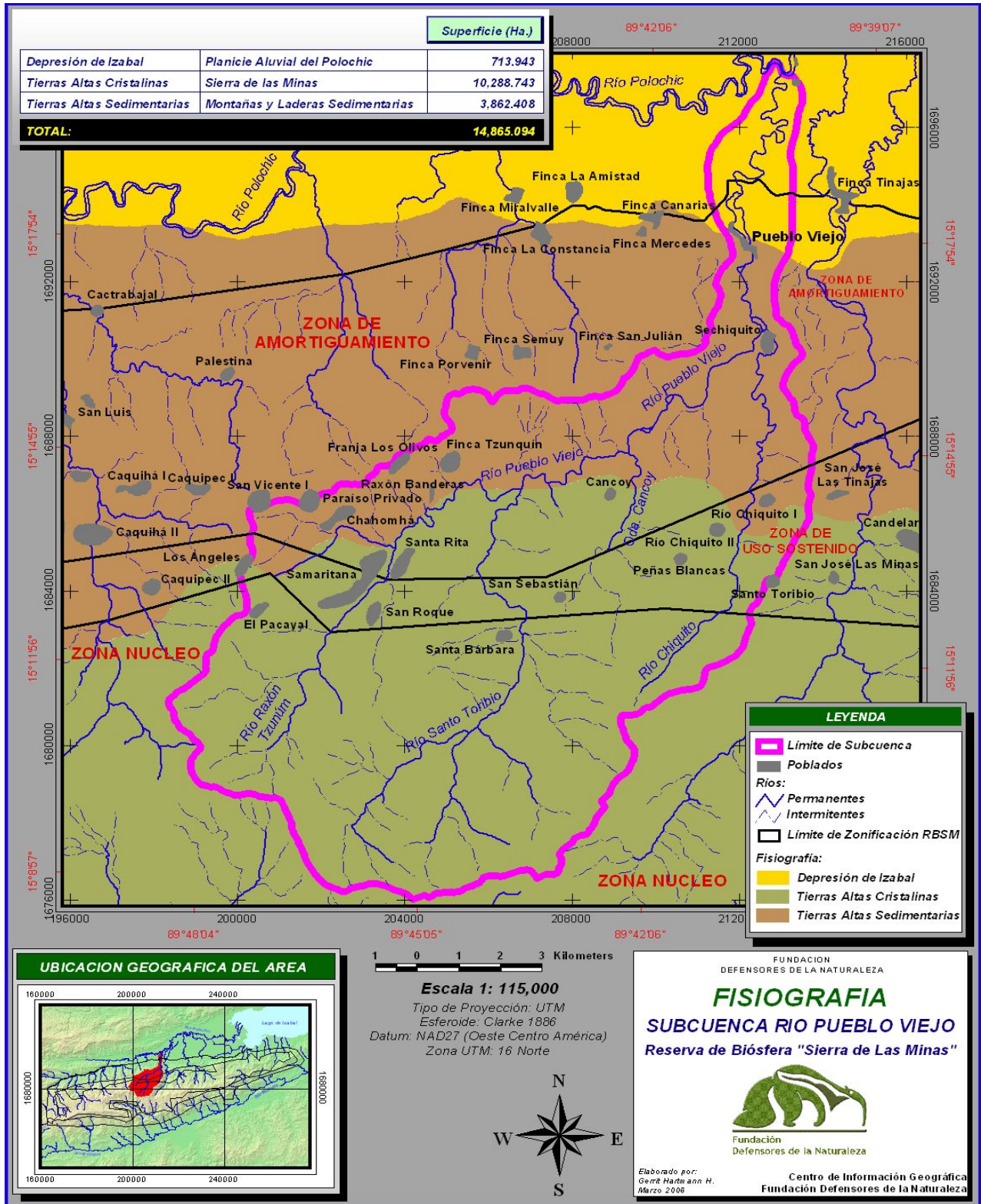


Figura 5. Mapa de las regiones fisiográficas de la subcuenca Pueblo Viejo.



Este sector de la subcuenca está formado principalmente por rocas metamórficas y sedimentos del paleozoico debido a que su origen geológico es el más antiguo de América Central. En esta región fisiográfica destacan las serpentinitas, filitas, gneisses, esquistos y granitos éstas son rocas sedimentarias. Por pertenecer a la Cordillera Central de Guatemala, en este sector podemos localizar sierras altas y abruptas que limitan en ciertos aspectos el ascenso a la zona.

Las Tierras Altas Sedimentarias y la Depresión de Izabal comparten la zona de amortiguamiento en la subcuenca; representan un 26% y un 5% de la superficie total de la subcuenca respectivamente. Las franjas que atraviesan la zona de amortiguamiento están distribuidas aproximadamente en un 75% cubierto por las Tierras Altas Sedimentarias y un 10% de la Depresión de Izabal, de cuya región fisiográfica un poco más de la mitad se ubica fuera del área protegida.

Las características predominantes de esta zona de manejo la constituyen pliegues, fallas y procesos erosivos que han creado un paisaje de colinas paralelas, topografía cárstica, anticlinales y sinclinales sumergidos, así como cavernas de piedra caliza.

#### G) Geología

#### **Cuadro 8. Materiales geológicos localizados en la subcuenca Pueblo Viejo**

Símbolo	Tipo de roca	Periodo	Superficie (ha)
Qa	Rocas sedimentarias	Aluviones cuaternarios	781.09
Pzm	Rocas Ígneas y Metamórficas	Paleozoico	7,279.13
CPsr	Rocas sedimentarias	Carbonífero-Pérmico	6,084.34
I	Rocas Ígneas y Metamórficas	Terciario	720.54
<b>TOTAL</b>			<b>14,865.09</b>

Fuente: Simmons et al. 1959.

La cantidad de materiales geológicos que se ubicaron en la subcuenca Pueblo Viejo, abarcan una superficie más o menos homogénea; tal es así que el 90% de estos materiales geológicos están formados principalmente de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de los periodos Paleozoico y Carbonífero-Pérmico (figura 6) (FAUSAC, 1997).

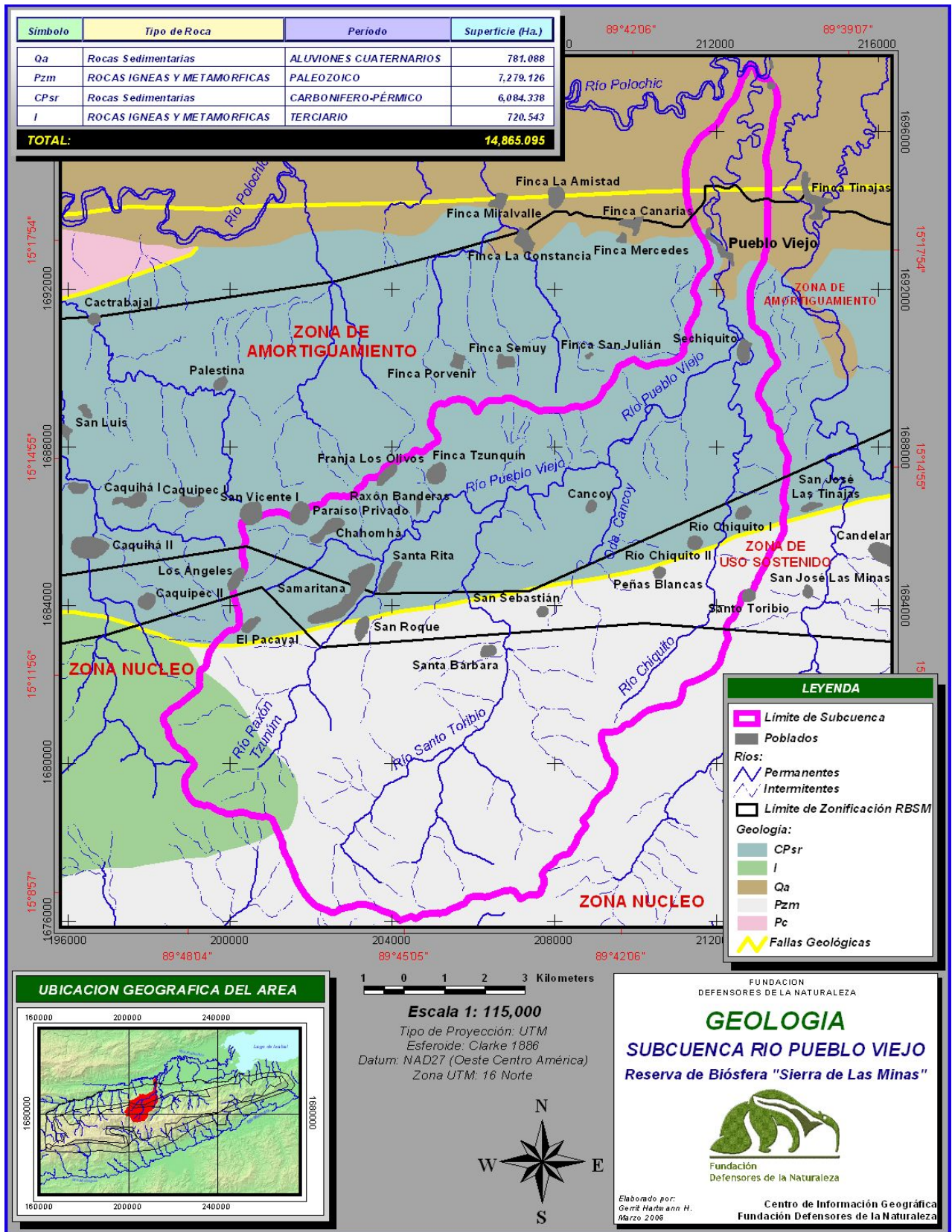


Figura 6. Mapa Geológico de la subcuenca del río Pueblo Viejo.

Las rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas provenientes de los periodos Aluviones Cuaternarios y Terciario, son meras incrustaciones en la zona bajo diagnóstico; solamente representan el 10% de la superficie total de la subcuenca y en el caso de las rocas sedimentarias del 15% que se ubica en la zona de amortiguamiento, la tercera parte está incluida en el área protegida. La incrustación de rocas ígneas y metamórficas del Terciario, se localiza en la zona núcleo de la subcuenca y representa solo el 3% de ésta zona de manejo. (FAUSAC, 1997)

La subcuenca Pueblo Viejo está cubierta en su mayor parte por rocas ígneas y metamórficas del Paleozoico, superando en 12 kilómetros cuadrados a las rocas sedimentarias del Carbonífero-Pérmico. El 85% de la zona de amortiguamiento está cubierto por rocas sedimentarias y presenta pequeñas incrustaciones en los sectores noreste y noroeste, abarcando hasta las comunidades de Río chiquito II y San Roque respectivamente, en la zona de uso sostenido. (FAUSAC, 1997)

Las rocas ígneas y metamórficas del Paleozoico cubren el 97% de la zona núcleo y el 85% de la zona de uso sostenido, en estos sectores podemos localizar rocas formadas por migmatitas, gneisses, filitas, esquistos, mármol de una edad aproximada de 1,075 millones de años. (FAUSAC, 1997)

#### H) Cobertura Vegetal

##### **Cuadro 9. Cobertura vegetal de la subcuenca Pueblo Viejo para el año 1995.**

Parámetro	Superficie con bosque	Superficie sin bosque	TOTAL (ha)
Cobertura vegetal	10,277.60 ha.	4,675.95 ha.	14,953.55

Fuente: González Escobar O.G. Tesis Ingeniero Forestal. UVG.

La subcuenca Pueblo Viejo se divide en tres zonas de manejo, la mayor superficie se ubica en la zona núcleo, ésta abarca el 46% del área total; es decir 6,882.92 Hectáreas están destinadas para la conservación de flora, fauna, recurso edáfico, las fuentes de agua y el recurso forestal.

En este sector de la subcuenca no pueden ejecutarse ningún proyecto de desarrollo comunitario que ponga en riesgo tales recursos naturales y por lo tanto la superficie forestal se encuentra intacta en ésta zona de manejo.

La superficie que aún conservaba bosque para el año 1995; un área de 3,394.68 hectáreas de bosque; estaba distribuida en las zonas de uso sostenido y de amortiguamiento; que en conjunto cubren un total de 7,509.25 hectáreas.

Esto significa que aproximadamente el 62% de estas zonas de manejo ha sido deforestada por distintos procesos antropicos ocasionados por la colonización de ésta subcuenca.

I) Uso actual del suelo

**Cuadro 10. Uso actual del suelo de la subcuenca Pueblo Viejo en el año 1995.**

No.	Parámetro	Superficie (ha)
1	Agricultura anual	2,196
2	Agricultura perenne	1,975
3	Arbustos	144
4	Áreas pobladas	82
5	Bosque latifoliado	9,061
6	Bosque enano	934
7	Tierras estériles, minas descubiertas	18
8	Sin clasificación	543.60
	TOTAL	14,953.59

Fuente: González Escobar O.G. Tesis Ingeniero Forestal. UVG.

Para el año 1995, los usos principales del suelo eran la agricultura, los bosques y las áreas pobladas (cuadro 10).

El 28% del uso del suelo estaba destinado para la agricultura anual y perenne, estos tipos de agricultura no se realizan de acuerdo a la capacidad de uso que tienen los suelos de la subcuenca, los cultivos de mayor preponderancia son el maíz, frijol, café, achiote, hortalizas, cardamomo etc., que son utilizados para consumo y como fuente de ingreso económico.

El 61% del área total de la subcuenca estaba cubierto con bosque latifoliado, en algunos sectores se ha combinado algún tipo de sistema silvopastoril para generar agricultura orgánica que permita una mayor sostenibilidad con un menor impacto ambiental que el provocado por la agricultura tradicional.

Se ha detectado en el sector noroeste de la subcuenca algunas asociaciones vegetales como:

1. Quachil — k'ape.
2. Canxan — K'anlech.
3. Lolte—Ji.
4. Canxan — T'zi.
5. K'anlech – Cojl.

**Cuadro 11. Denominación técnica y científica de las comunidades vegetales.**

Nombre étnico	Nombre común	Nombre científico	Altitud (msnm)
Quachil	Tamarindo	<i>Dalium guianensis</i>	

K'ape	Café	<i>Coffea arábica</i>	
Canxan	Palo volador	<i>Terminalia amazonia</i> (J.F. Gmel) Exell	
K'anlech	Santa Maria	<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.	1350
Lolte	Palo de tigre	<i>Dussia cuscatlanica</i> Standl. & Steyerm	1300
Ji	Encino	<i>Quercus corrugada</i> Hook	1300
T'zi	Cardamomo	<i>Elettaria cardamomum</i>	1860
Cojl	Mano de mico	<i>Dendropanax arboreus</i> (L.) D. & P.	1600

Fuente: González Escobar O.G. Tesis Ingeniero Forestal. UVG.

Estas asociaciones vegetales están ubicadas en distintas alturas sobre el nivel del mar; en un rango de 1300 a 1800 metros. Han surgido por la necesidad que han visto los comunitarios de evitar la erosión de los suelos, mejorar la productividad de la agricultura, proyectar la agricultura orgánica sostenible, producir especies de crecimiento rápido para utilizar como leña, conservar el recurso hídrico etc., sin embargo, debido al crecimiento poblacional de las comunidades éstas se han visto en la necesidad de ir ampliando las áreas destinadas para la agricultura con lo cual han afectado nichos ecológicos y por ende la flora y fauna propia del lugar ha desaparecido o emigrado a sitios más altos de la sierra. (González, 1999)

J) Hidrología

#### **Cuadro 12. Red Hidrológica de la subcuenca Pueblo Viejo**

<b>Microcuencas</b>	<b>Cauce principal</b>
Río Raxon Tzunun	Río Pueblo Viejo
Río Santo Toribio	<b>Otros afluentes</b>
Quebrada Cancoy	Quebrada Semuy
Río Chiquito	Caquipec

Fuente: Hojas cartográficas Pueblo Viejo, La Tinta, Río Hondo, El Cimiento.

La red hídrica de la subcuenca Pueblo Viejo está formada principalmente por los ríos Raxon Tzunun, Santo Toribio, Río Chiquito, a su vez están siendo drenados por varias corrientes intermitentes y efímeras de las que sobresalen la Quebrada Cancoy, Quebrada Semuy, Caquipec; de estos tres afluentes el que le brinda el vital líquido a la mayor parte de las comunidades es el río Raxon Tzunun que abastece aproximadamente al 67% de las mismas. Los usos que los comunitarios generalmente le dan al recurso hídrico es para consumo, bañarse, lavar utensilios domésticos; sin embargo, no tienen un sistema de desecho para las aguas servidas, que son dirigidas por canales superficiales hacia los cuerpos de agua ubicados en los alrededores de las comunidades, contaminando el agua de las corrientes hídricas y aportando sustancias orgánicas que alteran las características

físicas y químicas del agua que fluye aguas abajo y son utilizadas por los comunitarios que viven en estos sectores de la subcuenca.

La extensión del cauce principal es de aproximadamente 35 kilómetros, inicia su recorrido en el Cerro Raxon a una altura de 2,500 msnm precisamente en la zona núcleo de la subcuenca; finaliza en la Finca La Esperanza donde converge con el cauce del río Polochic, el punto de aforo está ubicado en el sector que cruza la carretera principal a una altura de 20 msnm, en el lugar conocido como El Vado.

La red hídrica está conformada en su mayor parte por corrientes efímeras que representan el 78.5% del total de cauces, seguido de un 16.5% de corrientes intermitentes y un 5.06% de cauces permanentes.

La subcuenca Pueblo Viejo es del tipo exorreica puesto que solamente es un tributario del río Polochic, el orden de la misma es 4, este valor nos da una idea de que la subcuenca es relativamente pequeña con un total de 79 corrientes y una longitud total acumulada de 180 kilómetros, la longitud media de las corrientes está comprendida entre los 1,080 metros en corrientes de orden uno; 2,350 metros en corrientes de orden dos; 23,190 metros en corrientes de orden tres y 35,830 metros en el cauce principal.

Se localizan tres tipos de drenaje en la misma, ubicando drenajes rectos en la zona núcleo y la zona de uso sostenido, los drenajes trenzados o meandricos se ubican en la zona de amortiguamiento y es allí donde se divisan las trenzas, los meandros son más visibles en el sector que esta fuera de la Reserva de Biosfera.

#### 1.5.2.) Aspectos Históricos-Culturales

Varias culturas mesoamericanas se establecieron en los fértiles valles ribereños alrededor de la Sierra de las Minas y al menos 3 sitios arqueológicos están ubicados en la zona de amortiguamiento del lado norte.

Río Zarquito pertenece al periodo clásico y fue ocupado por los grupos étnicos, Maya y Chorti. Los sitios de Tinajas y Pueblo Viejo pertenecieron al periodo posclásico de las culturas Maya y Q'eqchi. Se han registrado en los alrededores de la Reserva treinta sitios arqueológicos incluyendo algunos de gran esplendor como Quirigua, Tampoma, Guaytan y San José Apantes.

#### 1.5.3.) Caracterización Socioeconómica

##### A) Aspectos Económicos

**Cuadro 13. Principales fuentes de ingreso.**

Actividades económicas	Especies que se cultivan
Agricultura anual	Maíz, frijol, hortalizas.
Agricultura perenne	Café, hule, cacao, pimienta gorda, cardamomo, frutales, cítricos.
Manejo y extracción forestal	
Comercialización de café y cardamomo orgánico certificado	

Fuente: III Plan Maestro 2003-2008, Fundación Defensores de La Naturaleza.

La principal fuente de ingreso es la venta de cardamomo y de hule. Debido al descenso en los precios de café varias áreas destinadas para el cultivo de este grano han sido abandonadas o han cambiado el uso para aplicar dichas superficies al Programa de Incentivos Forestales los cuales son evaluados, analizados y avalados por Defensores de la Naturaleza quienes son los mediadores entre el grupo de campesinos interesados y el Instituto Nacional de Bosques. (FDN, 2003)

Por su parte la agricultura anual en los últimos años ha disminuido la rentabilidad de los granos cosechados; esto debido a que los suelos por una parte se han gastado nutricionalmente por la frecuencia con la que se cultiva un solo tipo de grano, la pendiente que presentan los convierte en no aptos para la producción agrícola y la erosión hídrica a que son expuestos por la falta de conocimientos de técnicas agronómicas para la conservación de suelos. Existen algunos huertos familiares donde se cosecha principalmente hortalizas para consumo. (FDN, 2003)

En relación a la comercialización de café y cardamomo orgánico certificado; este tipo de comercio se está iniciando y es una organización no gubernamental la que capacita, dirige, procesa y compra la cantidad de producto que se logra obtener en las comunidades; sin embargo, actualmente menos del 50% del total de poblaciones funcionan bajo este sistema por lo lento que es el proceso (cuadro 13).

**Cuadro 14. Utilización de los recursos naturales.**

Recursos naturales	Utilidad de los recursos	Productos y subproductos
Cobertura vegetal	Forestal	Construcción de viviendas, muebles rústicos, leña.
	Plantas medicinales y comestibles	
Agua	Consumo, higiene personal, limpieza domestica y alimenticia.	

Fuente: III Plan Maestro 2003-2008, Fundación Defensores de La Naturaleza.

Los recursos naturales directamente afectados por la colonización de la subcuenca son principalmente el recurso forestal y el hídrico; sin embargo, indirectamente se daña al recurso edáfico al desprotegerlo de la cobertura vegetal y exponerlo a la fuerza con la que precipita en los sectores medio y alto de la subcuenca, provocando la erosión de las capas superficiales de suelo; las cuales por lo general en estos sectores es menor de 20 centímetros de profundidad.

La utilización de plantas medicinales no supera el 25% de uso, puesto que los pobladores están acostumbrados a curarse con productos farmacéuticos. Sin embargo, utilizan algunas plantas para problemas respiratorios, digestivos, y algún tipo de alergias que se presenta sobre todo en los infantes.

La Fundación Defensores de La Naturaleza a través del distrito Polochic, se encarga de monitorear mensualmente los caudales que desembocan en el río Polochic principalmente aquellos que se ubican en los municipios de Panzos y Santa Catalina La Tinta; bimensualmente monitorean la calidad del recurso en los mismos ríos.

La muestra obtenida es analizada en un laboratorio portátil o es trasladada en una hielera a una temperatura aproximadamente de 5° C hasta la sede del distrito; para analizarla dentro de las 48 horas después de la recolección.

Los registros que se tienen corresponden al punto de aforo de la parte baja de la subcuenca Pueblo Viejo; básicamente se analizan las concentraciones de nitrógeno y fósforo presentes en el cauce principal, que son depositados en el río Polochic y este a su vez en el Lago de Izabal. De acuerdo a estos registros existen altas concentraciones de fósforo en el agua, pero se desconoce, cual es la fuente de contaminación y cuál de las microcuencas es la que aporta la mayor cantidad de este nutriente.

## B) Aspectos Sociales

### a) Población

**Cuadro 15. Población de las comunidades de la subcuenca para el año 2002**

No.	Comunidad	Sexo		TOTAL
		M	F	
	<b>Microcuenca Raxon Tzunun</b>	598	583	583
1	Santa Rita	142	1143	143
2	Raxon San Marcos	125	117	117
3	Samaritana	50	48	48
4	Chajomha	136	137	137
5	Franja Los Olivos	44	48	48



6	San Roque	20	19	19
7	San Marcos II	67	57	57
8	Raxon Banderas	14	14	14
	<b>Microcuenca Quebrada Cancoy</b>	242	270	270
9	San Sebastián	77	82	82
10	El Cancoy	165	188	188
	<b>Microcuenca Río Chiquito</b>	303	299	299
11	Río Chiquito II	119	131	131
12	Peña Blanca	352	184	168
	TOTAL	1,143	1,152	2,295

Fuente: XI censo de población y VI de habitación.

En la subcuenca Pueblo Viejo podemos ubicar cuatro microcuencas; Raxon Tzunun, Santo Toribio, Quebrada Cancoy y Río Chiquito; todos desembocan en el río Pueblo Viejo.

La microcuenca Santo Toribio en la actualidad no tiene asentamientos humanos, por lo cual solamente se analizaran las tres restantes. De estas la que presentan un mayor número de comunidades es la microcuenca Raxon Tzunun, allí se localizan 8 comunidades que representan el 66% del total de la población; esto significa que en este sector conviven 1,181 personas de distintas edades.

Las microcuencas Quebrada Cancoy y Río Chiquito proporcionan cada una el 17% de la población, quiere decir que se pueden localizar 512 y 602 habitantes por cada microcuenca, respectivamente.

En relación a la población por género, solamente en la Quebrada Cancoy el número de mujeres es superior a la población de hombres; en las otras microcuencas ésta distinción por sexo es dominada por el sexo masculino; sin embargo, en ninguna microcuenca existen diferencias significativas, con el número de pobladores por género (cuadro 15).

En un período de tres años a partir de 1999, la población total de la subcuenca del río pueblo viejo se ha incrementado aproximadamente en un 49%; aunque se desconoce cuál es la cantidad de personas que han crecido allí y cuantas han inmigrado a la zona; si se conoce la población de infantes en edades de 0-6 años, que es de 611 en ese lapso de tiempo; esto deja un promedio de 203 niños por año.

Podemos inferir entonces, a partir de estos datos; que la cantidad de alimento necesario para subsistir casi se ha duplicado, propiedad que va directamente relacionado

con el deterioro de los recursos naturales y nos permite determinar que la necesidad de vivienda, alimento, educación ha causado que la frontera agrícola aumente casi en un 100% en la subcuenca Pueblo Viejo.

**Cuadro 16. Población Económicamente Activa para el año 2002.**

No.	Comunidad	PEA		TOTAL
		M	F	
	Microcuenca Raxon Tzunun	286	59	345
1	Santa Rita	85	9	94
2	Raxon San Marcos	17	21	38
3	Samaritana	27	4	31
4	Chajomha	82	8	90
5	Raxon Banderas	6	4	10
6	San Marcos II	31	1	32
7	Franja Los Olivos	27	4	31
8	San Roque	11	8	19
	Microcuenca Quebrada Cancoy	132	23	155
9	San Sebastián	36	3	39
10	El Cancoy	96	20	114
	Microcuenca Río Chiquito	128	30	158
11	Río Chiquito II	51	15	66
12	Peña Blanca	77	15	92
	<b>TOTAL</b>	<b>546</b>	<b>112</b>	<b>658</b>

Fuente: XI censo de población y VI de habitación.

La microcuenca Raxon Tzunun es la que presenta el mayor número de habitantes en edades aptas para laborar; sin embargo es la microcuenca Río Chiquito la que proporciona el mayor porcentaje (90%) de la población económicamente activa por género.

En promedio el 85% de la población masculina de la subcuenca Pueblo Viejo se encuentra en capacidad de realizar algún tipo de trabajo; esta abismal diferencia se debe principalmente a que por motivos culturales las mujeres se dedican a labores domésticas y apoyo en las actividades de cosecha de los cultivos anuales; este 15% del PEA está distribuido en edades que oscilan de 12 a 35 años y que manifiesta lo arraigado de la cultura en la etnia Queqchi.

b) Vivienda

**Cuadro 17. Datos de habitación de las comunidades para el año 2002.**

Comunidad	Vivienda	Hogares
<b>Microcuenca Raxon Tzunun</b>	<b>230</b>	<b>192</b>
Raxon San Marcos	42	42

Samaritana	17	14
Chajomha	50	49
Raxon Banderas	6	4
San Marcos II	22	20
Franja Los Olivos	20	14
San Roque	10	10
Santa Rita	63	39
<b>Microcuenca Quebrada Cancoy</b>	<b>81</b>	<b>78</b>
San Sebastián	26	25
El Cancoy	55	53
<b>Microcuenca Río Chiquito</b>	<b>99</b>	<b>89</b>
Río Chiquito II	44	41
Peña Blanca	55	48
<b>TOTAL</b>	<b>410</b>	<b>359</b>

Fuente: XI censo de población y VI de habitación.

La situación de la vivienda en la subcuenca Pueblo Viejo es una de las principales causas de la eliminación de especies forestales, debido a que la mayor parte de los comunitarios poseen viviendas de madera; esto significa que es necesario derribar aproximadamente 5 árboles de diámetros mayores a los 50 centímetros para obtener las tablas, parales, vigas, horcones, etc., para la construcción de una sola vivienda.

La anterior información nos permite determinar que en la microcuenca Raxon Tzunun se han derribado aproximadamente 1,075 árboles, en la Quebrada Cancoy alrededor de 375 y en Río Chiquito la cantidad aproximada es de 450 árboles.

Podemos inferir que si el crecimiento demográfico en la zona, continúa de la forma ascendente hasta la fecha; sea por nacimientos in situ o por inmigración a la subcuenca, el recurso forestal en la zona de amortiguamiento y uso sostenido desaparecerá totalmente.

En la actualidad los comunitarios por la escasez de agua que están padeciendo se han dado a la tarea de conservar los bosques cercanos a las fuentes de agua o convivir más de una familia en una vivienda, ésto genera algún malestar en relación a la reducción del espacio; debido a que en promedio viven alrededor de 5 o 6 personas por vivienda, cuya superficie es de 135 m<sup>2</sup> aproximadamente.

c) Etnia

**Cuadro 18. Población Queqchi que habita en la subcuenca para el año 2002.**

No.	Comunidad	Indígena	No indígena
1	Santa Rita	285	0
2	Raxon San Marcos	242	0
3	Samaritana	98	0

4	Chajomha	273	0
5	Raxon Banderas	28	0
6	San Marcos II	124	0
7	Franja Los Olivos	92	0
8	San Roque	39	0
9	San Sebastián	159	0
10	El Cancoy	353	0
11	Río Chiquito II	250	0
12	Peña Blanca	352	0
	TOTAL	2,295	0

Fuente: XI censo de población y VI de habitación.

La cantidad de personas pertenecientes a la etnia Q'eqchi en la subcuenca Pueblo viejo, es del 100%. Es común encontrar cerca de un 10% del total de habitantes que son bilingües; puesto que dominan casi en un 90% el castellano (cuadro 18).

d) Educación

**Cuadro 19. Condiciones educativas que presenta la población para el año 2002.**

comunidad	Alfabetismo		Escolaridad				Total
	alfabeta	analfabeta	preprimaria	primaria	media	ninguno	
Santa Rita	86	199	18	62	1	135	216
Raxon San Marcos	97	145	9	66	-	92	167
Samaritana	25	73	1	18	1	57	77
Chajomha	104	169	14	71	5	110	200
Raxon Banderas	10	18	2	5	1	9	17
San Sebastián	73	86	2	50	-	56	108
San Marcos II	69	55	3	45	1	35	84
Cancoy	149	204	5	110	1	145	261
Río Chiquito II	118	132	3	81	2	90	176
Peña Blanca	162	190	8	110	-	132	250
Franja Los Olivos	50	42	1	37	1	32	71
San Roque	9	30	-	7	-	23	30
TOTAL	952	1,343	66	662	13	916	1,657

Fuente: XI censo de población y VI de habitación.

El nivel educativo de esta subcuenca es muy bajo; de los 2,295 habitantes solamente el 41% son alfabetos. De este porcentaje solo el 4% ha asistido al nivel preprimario, el 40% se ubica en el nivel primario y menos del 1% ha podido concluir el

nivel básico y tener acceso a una carrera de nivel medio, aunque fuera de la subcuenca; del porcentaje de alfabetismo el 55% reconoció que aunque saben leer y escribir no poseen ningún nivel escolar, caso que acreditaron a la imposibilidad de asistir a un centro educativo ó tener que abandonar los estudios para apoyar con el ingreso económico a sus familias.

Como no existe ni una persona en la subcuenca que tenga estudios a nivel universitario; es fácil determinar porque la mayor parte de las personas desconocen el rol importante que tienen cada uno de los recursos existentes en su sector, y por consiguiente no saben utilizar de manera adecuada cada uno de ellos y no les interesa el deterioro de los mismos; puesto no han tenido la oportunidad de tener un fundamento teórico que les permita manejar de forma sostenible dichos recursos.

#### 1.5.4) Aspectos Legales e Institucionales

##### A) Tenencia de la tierra y de los recursos

En el sector norte de la Sierra de las Minas la mayoría de las fincas están registradas y son latifundios no ocupados por los propietarios; el 80% de las comunidades no cuentan con certeza jurídica sobre la tierra que ocupan, siendo minifundios asentados sobre laderas. En el noroeste de la Sierra un mayor número de comunidades posee títulos de propiedad bajo formas colectivas (patrimonio agrario colectivo y parcelamiento).

##### B) Seguridad de Tenencia y Posesión

En gran parte del norte de la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas hay condiciones de inseguridad de la tenencia y posesión de la tierra y de los recursos naturales por varias razones:

- Falta de catastro confiable, actualizado y coherente del área que determine con certeza los límites de las propiedades.
- Crecimiento acelerado de la población, migraciones, desempleo.
- Falta de capacidad del Estado para implementar el ordenamiento territorial y resolver los conflictos y demandas de la población sobre el acceso a la tierra.

### C) Invasiones:

El norte de la sierra está sufriendo un proceso intenso de ocupación de tierras por parte de grupos comunitarios organizados que demandan solución al problema agrario del país. Durante los últimos dos años se han registrado varias invasiones dentro de la zona de uso sostenido y núcleo. Esta presión amenaza directamente la integridad de los recursos naturales del área.

### D) Propiedades Nacionales y privadas de la RBSM

Se estima que el 20.4% de la tierra de la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas es propiedad Estatal y 79.6 % es privada.

#### **Cuadro 20. Instituciones que funcionan en la subcuenca Pueblo Viejo**

Institución	Actividades que realizan
Fondo de Tierras –FONTIERRA-	Acceso y regularización de tierras
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales –MARN-	Regulación de la gestión ambiental
Consejo Nacional de Áreas Protegidas –CONAP-	Coordinación y regulación de las actividades productivas en la RBSM.
Instituto Nacional de Bosques –INAB-	Desarrollo forestal.
Servicios de Protección a la Naturaleza –SEPRONA-	Control en el manejo de los recursos naturales y aprovechamiento forestal.
Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación –MAGA-	Desarrollo agropecuario.
Consejo de Desarrollo Departamental –CODEDE-	Coordinación interinstitucional a nivel departamental.
Fundación Defensores de La Naturaleza –FDN-	Administración y protección de la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas.

Fuente: III Plan Maestro 2003-2008, Fundación Defensores de la Naturaleza.

El cuadro 20 resume las funciones de las instituciones que trabajan en esta subcuenca; sin embargo, es necesario hacer hincapié en que es la Fundación Defensores de La Naturaleza la coordinadora y reguladora de los proyectos de desarrollo que se realizan en la zona de amortiguamiento y de uso sostenido, dado que por tratarse de un sector del área protegida es indispensable utilizar de forma sostenible los recursos naturales y sobre todo satisfacer las necesidades de las poblaciones asentadas en esta cuenca sin causar un impacto ambiental que puede ser irreversible en el futuro.

## 1.6 CONCLUSIONES

1.6.1) El río Pueblo Viejo es uno de los principales afluentes del río Polochic; se localiza en el municipio de Panzós en el departamento de Alta Verapaz, colinda con el municipio de La Tinta AV. y algunos municipios del departamento de Zacapa. Forma parte del área protegida Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas con una extensión de 149.54 km<sup>2</sup> que representan el 6.2% de la superficie total del área protegida.

1.6.2) En la subcuenca Pueblo Viejo se identificaron tres zonas de vida, el bosque muy húmedo subtropical cálido en la zona de amortiguamiento y zona de usos múltiples; el bosque muy húmedo subtropical frío y el bosque pluvial montano bajo se ubican en la zona núcleo. Presenta un clima cálido húmedo con un promedio de temperatura de 26° C., y una precipitación pluvial promedio de 3,000 mm anuales.

1.6.3) La altitud en la subcuenca oscila de los 20 a 2,750 msnm.; los rangos de pendientes varían según la zona de manejo; en la zona de amortiguamiento y zona de usos múltiples oscila del 25 al 55% y superiores del 55% en la zona núcleo.

1.6.4) Los suelos localizados en la subcuenca pertenecen a las series Civijá, Teleman, Chacalte, Polochic y Suelos de Los Valles; el material parental está formado de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas de los períodos Aluviones Cuaternarios, Paleozoico, Carbonífero-Pérmico y Terciario.

1.6.5) Coexisten tres regiones fisiográficas en la subcuenca, el 69% de la superficie cubierta por las Tierras Altas Cristalinas, el 26% por las Tierras Altas Sedimentarias y el 5% por La Depresión de Izabal.

1.6.6) Esta subcuenca forma parte de La Cordillera Central de Guatemala; los recursos geológicos y edáficos son bastante antiguos y han influenciado en que las condiciones fisiográficas y topográficas indiquen que el 70% de la superficie de la subcuenca sea condicionada al uso forestal.

1.6.7) Existen en la subcuenca Pueblo Viejo un total de 12 comunidades y una población de 2,295 habitantes distribuidos en tres microcuencas. El crecimiento demográfico en tres años ha aumentado un 49%, las necesidades fundamentales de los habitantes aún no se cubren, ocasionando el deterioro de los recursos naturales; al ser taladas grandes superficies de bosque para implementar cultivos anuales que solamente les permite

subsistir; condición que ha mermado la calidad del agua al deteriorar las características físicas y químicas, producto de las concentraciones de nutrientes.

## **1.7 RECOMENDACIONES**

1.7.1 La información presentada en este diagnóstico ha sido recopilada de distintas fuentes bibliográficas y apoyo de los sectores que funcionan en pro del desarrollo de la población; sin embargo, es indispensable actualizarla por los constantes cambios que se van presentando. Dicha actualización puede efectuarse por medio de la realización de Diagnósticos Rurales Participativos que permitan conocer las condiciones actuales de los habitantes para determinar el grado en que se están cubriendo sus necesidades básicas.

1.7.2 Es necesario generar un mapa de uso actual del suelo a nivel de subcuenca, con la finalidad de conocer el avance de la frontera agrícola, la cobertura vegetal existente, ubicación de las comunidades, fuentes de agua.

1.7.3 Monitorear las microcuencas existentes en la subcuenca Pueblo Viejo con el objetivo de evaluar y analizar las concentraciones de nitrógeno y fósforo presentes en los caudales para poder determinar cuál de ellas es la que aporta mayor concentración al cauce principal; así como las condiciones de calidad en que se encuentra dicho recurso para determinar si las mismas presentan algún grado de deterioro y consecuentemente sea apta para el consumo humano.



## 1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 41 p.
2. FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, GT). 1997. Criterios para recomendar el manejo de la fertilidad del suelo: curso nacional de postgrado. Guatemala, F&G Editores. p. 51, 53, 54, 62, 67.
3. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, GT). 2003. III plan maestro 2003-2008 Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. Guatemala. 81 p.
4. González Escobar, OG. 1999 Estudio cualitativo de la composición forestal remanente de 400 a 1,200 msnm de la subcuenca del río Raxon Tzunun, Reserva de Biosfera Sierra de las Minas, Panzós, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Forestal. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 41 p.
5. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT). 1987. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja El Cimiento, no. 2261-III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
6. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Pueblo Viejo, no. 2261-1. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
7. \_\_\_\_\_. 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja La Tinta, no. 2261-1V. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
8. \_\_\_\_\_. 1974. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Río Hondo, no. 2261 -II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
9. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala. 96 p.
10. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2005. XI censo de población, VI de habitación 2002. Guatemala. 1 CD.
11. Simmons, C; Táranos T, JM; Pinto Z, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
12. Tot Coy, CL. 2000. Caracterización de los recursos naturales suelo, agua y flora en la subcuenca del río Tinajas, Reserva de Biosfera Sierra de las Minas. Tesis Ing. Agr. Cobán, A.V. Guatemala, USAC, Centro Universitario del Norte. 90 p.

## **CAPITULO II**

### **ESTUDIO DEL RECURSO HÍDRICO SUPERFICIAL DE LA SUBCUENCA DEL RÍO PUEBLO VIEJO, PANZÓS ALTA VERAPAZ**

**Study of surface water in the sub-basin Pueblo Viejo, Panzós Alta Verapaz.**

## 2.1 PRESENTACIÓN

En 1990 la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas fue declarada por el Congreso de Guatemala como área protegida con una superficie de 242,642 ha; en 1993 fue incluida por la UNESCO en la red Internacional de reservas de Biosfera. Desde su creación La Fundación Defensores de la Naturaleza ha administrado y manejado el área protegida, ejecutando programas de conservación y manejo sostenible.

La Sierra de Las Minas es una de las montañas más antiguas de Guatemala, se localiza entre los valles de los ríos Polochic y Motagua. Sus ecosistemas con alta biodiversidad que incluye bastante endemismo, varían desde 15 hasta 3,000 msnm.

La Sierra de las Minas es importante por su biodiversidad y sus recursos genéticos, abrigando por lo menos 885 especies de mamíferos, aves y reptiles que representan el 70% de todas las especies de éstos grupos registradas para Guatemala y Belice; contiene 600 km<sup>2</sup> de bosque nuboso, la extensión mayor de hábitat aun existente en el país para el Quetzal.

En la Reserva de Biosfera La Sierra de las Minas nacen 63 ríos agrupados en 52 subcuencas, dentro de las cuales cabe mencionar la subcuenca del río Pueblo Viejo, que se ubica en el municipio de Panzós del departamento de Alta Verapaz. Tiene una área aproximada de 14,953.59 ha, que representa aproximadamente el 6.2% del área total de la Sierra.

En la subcuenca del río Pueblo Viejo se hayan localizadas tres zonas de vida, que permiten la existencia de una alta biodiversidad de flora y fauna. Presenta un clima cálido húmedo con un promedio de temperatura de 26° C., y una precipitación pluvial promedio de 3,000 mm anuales. El relieve predominante en las zonas de amortiguamiento y uso sostenido oscila del 12 al 55%; en la zona núcleo las pendientes son mayores del 55%.

Los suelos no son muy aptos para la agricultura debido a que la profundidad de los mismos en pocos lugares sobrepasa los 50 centímetros, destinando estas tierras para la producción forestal.

El crecimiento demográfico, el cambio de uso del suelo, los procesos antrópicos, la utilización de productos químicos en la agricultura, la erosión edáfica, los incendios forestales etc., ha generado que la cantidad y la calidad del recurso hídrico ha sido

perturbada, permitiendo un incremento de nutrientes como el fósforo y el nitrógeno que han alterado las características físicas y químicas del agua.

Este estado de contaminación hídrica se ha monitoreado en el punto de aforo de la salida de la subcuenca; sin embargo, no se había determinado cual de las microcuencas era la que presentaba mayor contaminación.

Ésta investigación se planteó para evaluar las condiciones de calidad y cantidad del agua que proviene de cada afluente del río Pueblo Viejo; los dos monitoreos realizados, el primero en el mes de mayo y el segundo en septiembre; permitieron determinar que existe contaminación térmica en los ríos Pueblo Viejo, Chiquito y la quebrada Cancoy, los cuales reportaron un incremento de la temperatura que oscila entre los 3° y 4° C arriba de los rangos establecidos por la Agencia de Protección Ambiental y la Comisión Guatemalteca de Normas.

Las concentraciones de sólidos disueltos totales y la conductividad eléctrica, no son consideradas significativas pero es indispensable monitorear continuamente la quebrada Cancoy dado que es la que presentó los mayores niveles de estos parámetros físicos.

En los aspectos químicos, el pH de los ríos es relativamente ácido proyectándose a la neutralidad, excepto en la quebrada Cancoy donde en septiembre se determinó un pH básico, que indica incremento de la población microbiana. Las concentraciones de oxígeno disuelto en el mes de mayo fueron de 8 mg/lit en promedio, disminuyendo las concentraciones un 77% en los ríos Raxon Tzunun, Chiquito y la quebrada Cancoy; en el cauce principal la disminución fue del 391%.

La evaluación de los nutrientes permitió determinar que los cauces presentan altas concentraciones de fosfatos clasificando a los afluentes como eutróficos. En relación a las concentraciones de nitrógeno se reportaron niveles más o menos significativos de nitratos. En el cauce de la quebrada Cancoy; los nitritos superaron los límites máximos permisibles establecidos para un río; fue también en este afluente donde se detectaron altas concentraciones de amoníaco, que aunque no superaron los rangos normales para la actividad acuática, presentan una fuente de contaminación reciente; cuyo origen no fue detectado en ésta investigación. El 65% del volumen del cauce principal es aportado vía subterránea o subsuperficial y el porcentaje restante vía escorrentía superficial.

## 2.2 MARCO TEÓRICO

### 2.2.1 MARCO CONCEPTUAL

#### A) Cuenca hidrográfica

Unidad de territorio limitado por las cimas de las montañas que drenan sus aguas superficiales por el mismo sistema de cauces y las concentran en un río principal que desemboca en el mar, lago u otro río (Kiersh, 2000).

Dentro del enfoque de sistemas, la cuenca se concibe como un sistema de relaciones sociales y económicas; por consiguiente, está conformado de componentes biofísicos como el agua y el suelo, de componentes biológicos como la flora y fauna y de componentes antropocéntricos como los socioeconómicos, culturales e institucionales; todos interrelacionados y en completo equilibrio entre sí, de tal manera que al afectarse uno de ellos se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema (Kiersh, 2000).

En las cuencas tropicales húmedas, al desaparecer la vegetación original, los suelos quedan expuestos a las intensas y torrenciales lluvias cuya escorrentía incontrolable, provoca procesos de extracción y arrastre en las laderas y de depositación y sedimentación en los valles (Kiersh, 2000).

Los efectos colaterales de dichos procesos son diversos. La erosión por ejemplo, disminuye la fertilidad natural del suelo y aumenta los daños por inundaciones y los sedimentos perjudican las instalaciones de energía hidroeléctrica, los cauces navegables, los sistemas de riego y la infraestructura en general (Jiménez, 2003).

#### B) Drenaje Superficial de la cuenca: Tipos de corrientes

##### a) Permanente:

Aquella que siempre lleva agua o tiene caudal en cualquier época el año.

##### b) Efímera:

Aquella que solo lleva agua cuando ocurre una precipitación, corriente típica de zanjones o surcos.

##### c) Intermitente:

Aquella clase de corriente que lleva agua en alguna época del año, como el verano o invierno.

Para estudiar el comportamiento de una cuenca hidrográfica es necesario entender las entradas y las salidas físicas del área de captación, es decir, el ciclo hidrológico y sus procesos en la cuenca. Se necesita también entender que las funciones hidrológicas están determinadas por un cierto número de factores, entre ellos, el clima local, condiciones fisiográficas e impactos del uso de la tierra, todos los cuales deben ser estudiados y entendidos antes de formular un plan de manejo y de desarrollo de la cuenca (Medina, 2002).

### C) Recursos hídricos

El agua es un recurso indispensable para toda forma de vida existente en la Tierra. De ella depende la vida humana, la seguridad alimentaria y la salud de los ecosistemas. El agua es un recurso finito, existe una cantidad fija de ella en el planeta; casi 1,400 millones de m<sup>3</sup> que no pueden ni aumentar ni disminuir. La mayor parte de ella (97.5%) es agua salada y es de escasa utilidad directa para la población. Otro 1.76% se encuentra encerrado en el permagelado, los casquetes de hielo y los glaciares. Casi todo el resto del agua es subterránea, quedando solamente 136,000 m<sup>3</sup> (menos del 0.4% del agua dulce del planeta) en los ríos, lagos, depósitos, suelo, pantanos, la atmósfera y en los organismos vivos (Linsley, 1988).

El agua es un bien social y económico. La vida humana depende del agua, ya que nuestros cuerpos están compuestos en el 70% de agua. Pero no solo necesitamos del agua como componente de nuestras células, ésta influye en nuestra salud y nutrición en general. También es importante para tener una buena calidad de vida, esto quiere decir, que necesitamos del agua para nuestro aseo personal, aseo de la casa, para refrescarnos y para recrearnos. En este sentido el agua es un bien social y es un derecho humano tener acceso a ella. También es un bien económico ya que muchas actividades económicas requieren del agua como insumo en la producción o como parte esencial del producto final. Por ejemplo los cultivos necesitan de riego, especialmente en lugares donde el invierno es muy corto y poco copioso. En industrias como las embotelladoras necesitan grandes cantidades de agua porque es parte esencial de las aguas gaseosas, licores y cervezas que elaboran, además de usarla en los procesos de producción. Entre otras actividades que dependen del agua están la generación de energía hidroeléctrica, el turismo y la pesca (FDN, 2003).

Los hidrólogos estiman que el volumen de agua disponible y utilizable por la población humana es de 9,000 m<sup>3</sup> al año, lo cual equivale a unos 1,800 m<sup>3</sup> por persona y año, cantidad muy superior a la que se utiliza realmente.

#### CH) Impactos del uso del suelo sobre los recursos hídricos

El agua es reconocida como uno de los recursos naturales renovables que más conflictos de uso genera. Dichos conflictos se acentúan en las tierras con aptitud preferentemente forestal; por ejemplo en áreas con altas pendientes, en cabeceras de cuenca, sitios próximos a nacimientos, riberas de ríos y otros cuerpos de agua donde la cobertura forestal es un elemento crítico para la regulación del ciclo hidrológico, lo cual incluye mantener la productividad del suelo, garantizar una alta calidad del agua, la sostenibilidad del caudal a lo largo del año y la reducción de la ocurrencia de desastres naturales relacionados a inundaciones, deslizamientos masivos de suelo y crecidas de ríos (INAB, 2003).

En este sentido es reconocido que los recursos suelo y agua son directamente afectados en diferentes intensidades, de acuerdo a la situación biofísica del sitio y al manejo forestal y la cobertura del suelo, consecuentemente generan una serie de impactos como los siguientes:

- La mayoría del agua que precipita se dirige directamente a los ríos, permitiendo que aumente el caudal de forma rápida causando inundaciones y derrumbes.
- Las capas superficiales se erosionan provocando una disminución de la fertilidad de este recurso.
- Al no almacenarse el agua en el bosque y el suelo durante la época lluviosa, existe una menor cantidad de agua disponible en el transcurso de la época seca.
- La humedad superficial del suelo se evapora rápidamente.

Las inundaciones o caudales punta, se pueden incrementar como resultado de la deforestación si se reduce la capacidad de infiltración del suelo, por ejemplo por la compactación del suelo (por el sobre pastoreo, por ejemplo) o por la erosión (FDN, 2003).

#### D) Impactos sobre la disponibilidad del agua

El impacto del uso de la tierra sobre el caudal medio depende de muchas variables, siendo las más importantes: la capacidad de la cobertura vegetal para captar

humedad, la cantidad de agua consumida y evapotranspirada por la vegetación, y la capacidad del suelo para infiltrar y retener agua (Kiersch, 2000).

Los bosques nubosos pueden interceptar más humedad (proveniente de la precipitación y de la niebla) de la que consumen por la evapotranspiración.

El efecto del cambio en el uso de la tierra sobre el caudal en la estación seca, o caudal base, depende de los procesos concurrentes, pero fundamentalmente, de los cambios en la evapotranspiración de la vegetación y de la capacidad de infiltración del suelo (Calder, 1998 citado por Kiersch, 2000).

La recarga de acuíferos está ligada a menudo con los caudales en la estación seca, ya que las aguas subterráneas son las que aportan la mayor parte de la descarga a los ríos durante dicho período. El nivel freático podría bajar como consecuencia de un descenso en la infiltración del suelo, como en el caso de técnicas de cultivo no conservativas y de la compactación (Tejwani, 1993 citado por Kiersch, 2000).

El sobrepastoreo podría conducir también a una reducción en la infiltración y en la recarga de acuíferos (Chomitz and Kumari, 1996 citado por Kiersch, 2000). Si la capacidad de infiltración se reduce substancialmente, esto puede conducir a una escasez de agua en las estaciones secas, incluso en las regiones donde el agua es generalmente abundante (FAO, 1999 citado por Kiersch, 2000). Asimismo, la recarga de acuíferos se puede reducir como resultado de la plantación de especies arbóreas de raíz profunda, como el eucalipto (Kiersch, 2000).

#### E) Concepto general de la calidad del agua

El agua está considerada como el mayor componente de los seres orgánicos y como el solvente universal. Tres son los grandes usos que se tienen del agua; para consumo humano, para uso agrícola con fines de riego y para uso industrial (Castillo, 1989).

El concepto de calidad del agua se puede resumir diciendo que el contenido de sustancias orgánicas, minerales y microorganismos son componentes de su calidad (Castillo, 1989).

Lo más importante es el conocimiento que el técnico o el ingeniero agrónomo tenga sobre los aspectos físicos, químicos y biológicos de una fuente de agua y su criterio sobre el uso de ésta en la relación suelo-planta-agua. Finalmente el concepto de calidad del



agua puede referirse, a la concentración y composición de sustancias químicas (sales) cuya presencia servirá para determinar su calidad y ubicarla dentro de un grado de clasificación (Castillo, 1989).

El diagnóstico de la calidad del agua debe estar orientado a conocer las condiciones físicas y químicas y a ejercer un control de su calidad. Los estudios deben hacerse por un determinado período de tiempo; de tal manera que una fuente debe ser muestreada bajo las diferentes condiciones ambientales que se presentan durante un año y por un determinado ciclo de 3 a 5 años. Para ello debe tomarse en cuenta; las estaciones del año, los materiales del lugar de nacimiento, los materiales del recorrido y posibles fuentes de contaminación (Castillo, 1989).

F) Normativo nacional para la calidad del agua potable.

**Cuadro 21. Normas COGUANOR para la calidad del agua potable.**

Código de la Norma	Nombre
NGO 29 011 h3	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de conductividad
NGO 29 011 h10	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de temperatura.
NGO 29 013 h18	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógenos (nitrito).
NGO 29 013 h19	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrito). Método de referencia.
NGO 29 013 h21	Aguas. Determinación de constituyentes orgánicos no metálicos. Oxígeno disuelto. Método de referencia.
NGO 29 013 h23	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Potencial de hidrógeno (pH). Método de referencia.

Fuente: Departamento de Regulación de los Programas de Salud y Ambiente. 2003.

**Cuadro 22. Límites máximos aceptables y permisibles de las características físicas, químicas y nutrientes, contenidos en el agua potable; propuesta por la comisión Guatemalteca de normas (COGUANOR) y la agencia de protección ambiental (EPA).**

Institución	Parámetro	Unidad de medida	LMA	LMP
COGUANOR	Temperatura	° C	15-25	< 34
COGUANOR	Oxígeno disuelto	mg/lit	5	-----
COGUANOR	Conductividad eléctrica	uS/cm.	50-750	< 1,500
COGUANOR	Potencial de hidrógeno	mg/lit	7.0-7.5	6.5-8.5
EPA	Sólidos disueltos totales	mg/lit	500	1,000
COGUANOR	Nitrato	mg/lit	10	45
COGUANOR	Nitrito	mg/lit	-----	0.01
EPA	Amoníaco	mg/lit	0.05	0.50
EPA	Fosfatos	mg/lit	-----	0.05

Fuente: Departamento de regulación de los programas de salud y ambiente. 2003.

#### G) Límite máximo aceptable

Es el valor de concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor

#### H) Límite máximo permisible

Es el valor de concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para el consumo humano.

#### I) Características físicas

Características relativas a su comportamiento físico, que determinan su calidad.

#### J) Características químicas

Características relativas a sustancias contenidas en el agua, que determinan su calidad.

#### K) Consideraciones importantes del muestreo

- Las muestras deben ser representativas de la fuente.
- El volumen de agua a muestrear no debe ser menor de 250 ml o mayor de 500 ml. En casos especiales se debe obtener un volumen de 1000 ml.
- Las muestras deben ser analizadas lo antes posible. Es recomendable no dejar pasar más de 18 horas, y en todo caso no más de 24 horas.
- Las muestras deben transportarse en un lugar fresco, evite transportarlas o dejarlas en lugares calientes. Transpórtese en hielo cuando sea necesario.
- Debe evitarse que las muestras sean contaminadas máxime con el contacto corporal del técnico recolector, pues esto puede variar considerablemente los resultados analíticos.
- Si no es posible el análisis de las muestras dentro de las siguientes 24-48 horas después de muestreadas, estas deberán guardarse en refrigeración a 5° u 8° C evitando que sean congeladas.
- Los recipientes deben estar completamente limpios.
- Las muestras deben ser plenamente identificadas.

#### L) Metodología para limpiar los recipientes de muestreo

- Lávense con jabón detergente incluyendo la tapadera.
- Aplicar suficiente agua de chorro para eliminar los residuos de jabón.

- Enjuáguese bien con una solución de HCl 1:6 ó 1:10.
- Nuevamente aplicar suficiente agua de chorro y posteriormente agua destilada. Espere a que se sequen los recipientes de muestreo, colóqueles la tapadera y por ningún motivo toque el interior de los mismos.
- Los recipientes deben ser de vidrio o preferentemente de polietileno. Los tapones no deben contener sustancias orgánicas u oxidantes (Castillo, 1989).

#### LL) Información que se requiere en la identificación de las muestras

- Número de muestra.
- Fuente: río, nacimiento, lago, pozo etc.
- Nombre de la fuente.
- Punto de muestreo
- Profundidad de muestreo
- Temperatura (opcional)
- Hora de muestreo
- Jurisdicción
- Fecha de muestreo
- Nombre del técnico recolector.
- Observaciones: haga las anotaciones cuando observe algo sobre las características siguientes: color, turbidez, olor, pH.

#### M) Procedimiento de captación

Debe ponerse especial interés y cuidado en la recolección de las muestras de agua. De ello depende, en gran parte, el éxito de los resultados analíticos reales. Los diferentes tipos de fuentes deberán muestrearse siguiendo procedimientos distintos.

Muestreo en ríos: los valores analíticos de las muestras de ríos varían con la distancia de las márgenes, profundidad y turbulencia de la corriente (Castillo, 1989).

Las muestras de agua de un río que es estudiado por primera vez deben ser tomadas tanto en el margen como a mediación. Las muestras también deben ser tomadas a lo largo de su recorrido, partiendo de su nacimiento hasta el punto de derivación. Debe investigarse los cauces tributarios y posibles fuentes de contaminación. Debe comprenderse que muchas veces no se puede cumplir con lo anterior dado a problemas de distancia, accesibilidad, etc., en cuyo caso bastará realizar el muestreo representativo

y el control periódico durante uno o varios años en torno al caudal cercano al punto de derivación (Castillo, 1989).

Finalmente la muestra debe ser tomada colocando el frasco inclinado, con la boca corriente arriba, de tal manera que la mano del técnico quede corriente abajo evitando que las aguas toquen la mano antes de ser captadas (Castillo, 1989).

N) Observaciones importantes en la captación de muestras.

- Es recomendable enjuagar el recipiente de muestreo con la misma muestra de agua a recolectar.
- Si la tapadera del frasco se pierde, no utilice tapaderas o tapones de materiales que contaminen la muestra de agua pues la oxidación y disolución desprenden minerales o sustancias orgánicas que alteran los datos del análisis. El nylon limpio y bandas de hule dan buen resultado para sellar los recipientes.
- Asegúrese que el recipiente no esté rajado. Asimismo debe tapar bien el recipiente para que la muestra no se desparrame.
- Asegúrese de etiquetar bien las muestras para evitar que las etiquetas se desprendan.
- Verifique que los datos anotados en la etiqueta no se borren o manchen. Use lápiz o marcadores indelebles.

Ñ) Impactos sobre la calidad del agua.

Las prácticas de uso de la tierra pueden tener importantes impactos en la calidad del agua, que en cambio podrían tener efectos negativos sobre los usos del agua. Los impactos incluyen cambios en la carga de sedimentos y en las concentraciones de sales, metales, nutrientes y los agentes patógenos y un cambio en el régimen térmico (Kiersch, 2000).

La protección de los bosques contra la erosión se debe fundamentalmente a la vegetación de monte bajo, a los restos vegetales y al efecto estabilizador de la red de raíces. En fuertes pendientes, el efecto estabilizador neto de los árboles es generalmente positivo. La cubierta vegetal puede prevenir la aparición de deslizamientos de tierras, y por ende, de la sedimentación de los ríos. La pérdida real de suelo; sin embargo, depende en buena medida del uso que se le da a la tierra después de que los árboles han sido ya talados. La erosión superficial de praderas bien conservadas, en áreas sin una carga

ganadera excesiva y en zonas con agricultura de conservación, es de baja a moderada (Jiménez, 2003).

Un cambio en el uso de la tierra puede alterar el contenido de nutrientes de las aguas superficiales y subterráneas, más concretamente los niveles de nitrógeno (N) y fósforo (P). La deforestación puede conducir a altas concentraciones de nitratos ( $\text{NO}_3$ ) en el agua debidas a la descomposición del material vegetal y a una reducida absorción de nutrientes por la vegetación. La concentración de nitratos en la esorrentía de cuencas deforestadas puede ser 50 veces mayor, que en una zona de captación con presencia de masas forestales al cabo de varios años (Kiersh, 2000).

Las actividades agrícolas y piscícolas, así como los asentamientos humanos pueden conducir a un incremento en el aporte de nitrógeno, fósforo, metales pesados y concentración de bacterias a las masas de agua como resultado de muchos factores, incluyendo la aplicación de fertilizantes y pesticidas, el estiércol procedente de la producción ganadera, los lodos procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales de origen doméstico y residuos de alimento para peces (FAO, 1996 citado por Kiersch, 2000). Es importante mencionar que estas fuentes de contaminación pueden ser evitadas con el adecuado tratamiento y regulación.

El régimen térmico de las aguas superficiales puede verse afectado por las prácticas de uso de la tierra. En pequeñas corrientes, la eliminación de la vegetación ribereña puede causar un incremento en la temperatura del agua, produciendo contaminación térmica. Además, las descargas de químicos de las zonas de riego pueden causar un incremento en la temperatura del cauce receptor (Kiersch, 2000).

## O) Parámetros físicos del agua

### a) Temperatura.

Es un factor que tiene una gran influencia en la mayoría de los procesos químicos y biológicos del agua. Afecta la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, la velocidad de fotosíntesis de algas y plantas acuáticas más grandes, la velocidad metabólica de organismos acuáticos y la sensibilidad de los organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades. Una elevación de la temperatura conduce a reducir la solubilidad del oxígeno, lo cual puede afectar negativamente la actividad biológica en el agua, así como la capacidad autodepurativa del río (Kiersch, 2000).

Los organismos acuáticos poseen límites de tolerancia térmica superior o inferior, con temperaturas óptimas para el crecimiento y gradientes de temperatura que limitan las temporadas de migraciones, desove e incubación de huevos. Las variaciones de temperatura son parte del régimen climático normal de los cuerpos de agua de origen natural, presentan variaciones estacionales y diurnas, con estratificación vertical (Dix, 2000).

#### b) Conductividad eléctrica

Expresa la capacidad del agua para transferir una corriente eléctrica, la cual se incrementa principalmente con el contenido de iones (sólidos disueltos) y la temperatura. La conductividad es útil como una medición general de la calidad de agua de río. Cada río tiende a tener un rango relativamente constante de conductividad que, una vez establecido, puede ser usado como línea base para comparaciones con las medidas regulares de conductividad. Los cambios significativos en conductividad podrían entonces ser un indicador de que una descarga o alguna otra fuente de contaminación han entrado al río (Dix, 2000).

El agua es afectada por la presencia de sólidos inorgánicos disueltos como los aniones de cloruro, nitrato, sulfato y fosfato (con carga negativa) o cationes de sodio, magnesio, calcio, hierro y aluminio (con carga positiva). La conductividad en corrientes y ríos es afectada primordialmente por la geología del área a través de la cual corre el agua. Las que corren por áreas con roca parental de granito tienden a tener una conductividad más baja puesto que el granito está compuesto por más materiales inertes que no se ionizan (se disuelven en compuestos iónicos) cuando se lavan en el agua. Por otra parte, las corrientes que fluyen por áreas con suelos arcillosos tienden a tener una conductividad más alta debido a la presencia de materiales que se ionizan cuando son lavados hacia el agua. Las descargas hacia ríos también pueden cambiar la conductividad dependiendo de su constitución. Por ejemplo, un sistema de drenajes defectuoso aumenta la conductividad por la presencia de cloruro, fosfato y nitrato (Kiersch, 2000).

La unidad básica de medida de la conductividad es el mho o siemens. La conductividad se mide en micromhos por centímetro (Mohs/cm.) o microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}.$ ). El agua destilada tiene una conductividad en el rango de 0.5 a 3 Mohs/cm. El agua industrial puede llegar hasta los 10,000 Mohs/cm (Dix, 2000).

Las principales fuentes de las sales naturales que se encuentran en las aguas corrientes y de origen antropogénico son: descargas industriales de sales, sal de consumo humano y a nivel comercial, excreciones de las sales por el hombre y por animales (Kiersh, 2000).

La medida de la conductividad en un cuerpo de agua es de mucha importancia, ya que se permite conocer acerca del metabolismo de un ecosistema acuático. Además, altas diversidades de especies corresponden a menudo a bajas conductividades y viceversa (Kiersh, 2000).

c) Sólidos disueltos totales (TDS).

Los sedimentos pueden representar una sustancia contaminante tanto desde el punto de vista físico como químico. La contaminación física característica de los sedimentos es la turbidez (limitada penetración de la luz solar) y la sedimentación (pérdida de la capacidad de almacenaje de los embalses, destrucción de las barreras de coral, pérdida de las áreas de desove para ciertas especies ictícolas, etc.). La contaminación química debida a los sedimentos incluye la absorción de metales y el fósforo, así como las sustancias químicas orgánicas hidrofóbicas (FAO, 1996 citado por Kiersch).

Los sólidos disueltos totales indican la cantidad de materia en solución y materia sólida cargada por el río. Los sólidos disueltos constituyen los iones solubles en el agua cuyos principales cationes y aniones son:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}_2$ ,  $\text{Mg}_2$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $(\text{SO}_4)^{-2}$ ,  $(\text{HCO}_3)^{-1}$  y  $(\text{CO}_3)^{-2}$ , los cuales se incorporan al agua a través de la atmósfera durante la lluvias o en los suelos durante la escorrentía estos indican la cantidad de materia en solución y materia sólida cargada por el río (EPA, 2004; Kiersch, 2000).

La alta concentración de sólidos totales ocasiona una baja calidad de agua y problemas de balance de agua para algunos organismos individuales. La alta concentración de sólidos disueltos puede llevar efectos laxantes en el agua para beber y contar con un mal sabor mineral en el agua. (Tot, 2000)

P) Parámetros químicos del agua

a) pH.

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrógeno en el agua. Este puede variar debido a la fotosíntesis, concentraciones de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, así como la actividad bacteriana, entre otros factores. Los rangos de pH

adecuados para la vida acuática en agua dulce, establecidos por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de los Estados Unidos son de 6.5 a 8.5. Aguas fuera del rango normal, de 6 a 9, pueden ser dañinas para la vida acuática. Estos niveles de pH pueden causar perturbaciones celulares y la eventual destrucción de la flora y fauna acuática (Tot, 2000).

Si los valores se encuentran fuera de los rangos recomendados puede alterar el sabor del agua y contribuir a la corrosión del sistema de distribución del agua, ocurriendo así una extracción de hierro, cobre, plomo, zinc y cadmio, dificultando la descontaminación del agua (Dix, 2000).

Las fuentes que modifican el pH de las aguas naturales son: el agua de lluvia al combinarse con el  $\text{CO}_2$  atmosférico forma ácido carbónico, la contaminación del aire en áreas industriales lo que constituye la principal fuente de acidificación de las aguas naturales, por factores edáficos, por la explotación de la pirita y carbón, el azufre que puede formar ácido sulfúrico en medios anaeróbicos y los ácidos húmicos los cuales se forman a partir de la descomposición vegetal (Dix, 2000).

#### b) Oxígeno disuelto.

Constituye uno de los elementos de mayor importancia en los ecosistemas acuáticos, ya que su presencia y concentración define el tipo de especies que ocurren de acuerdo con sus tolerancias y adaptaciones; y por ende establece toda la estructura y funcionamiento biótico (Tot, 2000).

El oxígeno disuelto es esencial para la manutención de procesos de autodepuración en los sistemas acuáticos naturales y plantas de tratamiento de agua. Durante la estabilización de la materia orgánica, las bacterias hacen uso del oxígeno en sus procesos respiratorios, pudiendo causar una reducción del oxígeno en el medio. Los efectos de los residuos oxidados sobre las aguas receptoras y la eficiencia de las plantas de tratamiento, puede ser evaluado por el oxígeno disuelto durante el proceso de oxidación bioquímica (Jiménez, 2003).

La solubilidad del oxígeno disuelto en el agua, está influenciado por la salinidad, la presión barométrica (altitud) y la temperatura, por lo cual es necesario homologar los datos tomados en diferentes condiciones ambientales. Por eso la medición del porcentaje de saturación de oxígeno es necesaria para la estandarización de dichas variables en los diferentes ecosistemas (Kiersh, 2000).



En los lagos oligotróficos se conserva niveles más o menos constantes de oxígeno y dióxido de carbono a lo largo del ciclo día-noche. En cambio en los lagos eutróficos existen por lo regular grandes variaciones de estos gases, por lo que es muy común que estos lagos se sobresaturan de oxígeno durante el día y se desoxigenan durante la noche (Dix, 2000).

#### Q) Nutrientes.

El nitrógeno y el fósforo son esenciales para el crecimiento de algas y la limitación de las cantidades de éstos elementos es un factor importante que controla su tasa de crecimiento.

##### a) Fósforo

Se puede analizar en la forma de fosfato ( $\text{PO}_4$ ), el cual generalmente es introducido a los cuerpos de agua como descargas fecales, detergentes con aditivos fosfatos y los fertilizantes agrícolas. En la mayoría de las ocasiones el fósforo es un factor limitante en la proliferación de algas, por lo cual se podría considerar que las descargas de este nutriente en los cuerpos de agua, como las iniciadoras de la eutrofización. Los fosfatos totales no deberán exceder de 0.05 mg/lit. , en afluentes a lagos o embalses ni de 0.025 mg/lit. , dentro del lago o embalse, para prevenir el desarrollo de especies biológicas indeseables y para controlar la eutrofización acelerada (Dix, 2000).

El fósforo es de origen natural; de la disolución de los compuestos del suelo y de la materia orgánica en descomposición. El fósforo de origen antropogénico proviene de los desechos domésticos e industriales, detergentes, heces de animales y fertilizantes. La presencia del fósforo en los cuerpos de aguas desencadena el crecimiento algal y otras plantas acuáticas desagradables (Dix, M. 2000).

El fósforo se mide normalmente como ortofosfato ( $\text{PO}_4^{4-}$ ), ya que es la manera en que las plantas acuáticas y el fitoplancton pueden absorberlo. Es uno de los nutrientes menos abundantes y al mismo tiempo es el factor limitante en la productividad primaria.

En los trópicos, las altas temperaturas aumentan el metabolismo de las plantas y el fitoplancton, lo que hace que los ortofosfatos se consuman más rápidamente. Esto explica por qué los valores de ortofosfatos son por lo general muy bajos en lagos tropicales.

## b) Nitrógeno

Se analiza en la forma de amoníaco, nitrato y nitrito. Según las normas de la Organización Mundial para la Salud (OMS), el límite máximo permisible de nitrógeno total en el agua es de 1 mg/lit (Kemmer, 1989).

### b.1) Amoníaco (NH<sub>3</sub>)

Es el resultado de los desechos metabólicos tanto de las algas como los organismos en el medio en forma de excretas, así como el resultado de la descomposición de la materia orgánica. Es utilizado normalmente como un indicador de la contaminación reciente de un cuerpo de agua o la cercanía de una fuente de contaminación. El amonio es muy tóxico en la forma de amoniaco, equilibrio que desplaza al incrementarse el pH, esto significa que al tener concentraciones altas de amonio y valores altos de pH, el grado de toxicidad del agua, como consecuencia del desplazamiento del equilibrio hacia el amoniaco, se incrementa, pudiendo provocar muerte de peces (Tot, 2000).

Compuestos de amoniaco y de amonio son aplicados al suelo como fertilizantes (urea) Si el amoniaco es liberado en exceso a los requerimientos de las plantas, las bacterias *Nitrosomonas* lo convierten en condiciones aeróbicas a nitritos. Los cuerpos de agua que contienen sobre todo amoníaco y nitrógeno orgánico, son considerados ecosistemas contaminados. El límite máximo permisible establecido por la Organización Mundial para la Salud (OMS) para el nitrógeno proveniente de amonio es de 50 microgramos por litro (Tot, 2000).

### b.2) Nitrato

De forma natural proviene del último estado de la putrefacción de la materia orgánica a través de bacterias de los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. También es incorporado al agua por la descomposición natural de la materia nitrogenada de las aguas de desecho, como de los fertilizantes agrícolas (Tot, 2000).

El nitrato es la forma más común de nitrógeno encontrada en las fuentes de agua. Las concentraciones de nitratos superiores a 5 mg/l, indican condiciones sanitarias inadecuadas. Los nitratos estimulan el crecimiento de plantas acuáticas, así como el de las algas que proliferan en la presencia de este químico, cuando los lagos o represas tiene elevadas concentraciones de nitratos puede provocar proliferaciones de algas, propiciando el proceso de eutrofización. (Dix, M. 2000)

### b.3) Nitritos:

La aparición de los nitritos depende principalmente de una vía oxidativa producida por bacterias del género *Nitrosomonas*, que convierten el amonio en nitrito consumiendo el oxígeno disuelto en el agua. Su evaluación es importante para determinar el estado de autodepuración de un cuerpo de agua y la periodicidad de las descargas de éste. (Tot, 2000)

### R) Clasificación trófica de los cuerpos de agua.

Los cuerpos de agua pueden clasificarse por su estado trófico. Este estado está definido por el enriquecimiento del medio acuático con nutrientes, principalmente nitrógeno y fósforo. Provocando un crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, las cuales, debido a su gran actividad fotosintética durante el día y respiración durante la noche, provocan cambios físico-químicos profundos, con fuertes oscilaciones de oxígeno y pH en los ciclos día-noche. Las principales causas de los procesos de eutrofización son:

- a) Procesos físico-químicos: En ellos se incluye las características geológicas de la cuenca como el contenido de minerales y nutrientes en los suelos, sólidos, erosión, tasa de renovación del agua y características morfométricas.
- b) Procesos nutricionales: Incluyen la relación entrada-salida de los nutrientes y el tipo de vegetación existente.
- c) Procesos antrópicos: actividades humanas que causan variaciones en las tasas de entrada de nutrientes tales como descargas urbanas, industriales o agropecuarias (detergentes, abonos, herbicidas) o procesos de dragado, remoción de tierras, deforestación y cambios de escorrentía, entre otros.

Los términos oligotrófico, mesotrófico y eutrófico se utilizan para indicar la cantidad de nutrientes presentes en el agua (Dix, M. 2000).

### RR) Consideraciones del tamaño de las cuencas.

En lo que respecta al tamaño de la cuenca, el impacto del uso de la tierra podría llegar a ser menos importante en las cuencas grandes por los efectos atenuadores, como la falta de sincronización (como en el caso de inundaciones), la capacidad de almacenamiento del cauce del río (sedimentación) o la capacidad autodepurativa del río (contaminación orgánica). Al mismo tiempo, el impacto puede llegar a acentuarse a

medida que aumenta la escala debido a los efectos acumulativos, como en el caso de la salinidad (cuadro 23) (Kiersch, 2000).

**Cuadro 23. Dimensión espacial de los impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos.**

Impacto	tamaño de la cuenca (km <sup>2</sup> )						
	0,1	1	10	100	1000	10000	100000
Caudal medio	x	x	x	x	-	-	-
Caudal punta	x	x	x	x	-	-	-
Caudal base	x	x	x	x	-	-	-
Recarga de acuíferos	x	x	x	x	-	-	-
Carga de sedimentos	x	x	x	x	-	-	-
Nutrientes	x	x	x	x	x	-	-
Materia orgánica	x	x	x	x	-	-	-
Agentes patógenos	x	x	x	-	-	-	-
Salinidad	x	x	x	x	x	x	x
Pesticidas	x	x	x	x	x	x	x
Metales pesados	x	x	x	x	x	x	x
Régimen térmico	x	x	-	-	-	-	-

X= impacto observable (-) = sin impacto observable.

S) Consideraciones de la escala temporal.

La escala temporal determina la percepción del impacto, así como el costo económico asociado a éste. Es importante considerar dos aspectos con respecto a la escala temporal de los impactos derivados del uso de la tierra. En primer lugar el tiempo que transcurre antes de que un uso de la tierra tenga un impacto sobre los usos en la parte baja de la cuenca y en segundo lugar, en el caso de impactos negativos, el tiempo que necesitan las medidas correctoras para tener efecto, si el impacto es reversible (Kiersch, 2000).

Las escalas temporales de los impactos del uso de la tierra pueden variar desde menos de un año, como en el caso de la contaminación bacteriológica, a cientos de años, como en el caso de la salinidad. En la mayor parte de los casos, el tiempo que lleva restaurar un sistema acuático después de un impacto adverso es mucho mayor que el tiempo que tarda en producirse (Tot, 2000).

T) Funciones de la vegetación en el ciclo del agua

En primer lugar, al interceptar la lluvia le quita fuerza y velocidad, con lo que hace que el agua caiga lentamente al suelo. Al suceder esto da suficiente tiempo para que gran parte del agua se pueda infiltrar en el suelo y quede disponible para las raíces de las

plantas, además que gran parte del agua sigue bajando hasta llegar a capas de las que no puede pasar y donde forma cauces subterráneos conformando el manto freático. Por esta razón se pueden hacer pozos en muchos lugares y encontrar agua. Así mismo, del agua subterránea se abastecen los ríos, especialmente en la época seca (INAB, 2003).

El agua que no se infiltra en el suelo y corre sobre su superficie encuentra obstáculos como raíces y hojarasca que no le permiten alcanzar velocidades y cantidades grandes que pueden erosionarse el suelo. El agua llega poco a poco a los ríos, haciendo que estos no crezcan de repente y causen desastres como inundaciones y derrumbes (INAB, 2003).

Es reconocido por varios autores que la cobertura forestal disminuye caudales anuales; sin embargo, Stadtmuller (1994) indica que el bosque garantiza al más bajo costo, una alta calidad del agua (regulando sedimentos, turbidez, temperatura y oxígeno disuelto), estabiliza el flujo superficial y brinda una adecuada protección al suelo. Este es un aspecto muy importante sobre todo en áreas tropicales y subtropicales donde la norma general es contar con precipitación con intensidades muy erosivas (INAB, 2003).

La estructura de los suelos forestales en combinación con la ausencia de un uso intensivo condiciona altas capacidades de infiltración. En este sentido aun durante precipitaciones de intensidad extrema toda o la mayoría del agua infiltra al suelo, la escorrentía superficial ocurre solo en áreas cercanas a los cauces (zonas de ribera) y durante eventos de precipitación prolongados. Así pues las áreas cercanas a los ríos son las de mayor potencial para aportar sedimentos a los mismos. Por otro lado, el manejo y cuidado especial de esta áreas puede absorber o anular los impactos negativos principalmente sedimentación de cuerpos de agua, ocasionados por el uso agrícola del suelo, intervenciones silviculturales u operaciones forestales en zonas más alejadas o minimizarlo a un nivel aceptable (INAB, 2003).

Brown (1985) afirma que las zonas de ribera deben ser consideradas en la planificación como unidades de manejo especial que requieren un tratamiento particular, especialmente en el control del impacto hidrológico de las actividades forestales. Kunkle citado por Standtmuller (1994) propone un ancho de 50 metros para la protección de zonas de ribera, así mismo, para la unidad de manejo especial, derivando este valor de investigaciones sobre el área variable de afluencia. Pritchett (1980) propone entre 20 y 40

metros para una zona de protección a cada lado de las corrientes de agua; sin embargo, algunas investigaciones señalan que en el trópico, esta distancia no es suficiente para determinar el ancho de la ribera y que pueden aumentar considerablemente en especial en áreas que presentan precipitaciones intensas y prolongadas. Respecto a las corrientes menores Scatena (citado por Stadtmuller, 1994) y Bruijnzeel (1992) propone una franja intocable de 10 metros de ancho a lo largo de todos los lechos del caudal permanente y no solo a lo largo de los ríos principales (INAB, 2003).

Para garantizar que la cobertura boscosa cumpla sus funciones de regulación hidrológicas es recomendable que en las intervenciones silviculturales y operaciones de manejo forestal no se extraiga más del 30% del área basal y además se debe contar con la aplicación de técnicas adecuadas de aprovechamiento. A partir de este grado de intervención la escorrentía y la erosión tienden a aumentar fuertemente (Stadtmuller, 1994). Asimismo en pendientes mayores al 50% y con una superficie de deslizamiento a una profundidad de un metro o menos la tala de árboles puede afectar la estabilidad de la ladera y aumentar por consiguiente la posibilidad de deslizamientos por lo tanto, no es recomendable la extracción de árboles en áreas con dicha pendiente (INAB, 2003).

#### U) Zonas de vida

##### a) Bosque muy húmedo subtropical cálido (bmh-S(c))

Es la zona de vida más extensa en Guatemala ocupando también el primer lugar en usos. La zona de vida Muy Húmeda Subtropical incluye, como en la húmeda, dos segmentos a los que para diferenciarlos mejor, se les agregó una (c) para la zona baja donde la biotemperatura es obtenida por medio de los cálculos utilizando también temperaturas que sobrepasan los 30 grados Celsius y una (f) para la zona de mayor altura donde las temperaturas medias son iguales a las biotemperaturas.

Esta zona de vida cubre en el norte del país el Departamento de Izabal, Norte de Alta Verapaz, Quiché y una parte del Departamento de Huehuetenango, asimismo la parte Sur del Departamento de Peten (Sayaxche, San Luís, Poptún, Dolores).

La superficie total de esta zona de vida es de 40,700 km<sup>2</sup>, lo que representa el 37.41% de la superficie del país. Las condiciones climáticas tienden a ser variables por la influencia de los vientos. El régimen de lluvias es de mayor duración por lo que influyen grandemente en la composición florística y en la fisonomía de la vegetación. Los terrenos

de esta zona de vida son de topografía desde plana hasta accidentada. La elevación varía desde 80 a 1600 msnm.

La vegetación natural es una de las más ricas en su composición florística, sin embargo, se cita como indicadoras las siguientes: Corozo (*Orbignya cohune*), Canxan o Naranjo (*Terminalia amazonia*), Ramón Blanco (*Bosmun alicastrum*), Manchiche (*Lonchocarpus sp.*), Palo Sangre (*Virola sp.*), Guarumo (*Cecropia sp.*), Ceiba (*Ceiba pentandra*), San Juan (*Vochysia hondurensis*) y Pino de Peten (*Pinus caribea*).

En relación al uso apropiado, en la parte norte del Departamento de Alta Verapaz y Sur de Izabal, estos suelos tienden a ser muy poco fértiles para la agricultura permitiendo solamente la producción de maíz y frijol, por lo que es conveniente determinar áreas para manejo sostenido de los bosques (De La Cruz, 1982).

b) Bosque muy húmedo subtropical frío (bmh-S (f))

Constituye un segmento del muy húmedo Subtropical, representándose con una (f) de más para la zona de mayor altura donde las temperaturas medias son iguales a las biotemperaturas.

Este segmento abarca los alrededores de Cobán, siguiendo una faja angosta de 2 a 4 kilómetros de ancho para Baja Verapaz, pasando por la cumbre de Santa Elena. Luego se separa la faja para seguir bordeando la Sierra de Las Minas por un lado y por el otro sigue rumbo a la cumbre de El Chol en Baja Verapaz. La superficie total de esta zona de vida es de 2584 km<sup>2</sup>, lo que representa el 2.37% de la superficie total del país.

El régimen de lluvias como en la zona anterior, es de mayor duración, lo que influye en la vegetación. El patrón de lluvia varía de 2,045 a 2,514 mm promediando 2,284 mm de precipitación total anual. Las biotemperaturas van de 16° a 23° C. La evapotranspiración potencial puede estimarse en promedio de 0.50 mm. Ésta relación indica que se evapora solamente la mitad de lo que precipita, de acuerdo a los índices tomados por Holdridge y por lo tanto es adimensional.

La topografía es generalmente ondulada llegando en algunos casos a ser accidentada. La elevación varía entre 1,100 a 1800 msnm.

La vegetación natural que se considera como indicadora, está representada por Liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*), Aguacatillo (*Persea smithii*), Pino triste (*Pinus pseudostrobus*), Coyou (*Persea schiediana*), Pimientillo (*Rapanea feruginea*), Zapotillo

(*Clethra sp.*), Arrayán (*Myrica sp.*), Sangre Drago (*Croton draco*), Fruto de Paloma (*Eurya seemanii*).

Se cultivan aparte de maíz y frijol, que son tradicionales, café, cardamomo, caña de azúcar, pacaya y árboles frutales como: cítricos, aguacate, chupte, injerto. También agave, pimienta y otros. Esta zona de vida es utilizada para pastos criollos con ganadería en pequeña escala. En relación al aprovechamiento forestal la especie más utilizada es el pino triste o pino candelillo. Es necesario proteger y manejar adecuadamente los bosques para mantener el equilibrio, porque los suelos no son del todo vocacionales para fitocultivos y ganadería. (De La Cruz, 1982)

#### c) Bosque pluvial montano bajo subtropical (bp-MB)

Comprende un área pequeña arriba de Tucurú y Tamahú en Alta Verapaz pasando por Purulhá, Unión Barrios y Chilascó en Baja Verapaz, continúa en la parte alta de la Sierra de Las Minas. La superficie total es de 908 km<sup>2</sup> lo que representa el 0.83% de la superficie total de Guatemala.

El patrón de lluvias es un poco difícil de determinar, por no disponerse de mayores datos, sin embargo puede decirse que sobrepasa los 4,100 mm de precipitación anual. La biotemperatura oscila alrededor de los 19° C; la evapotranspiración potencial se estima en 0.25 (adimensional) lo cual representa que la cantidad de precipitación pluvial supera en un 75% la cantidad de agua evaporada. La topografía es accidentada teniendo elevaciones que van desde 1500 hasta 2700 msnm. La vegetación natural predominante indicadora de esta zona de vida es: Cipresillo (*Podocarpus oleifolius*), Nogal de Montaña (*Alfaroa costarincensis*), Nogal Blanco (*Engelhartia sp.*), Ca'j (*Billia hippocastrum*), Magnolia (*Magnolia guatemalensis*), Cedrillo (*Brunellia sp.*), Mano de León (*Oreopanax xalapense*), Mazorco (*Hedyosmun mexicanum*), Begonia gigante (*Gunnera sp.*).

La cubierta boscosa de esta zona reviste gran importancia por ser reguladora en el escurrimiento del agua. La presión demográfica puede llegar a reducir los bosques y resulta necesario hacer notar que es mala economía para la nación dejar que se destruyan, pues al desaparecer se producen grandes erosiones, con las consecuencias ya conocidas. Aparte de esto, puede comprobarse que son estos bosques lo que prefiere el quetzal; el uso apropiado de la zona, entonces, es conservarla como área de protección forestal. (De La Cruz, 1982)



## V) Clasificación de tierras por capacidad de uso

### a) Tierra calizas altas del norte

Esta región comprende las áreas de formaciones sedimentarias clásticas y carbonáticas en las mayores alturas del territorio de Guatemala, se incluyen aquí las tierras calizas que se encuentran en una cota superior a los 600 msnm. Incluye algunas áreas importantes tales como las montañas de Los Cuchumatanes que son las formaciones de materiales sedimentarios con mayor altura en el país, puesto que se encuentran a alturas superiores a los 3600 msnm. Dentro del sistema orográfico, La Sierra de Chuacús (principalmente en Alta Verapaz) y las Montañas de Santa Cruz (al norte de Izabal), las Montañas Mayas en el límite con Belice, forman parte de esta región. Por otra parte, tiene también superficies que podrán considerarse comparativamente de mediana elevación. Los principales departamentos que cubren esta región son Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz, Izabal. Algunos poblados dentro de la región son: Todos Santos Cuchumatán, San Rafael la Independencia, Barrillas, Nenton, Jacaltenango, La Libertad, San Pedro, Cobán, San Cristóbal Verapaz, Senahú y Purulhá.

Los usos de la tierra son variables pero entre los más importantes se encuentran los cultivos de cardamomo y café así como las tierras con bosques y los cultivos de subsistencia como maíz (INAB, 2000).

### b) Tierras metamórficas

Se encuentran a inmediaciones de la falla del río Motagua e incluyen suelos formados a partir de materiales geológicos tales como filitas, esquistos, dioritas, serpentinas, gneis; pueden considerarse inclusiones, algunas calizas que se localizan dentro de esta región, sobre todo en el extremo este del departamento de Izabal. También pueden considerarse como inclusiones, algunos valles con cubiertas de pómez tal es el caso de Rabinal y San Jerónimo-Salamá. El extremo sur de esta región, lo constituye las Tierras altas volcánicas y el extremo norte los materiales calizos (INAB, 2000).

La región se distribuye desde los límites entre los departamentos de San Marcos y Huehuetenango y atraviesa los departamentos de El Quiché, Baja Verapaz. El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Izabal. Algunos municipios incluidos en esta región son Santa Bárbara, Cubulco, Granados. Desde el punto de vista orográfico la Sierra de Chuacús, la Sierra de las Minas y Las Montañas del Mico, se encuentran conformando una buena

parte de las tierras incluidas en esta región. Entre los usos de la tierra predominantes en esta región, se encuentran, tierras con bosques, cultivos de subsistencia (maíz y frijol).

## W) Geología

### a) Aluviones cuaternarios

Es una unidad heterogénea, considerada como producto del aporte de deslizamientos, avalanchas volcánicas, flujos de barro y material arrastrado por el agua fluvial, provenientes principalmente de macizos ígneos de la Cordillera Volcánica, estando sobre yacida esta unidad por capas de espesores variables de cenizas y lapillos, así como de material coluvio-aluvial.

La mayor concentración de estos se encuentra en la parte sur del país, a lo largo de toda la franja costera del Océano Pacífico, en los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Mazatenango, Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa. Localizándose también al noroeste y noreste de Peten, así como en las costas de Belice y en las márgenes del río Motagua y lago de Izabal (FAUSAC, 1997).

### b) Rocas sedimentarias del carbonífero y pérmico

Corresponden al Grupo Santa Rosa, que se divide en las formaciones Chicol, Tactic, La Esperanza y Chochal. En este grupo se han abarcado lutitas, areniscas, conglomerados, filitas y carbonatos; se encuentran de este a oeste en los departamentos de Huehuetenango, Quiche, Baja Verapaz, Alta Verapaz, Izabal; aunque también se formaron en el sureste de Peten y en el centro de Belice. Estas rocas son de edad del carbonífero a pérmico superior. El ambiente de sedimentación, es de agua superficial y de arrecife trasero, sugerido esto por la caliza Chochal (FAUSAC, 1997).

### c) Rocas metamórficas

Son las rocas que forman el Grupo Chuacús, definidas en la Sierra de Chuacús, las cuales se extienden a todo lo largo de la parte central del país, y están constituidas principalmente por filitas, esquistos, gneisses, mármol y migmatitas, que se encuentran en una franja que va de este a oeste, aflorando en el oeste y norte de San Marcos, en el sur y este de Huehuetenango, en el sur de Quiche, Alta Verapaz, Izabal, Jalapa, Jutiapa, cubriendo casi totalmente los departamentos de Baja Verapaz, El Progreso y Zacapa. Todas estas rocas son de edad Paleozoica que podrían tener aproximadamente 1075 millones de años (FAUSAC, 1997).

## X) Fisiografía

### a) Tierras altas sedimentarias

Esta unidad localizada en el altiplano de Guatemala puede ser separada en varias áreas, basadas en el tipo predominante de roca. La primera de éstas, de área más extensa comprende las Sierras de Los Cuchumatanes y de Chamá, formadas principalmente por rocas carbonáticas del cretácico, pero también incluyen sedimentos clásticos de la Formación Todos Santos. Este grupo corresponde a las zonas estructurales denominadas Cinturón Afollado de Alta Verapaz y se caracteriza por una serie de pliegues paralelos, largos y angostos, y fallas de corrimiento, definidas al norte por las márgenes de la cuenca de Petén, y al sur por las fallas y contactos que la separan de la parte dominante cristalina del altiplano. Los valles, generalmente formados a lo largo de sinclinales están ocupados por rocas clásticas del cretácico superior y el Terciario inferior. Dentro de esta unidad fisiográfica hay una gran variedad de formas de la tierra, entre las cuales puede mencionarse la sección compleja localizada al norte de la sierra de Chamá, cuyos pliegues, fallas y procesos erosivos han creado un paisaje de colinas paralelas, topografía cárstica, anticlinales y sinclinales sumergidos. Mientras en el área alrededor de Cobán muestra ejemplos clásicos de sumideros conocidos como siguanes, así como cavernas de piedra caliza (FAUSAC, 1997).

### b) Tierras altas cristalinas

Las montañas pertenecientes a esta región constituyen el núcleo geológico más antiguo de América Central, formadas por rocas metamórficas y sedimentos del paleozoico, batolitos graníticos, rocas ultra mórficas y en menor grado por rocas sedimentarias mesozoicas.

Serpentinitas, filitas, gneisses y esquistos dominan esta región, apareciendo algunas pequeñas áreas de rocas platónicas, principalmente granito que forman una región distinta tanto de los estratos sedimentarios del norte, como de las regiones volcánicas del sur. Este grupo central lo forman las Sierras de Chuacús, Las Minas y El Mico. Algunas de éstas sierras han recibido varios nombres más generales, tales como Cordillera Central de Guatemala caracterizándose por ser sierras altas y abruptas, separadas por extensos valles longitudinales controlados por las principales zonas de

fallas, como lo son las de Polochic, Motagua y Chamelecon a lo largo de los cuales corren los ríos de estos mismos nombres (FAUSAC, 1997).

#### Y) Suelos

Los suelos Civijá y Teleman son suelos profundos, sobre esquisto y arcilla esquistosa. La división fisiográfica de las Tierras bajas del Peten-Caribe descansa sobre piedra caliza; se encuentran también algunos depósitos aluviales y de esquistos. La mayor parte, particularmente en Alta Verapaz es de suelos poco profundos en relieve inclinado. (Cuadro 24)

Los suelos Chacalte, son muy poco profundos, bien drenados, ocupan relieves inclinados, generalmente tienen menos de 50 cm., de espesor sobre el lecho de roca y no son recomendables para un cultivo intenso (Simmons, 1959).

Los suelos aluviales incluye solamente los suelos Polochic, están compuestos de sedimentos derivados de las áreas de caliza, arcilla esquistosa, y serpentina; casi todos los años se inunda gran parte del área desde mayo hasta noviembre. El drenaje posiblemente será difícil puesto que los canales deben ser largos y paralelos al río para poder desaguar en el lago de Izabal (Simmons, 1959).

Los suelos de los valles no diferenciados, ocupan relieves casi planos y pueden adaptarse al cultivo ocasional. Consisten principalmente de sedimentos lavados de las áreas serpentinas, y la grava aparece a poca profundidad. Se debe practicar un manejo cuidadoso incorporando materia orgánica para mantener la productividad (Simmons, 1959).

**Cuadro 24. Posición Fisiográfica, material madre y características de los suelos en la subcuenca Pueblo Viejo.**

Serie	Material madre	Relieve	Drenaje interno	Suelo superficial			Subsuelo		
				Color	Textura y consistencia	Espesor	Color	Textura y consistencia	Espesor
Civijá	Esquisto y esquisto arcilloso	Ondulado a fuertemente inclinado	Rápido	Café oscuro	Franco limoso; friable.	30 cm	Café rojizo	Franco arcillo-limoso, Friable	100 cm
Teleman	Esquisto y esquisto arcilloso	Inclinado	Moderado	Café a café oscuro	Franco limoso; friable.	15-20 cm	Café claro a café rojizo	Franco limoso a arcilloso, Friable	50 cm
Chacalte	Caliza maciza dura	Inclinado	Rápido	Café muy oscuro	Arcillosa; friable.	10-20 cm	Café	Arcilloso, Plástico	20-30 cm
Polochic	Aluvión	Plano	Muy despacio	Gris cafésaceo	Franco arcillo-limoso; friable.	15-20 cm	Gris moteado y gris cafésaceo	Franco arcillo-limoso, quebradizo	75-100 cm

Fuente: Clasificación de suelos de la República de Guatemala de Simmons, Tárano y Pinto.

## 2.3 OBJETIVOS

### 2.3.1 General

- Establecer el estado actual del recurso hídrico superficial de la subcuenca Pueblo Viejo durante el año 2005.

### 2.3.2 Específicos

- Implementar y evaluar las características del recurso hídrico en el cauce principal y las microcuencas en relación a su calidad física y química.
- Realizar el estudio de las características morfométricas de la subcuenca Pueblo Viejo, para evaluar cuantitativamente el escurrimiento superficial del recurso agua.
- Cuantificar las concentraciones de nitrógeno y fósforo así como sus derivados, durante el año 2005.
- Establecer el estado trófico de cada microcuenca y el cauce principal.

## 2.4 Metodología

Se implementaron, evaluaron y analizaron tres aspectos fundamentales del recurso hídrico: la cantidad, la calidad y la distribución; para esto se estimó la escorrentía superficial, los parámetros físicos, químicos y concentración de nutrientes, también las características morfométricas del río Pueblo Viejo y sus afluentes.

### 2.4.1.- Primera fase de gabinete

#### A) Recolección de información preliminar

Durante esta etapa se recabó información de la subcuenca Pueblo Viejo, en documentos bibliográficos y cartográficos, instituciones de desarrollo, municipalidades; para conocer aspectos biofísicos, socioeconómicos y culturales.

#### B) Delimitación de la subcuenca

Se realizó para determinar los linderos naturales, que limitan a la subcuenca; se utilizaron las hojas cartográficas de Pueblo Viejo, La Tinta, Río Hondo y El Cimiento todas a escala 1:50,000 y de los años 1973, 1974, 1987 respectivamente.

#### C) Delimitación y ubicación de los puntos de monitoreo.

Para la selección de estos puntos tomó como base la presencia de asentamientos humanos por cada una de las microcuencas. Se ubicaron los puntos en sectores donde los cauces aun no se hubiesen unido al río principal y tener con la información una idea más objetiva de cuál de las microcuencas provoca mayor contaminación. Posterior a la selección se ubicaron los siguientes puntos de muestreo:

### **Cuadro 25. Ubicación de los puntos de monitoreo en las microcuencas del río Pueblo Viejo para el año 2005.**

Río	Referencia	Ubicación Geográfica	
		Latitud	Longitud
Raxon Tzunun	Puente colgante	0204309	1685815
Pueblo Viejo	Cerca carretera	0212161	1694523
Río Chiquito	Puente comunidad Turbina	0212850	1690417
Quebrada Cancoy	Puente comunidad Cancoy	0209380	1685951

Fuente: Hojas cartográficas Pueblo Viejo, La Tinta, Río Hondo, El Cimiento.

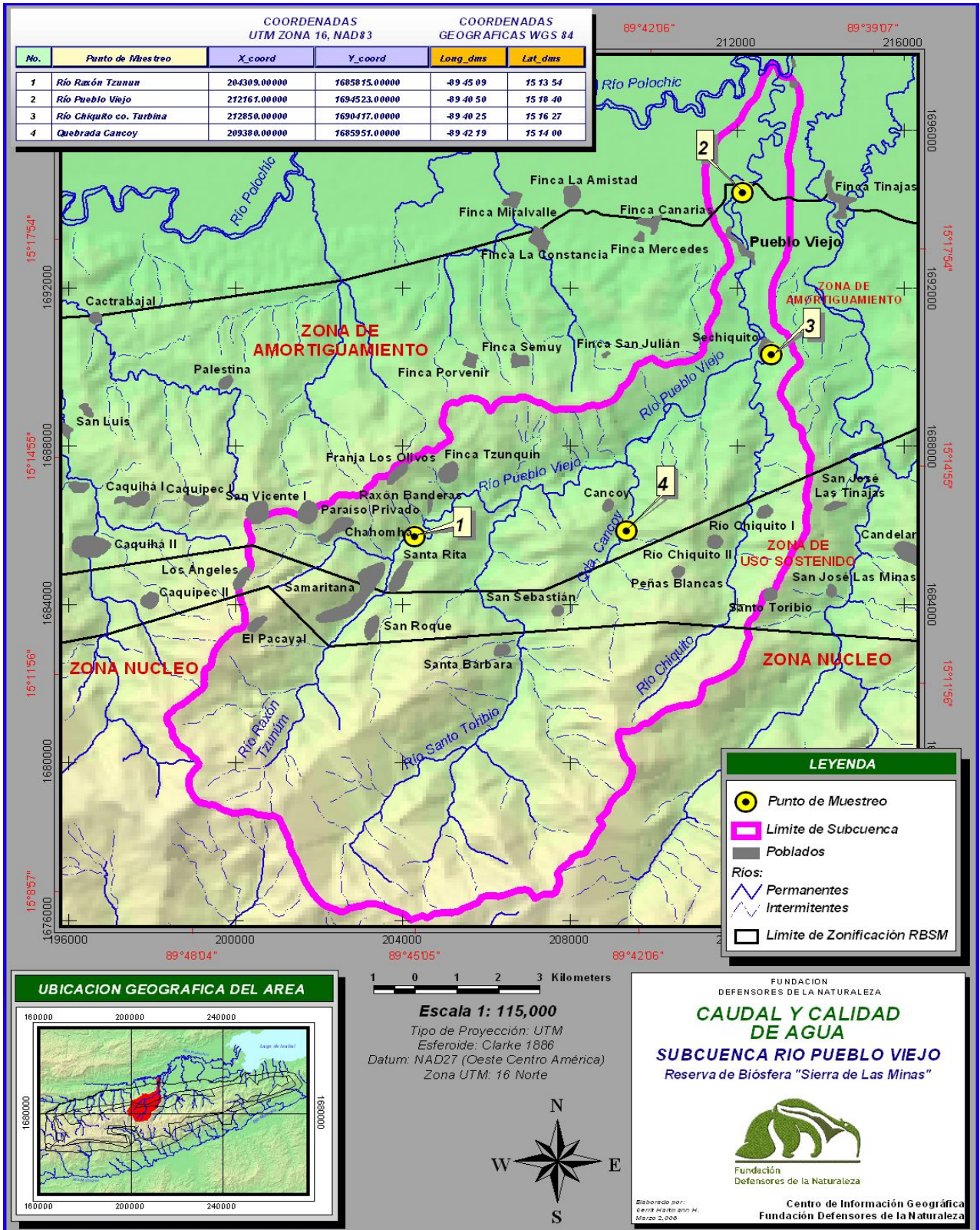


Figura 7. Mapa de localización de los puntos de muestreo para el estudio del recurso hídrico.



#### D) Estudio del recurso hídrico.

Se realizaron dos monitoreos, el primero en la época seca (mayo, 2005) y el segundo en la época lluviosa (septiembre, 2005), se utilizó material para la recolección de muestras y equipo de medición de los parámetros físicos y químicos. Para la evaluación de los nutrientes se utilizó un espectrofotómetro portátil.

##### a) Calidad física y química

Los parámetros físicos y químicos que se midieron fueron: temperatura, conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto y el pH.

Para la realización de este procedimiento se utilizó una Sonda Multiparámetros Sensión 156 R y otra Sonda Sensión 5R, las cuales se calibraron 24 horas antes del monitoreo.

En el análisis de las concentraciones de nutrientes, se utilizó un espectrofotómetro marca Hach modelo DR 2400 el cual permitió determinar las cantidades de fósforo, nitrógeno y sus derivados; presentes en cada tributario. El procedimiento de medición se describe a continuación:

Se colectó una muestra del agua en un recipiente plástico limpio, y se cerró con su tapadera. Se rotuló el recipiente con el nombre del sitio de muestreo, se extrajo con la jeringa 10 ml de muestra y se colocó en una celda del espectrofotómetro portátil Hach. Se le agregó un sobrecito del reactivo Phos Ver 3 a la celda y se agitó levemente. Se encendió el espectrofotómetro y se ingresó el número 490 y luego enter, para activar el programa de fosfatos. Se giró el rodillo según indicó la pantalla y se presionó shift y timer, al sonar la alarma se agregó 10 ml de muestra con la jeringa a otra celda del espectrofotómetro (blanco), se colocó en el lector sin el tapón y se colocó la tapadera de plástico negro sobre la celda; se presionó zero y se esperó a que se estabilizara a cero, posteriormente se cambió la celda con la que tienen la muestra y el reactivo y se presionó read. Se anotó en la libreta lo que indicó la pantalla y al concluir el procedimiento se colocó la botella con el resto de la muestra en la hielera.

Para realizar las mediciones de los nutrientes restantes; en el caso de los nitratos se siguió el mismo procedimiento que el descrito para fosfatos, solamente que se utilizó el número 355 para activar el programa y el reactivo Nitra Ver 5; en la medición de nitritos

fue igual a excepción del número de programa que era 371 y el reactivo que se utilizó fue Nitri Ver 3.

El tiempo de espera también cambió, sin embargo esto es indicado por el monitor de tiempo del espectrofotómetro. Para el análisis de amonio se utilizó agua destilada en la celda del blanco y en ambas celdas se agregaron los reactivos: primero el salicilato de amonio y se ingresó el número de programa 385 se presionó la tecla shift y la tecla de tiempo, posteriormente se esperaron 15 minutos para que funcionara. Todos los resultados se anotaron claramente en la libreta de campo y posteriormente se ingresaron a la base de datos electrónica en EXCEL para su posterior análisis.

#### b) Distribución

Para conocer la distribución de la red hídrica se delimitaron todas las corrientes que aportan algún caudal al cauce principal, este procedimiento se realizó a nivel de subcuena. Posteriormente se determinaron las características morfométricas que incluyeron los aspectos lineales siguientes: longitud del cauce principal, el perímetro de la subcuena, orden de corriente, longitud media de corrientes, longitud acumulada de corrientes. También se estimaron los aspectos de superficie: área de la subcuena, forma de la subcuena, la relación circular, radio de elongación, densidad de drenaje, frecuencia de corrientes. Y por último los aspectos de relieve: pendiente media del cauce, pendiente media de la subcuena, la elevación media de la subcuena, el coeficiente de robustez.

Esta información permitió determinar la reacción que tiene la subcuena respecto a las precipitaciones pluviales y otros aspectos hidrológicos.

#### 2.4.2. Fase de Campo

##### A) Reconocimiento y ubicación en campo de los puntos de muestreo

Se realizó con la finalidad de determinar el acceso y disponibilidad a cada uno de los afluentes de cada microcuena, así como también para determinar la aplicabilidad del método seleccionado.

##### B) Monitoreo de la cantidad del recurso hídrico

Se realizaron dos monitoreos en cuatro puntos de aforo previamente delimitados. Estas ubicaciones representaron cada uno de los ríos de las microcuenas que drenan al cauce principal del río Pueblo Viejo. Estos ríos se monitorearon antes de que se uniesen al cauce principal.

Los dos monitoreos se programaron para que se pudiera tener información de la época de estiaje y de la época lluviosa, la información resultante permitió determinar el escurrimiento superficial.

#### C) Monitoreo de la calidad física y química del agua

Estas actividades se realizaron en el sitio destinado para este procedimiento. Para realizar las lecturas se sumergieron las sondas multiparámetros Sension 156R y 5R en los cauces a una profundidad aproximada de 5 centímetros; hasta que se estabilizara la lectura.

El equipo básico utilizado para la recolección de la información relacionada con la calidad del agua se enlista a continuación:

- Sonda Multiparámetros Sension 156R y Sension 5R marca Hach para oxígeno disuelto, conductividad, TDS, salinidad, pH, temperatura.
- Espectrofotómetro portátil marca Hach modelo DR 2400.
- Dos celdas de vidrio de 10 mililitros con tapadera.
- Dos celdas de vidrio de 20 mililitros con tapadera.
- Un Sistema de posicionamiento global –GPS-.
- Recipientes plásticos de 500 mililitros con tapadera.
- Jeringa plástica de 10 mililitros
- Hielera
- Computadora e impresora
- Agua destilada
- Servilletas de papel
- Navaja.
- Libreta de campo
- Reactivos PermaChem: Salicilato de Amonio, Cianuro de Amonio, Nitra Ver 5, Nitri Ver 3, Phos Ver 3.
- Cámara fotográfica Digital.
- Medio de transporte (pick up)

#### 2.4.3.- Segunda Fase de Gabinete

En esta etapa se procedió a integrar los resultados de los dos monitoreos realizados en las microcuencas. Esta integración permitió analizar de forma conjunta la

respuesta hidrológica de la subcuenca Pueblo Viejo en relación a la precipitación pluvial y la consecuente escorrentía superficial.

También nos permitió deducir los distintos niveles tróficos de los ríos cuyas condiciones de calidad han sido alteradas con el avance de la frontera agrícola y los otros usos que presenta el suelo en esta subcuenca.

## 2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 2.5.1 Distribución

**Cuadro 26. Características morfométricas de la subcuenca del río Pueblo Viejo del año 2005.**

1. Aspectos Lineales	
a) Perímetro de la subcuenca	67.22 km
b) Clases de corrientes	
b.1) permanentes	4
b.2) Intermitentes	13
b.3) Efímeras	62
c) Orden de corrientes	
c.1) Orden 1	62
c.2) Orden 2	14
c.3) Orden 3	2
c.4) Orden 4	1
d) Radio de bifurcación medio	4.5
e) Longitud media de corrientes	2.31 km
f) Radio de longitud medio	4.23 km
g) Longitud acumulada de corrientes	180 km
2. Aspectos de Superficie	
a) Área de la subcuenca	149.54 km <sup>2</sup>
b) Forma de la subcuenca	Alargada
b.1) Relación de forma	0.12
b.2) Relación circular	0.42
b.3) Radio de elongación	0.39
c) Densidad de drenaje	1.2 km/km <sup>2</sup>
d) Densidad de corrientes	0.52 corrientes/km <sup>2</sup>
3. Aspectos de relieve	
a) Pendiente media de la subcuenca	62%
b) Pendiente del canal o cauce principal	7.64%
c) Elevación media de la subcuenca	1,265.2 m.
d) Coeficiente de relieve	0.0000031
e) Coeficiente de robustez	288 m <sup>2</sup>

#### A) Análisis de las características morfométricas de la subcuenca del río Pueblo Viejo

La subcuenca del río Pueblo Viejo forma parte de las 52 subcuencas delimitadas en la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas, se encuentra ubicada entre los paralelos 15° 8' y 15° 20' latitud Norte y los meridianos 89° 36' y 89° 52' de longitud Oeste, en el municipio de Panzós del departamento de Alta Verapaz al sector noreste de la república de Guatemala; constituyéndose como una subcuenca del río Polochic que drena sus aguas en el Golfo de Honduras.

Para poder entender cómo funcionan las características morfométricas de una cuenca es necesario integrar todas las variables lineales, de superficie y de relieve que indican el tipo de respuesta de la hoya ante una precipitación pluvial, para esto es necesario conocer como está distribuida la red hídrica (figura 2).

El perímetro de la subcuenca es de 67.22 kilómetros; la red hídrica está conformada en su mayor parte por corrientes efímeras las cuales representan el 78.5% del total de cauces, seguido de un 16.5% de corrientes intermitentes y un 5.06% de cauces permanentes.

El cauce principal inicia en el Cerro Raxon, este se ubica a una altura de 2,500 msnm precisamente en la zona núcleo de la subcuenca; dicho cauce finaliza en la Finca La Esperanza donde converge con el río Polochic, el punto de aforo esta en el sector que cruza la carretera principal a una altura de 20 msnm en el lugar conocido como El Vado.

La subcuenca Pueblo Viejo es del tipo exorreica, el cauce principal es de orden 4, la subcuenca es relativamente pequeña con un total de 79 corrientes y una longitud total acumulada de 180 kilómetros. La longitud media de las corrientes está comprendida entre los 1.08 kilómetros en corrientes de orden uno; 2.35 kilómetros en corrientes de orden dos; 23.2 kilómetros en corrientes de orden tres y 35.83 kilómetros en el cauce principal.

Se localizan tres tipos de drenaje en la misma, ubicando drenajes rectos en la zona núcleo y la zona de uso sostenido, los drenajes trezados o meandricos se ubican en la zona de amortiguamiento y es allí donde se divisan las trenzas, los meandros son más visibles en el sector que esta fuera de la Reserva de Biosfera.

Presenta un valor de bifurcación medio de 4.5, indica que la cantidad de corrientes efímeras que se localizan sobre todo en la zona núcleo, permiten que la respuesta a una precipitación pluvial, sea bastante eficiente; esto es confirmado por la densidad de drenaje

que indica que se pueden localizar drenes naturales de aproximadamente 1.2 kilómetros de longitud por cada  $\text{km}^2$  de la subcuenca; sin embargo, este tipo de respuesta no es homogénea durante todo el trayecto, porque también presenta una frecuencia de corrientes de 0.52 corrientes por  $\text{km}^2$ , indica que la respuesta hidrológica a la escorrentía superficial es de media a baja y consecuentemente existe un periodo de infiltración de agua por el suelo bastante aceptable antes de que el mismo se sature y permita el escurrimiento.

Los suelos que presenta esta subcuenca son relativamente resistentes a la erosión y permeables, de texturas franco arcillosas, esta característica física permite que los mismos presenten niveles altos de humedad y aporten suficiente cantidad de agua al nivel freático sobre todo aquellos suelos que se localizan en el sector de la subcuenca dedicada a la conservación de los recursos naturales; sin embargo, es de hacer notar que la respuesta hidrológica en la zona de amortiguamiento y uso sostenido es relativamente rápida debido a que la cobertura vegetal predominante son cultivos anuales y/o perennes, que han permitido que las intensas lluvias presentadas en los meses de agosto y septiembre dispersen con el impacto; las partículas de suelo, éstas son arrastradas por la escorrentía minimizando de esta manera la capacidad de infiltración del recurso edáfico.

La subcuenca Pueblo Viejo, tiene un área aproximada de  $149.54 \text{ km}^2$ , es de forma alargada y es considerada como una subcuenca madura o de transición, debido a que presenta tanto cauces juveniles como viejos y están representados por los drenajes rectos y meandricos respectivamente.

La pendiente media de la subcuenca es del 62% y del cauce principal es de 7.64%, permite deducir que la respuesta a la velocidad de la escorrentía superficial es media, siendo el río Raxon Tzunun el cauce con mayor velocidad seguido por río Chiquito.

El relieve de la subcuenca es muy pronunciado, la elevación media es de 1,265.2 metros, confirmando así el porqué la velocidad promedio de los cauces en la época seca es de 80 cm/seg., y en la época lluviosa de 98 cm/seg.; presentando un cambio de velocidad en los cauces de las microcuencas de 39 cm/seg., para el río Raxon Tzunun, 27 cm/seg., para Río Chiquito, 6 cm/seg., en la Quebrada Cancoy.

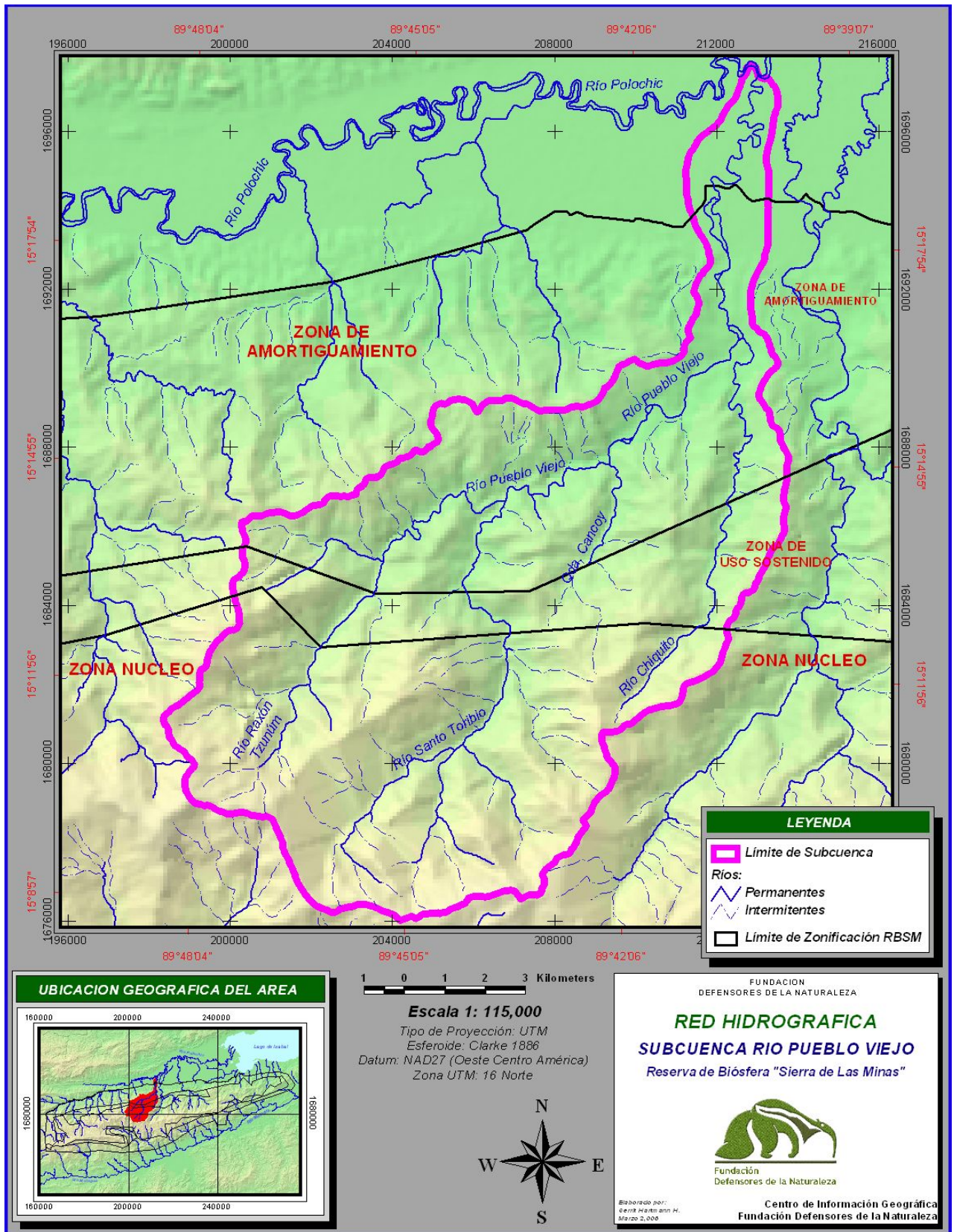


Figura 8. Mapa de la red hídrica en la subcuenca del río Pueblo Viejo.

### 2.5.2 Cantidad

El flujo en un río está controlado primordialmente por variaciones en la precipitación. Las relaciones entre precipitación y escorrentía se ven afectadas con el cambio de uso del suelo; que generalmente tiende a incrementar los volúmenes de agua en los canales o cauces intermitentes, debido a la poca protección del suelo por el recurso vegetal.

#### **Cuadro 27. Caudales estimados para las épocas seca y lluviosa de las microcuencas del río Pueblo Viejo en el año 2005.**

Río	Punto muestreado	Caudales LPS	
		Mayo	Septiembre
Raxon Tzunun	Puente colgante	3,003.00	3,959.28
Pueblo Viejo	Carretera	10,366.40	7,408.80
Río Chiquito	Puente com. Turbina	941.95	1,708.44
Quebrada Cancoy	Puente	695.52	867.07

La subcuenca Pueblo Viejo está estructurada por cuatro microcuencas; Raxon Tzunun, Río Chiquito, Quebrada Cancoy, río Santo Toribio y el cauce principal que corresponde al río Pueblo Viejo.

Se consideró realizar los monitoreos en los ríos en donde existiese presencia de asentamientos humanos; no se incluyó al río Santo Toribio, debido a que la comunidad Santa Bárbara localizada en la zona núcleo de esa microcuenca fue reubicada en otro sector de la reserva (figura 12A).

Tomando en cuenta este criterio se realizaron dos monitoreos para establecer los caudales de la época de estiaje y de la época lluviosa; determinando según los aforos de los ríos que la quebrada Cancoy aporta el 7% del caudal del cauce principal; río Chiquito aporta el 9% y Raxon Tzunun el 29%, siendo el 55% del volumen total cubierto por el río Santo Toribio y Pueblo Viejo; para el mes de mayo.

El monitoreo del mes de septiembre del 2005, reportó incrementos en los caudales de los ríos Raxon Tzunun, Chiquito y quebrada Cancoy equivalentes al 31%, 82% y 25% respectivamente; sin embargo, el cauce principal presento un déficit de 2,928 litros, equivalente a una reducción del 40%.

Debido a que se desconocía el porqué de esta disminución del volumen en el cauce principal, se consideró prudente estimar los volúmenes de agua que son



almacenados en el suelo y los que fluyen por la superficie en forma de escorrentía superficial.

La variabilidad en la cobertura vegetal no permitió establecer un coeficiente de escorrentía, se utilizó un parámetro que teóricamente es invariable como los tipos de suelo y su textura (cuadro 28).

**Cuadro 28. Coeficientes de escorrentía propuestos por Parry.**

Suelo	Textura	Coeficiente
Civijá	Franco Limoso	0.35
Teleman	Franco Limoso	0.35
Chacalte	Arcilloso	0.60
Suelos de los valles	Franco arcillo-arenoso	0.58

Fuente: Bran Solares E.O. 2003.

La subcuenca Pueblo Viejo presenta 6 tipos o series de suelo. De acuerdo a la clase de suelo que presentó la ubicación de los puntos de monitoreo; así fue como se determinó el coeficiente de escorrentía que debía utilizarse.

**Cuadro 29. Resultados de la relación Precipitación-escorrentía e infiltración en el año 2005**

Microcuenca	PP		E		I	
	Mayo	Sept.	Mayo	Sept.	Mayo	Sept.
Raxon Tzunun	229	302	80.15	105.70	148	196
Río Chiquito	106	193	63.6	116	42.4	77
Quebrada Cancoy	138	173	48.3	60.55	89.70	112.45
Pueblo Viejo y Santo Toribio	790	565	458.2	327.7	331.8	237.30

PP = precipitación pluvial      E = escorrentía superficial      I = infiltración

Los resultados del cuadro 18 fueron estimados mediante las fórmulas siguientes:

Precipitación

$$P = Q \times 1/A \times 1000\text{mm}/1 \text{ m}$$

P= precipitación mensual

Q= caudal del aforo del cauce

A= área de la microcuenca

Escorrentía

$$E = P \times C$$

E= escorrentía superficial

P= precipitación

C= coeficiente de escorrentía

Infiltración

$$I = P - E$$

I = infiltración

P = precipitación

E = escorrentía superficial

No se contaba con información meteorológica actualizada porque las estaciones Pueblo Viejo y El Porvenir ubicadas en las fincas de los mismos nombres; en los municipios de Panzós y La Tinta respectivamente, dejaron de funcionar en el año 1998 y por remodelación de la estación climatológica ubicada en la cabecera municipal de Panzós, cuyos registros de precipitación eran del año 2000. Se procedió a calcular la precipitación de cada microcuenca utilizando el aforo realizado en los cauces, estimando tal volumen para el lapso de un mes y posteriormente se utilizó la fórmula correspondiente.

Según las isoyetas anuales propuestas por la sección climatológica del INSIVUMEH en la subcuenca Pueblo Viejo la precipitación oscila entre los 1,500 - 2,000 mm., anuales ubicando los niveles menores en la zona núcleo.

La ubicación de los puntos de aforo de los cauces de las microcuencas, se establecieron en la zonas de uso sostenido y amortiguamiento; se considera que la microcuenca donde se presenta mayor precipitación es la de Santo Toribio, seguida por Raxon Tzunun, quebrada Cancoy y Río Chiquito. Como es de esperarse, no se estimó la precipitación de la microcuenca Santo Toribio debido a que no se consideró para ésta investigación; sin embargo, se adjunto a la microcuenca Pueblo Viejo por ser parte fundamental de la red hídrica de toda la subcuenca.

La relación precipitación-escorrentía-infiltración, permite deducir que de los ríos monitoreados los que aportan el mayor volumen vía subterránea y subsuperficial son los ríos Raxon Tzunun y la quebrada Cancoy con un 85% de infiltración en ambas épocas de muestreo.

En el caso de la microcuenca de Río Chiquito el aporte hídrico al cauce principal ocurre por vía superficial, presentando un 51% de escurrimiento; esto significa que los suelos Teleman y Civijá mantienen una alta tasa de humedad edáfica y son más permeables que el suelo de la serie Chacalte.

Para el caso del cauce principal se reportó 62% de escurrimiento y 38% de infiltración, aunque es de hacer notar que no se presentan las condiciones de la microcuenca Santo Toribio; consecuentemente el punto de aforo se ubicó en un sector donde predominan suelos pertenecientes a la clase misceláneas de terreno, específicamente suelos de los valles; los cuales consisten principalmente de sedimentos lavados de las áreas serpentinas y de grava. Estas condiciones indican que la productividad de estos suelos no es del todo satisfactoria a menos claro que se dé un manejo cuidadoso y se le incorpore materia orgánica.

### 2.5.3 Calidad

#### A) Parámetros físicos y químicos.

La introducción de contaminantes en las fuentes acuíferas está relacionada con la lluvia, la naturaleza geológica de la cuenca colectora o del manto acuífero y las actividades de la naturaleza y de la población humana.

Las prácticas de uso de la tierra pueden tener importantes impactos en la calidad del agua; un cambio en el uso de la tierra puede alterar el contenido de nutrientes de las aguas superficiales y subterráneas, específicamente los niveles de nitrógeno y fósforo.

#### a) Temperatura

#### **Cuadro 30. Condiciones térmicas superficiales de las microcuencas para el año 2005.**

Río	Época de muestreo	
	Seca	Lluviosa
Raxon Tzunun	20,8	23,3
Pueblo Viejo	27,9	26,9
Río Chiquito	27	28,4
Quebrada Cancoy	24,3	25,4

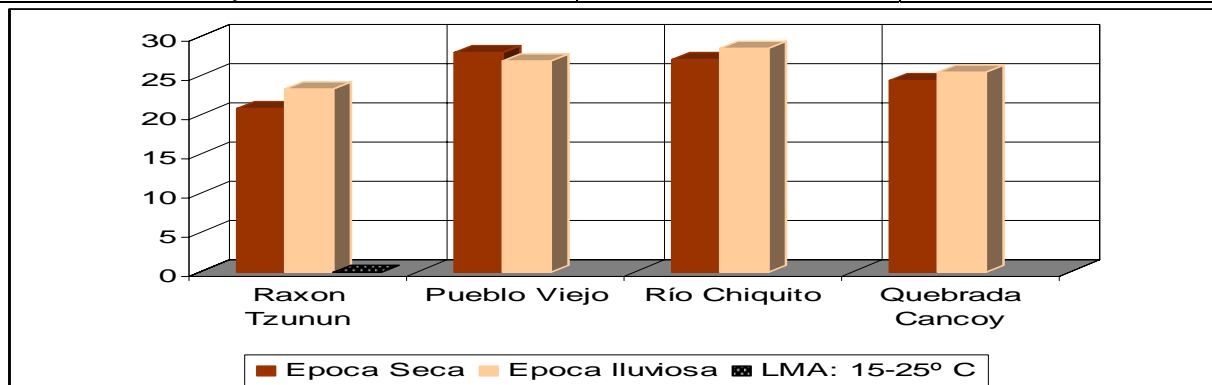


Figura 9. Temperaturas establecidas para cada microcuenca en el año 2005.

La microcuenca Raxon Tzunun tiene un área aproximada de 34 km<sup>2</sup>. De acuerdo al estudio de Kiersch en relación al impacto del uso de la tierra sobre los recursos hídricos; subcuencas cuya dimensión es superior a los 10 km<sup>2</sup> no deberían de presentar alteraciones en el régimen térmico del agua.

Para el caso de la microcuenca Raxon Tzunun es bastante obvio que tal conclusión no es del todo aplicable, porque aunque se mantiene en los límites máximos aceptables en ambas épocas de muestreo, tuvo un incremento de 2.5° C de una a otra temporada y aunque es la que presenta las menores temperaturas, tal incremento es el mayor en relación al de los otros cauces.

Se puede inferir que este dato se debe a que el punto de muestreo en esta microcuenca está ubicado en la zona de amortiguamiento; lugar en el cual se concentra la mayor cantidad de cultivos anuales y arbustos en las riveras del cauce y probablemente sean estas las razones de las variaciones de este parámetro.

El cauce del río Pueblo Viejo, fue el que presentó la mayor temperatura en la época seca; sin embargo disminuyó un grado centígrado en la siguiente estación, probablemente se deba a que se monitoreo en un sector donde se concentra la mayor superficie de bosque de galería, cultivos mixtos y guamiles.

Este río sobrepasó los límites máximos aceptables en las dos estaciones del año, esto significa que la actividad biológica en el agua y la purificación en este sector de la red hídrica son afectadas aproximadamente todo el año, debido a que la velocidad del cauce tiende a disminuir por el tipo de drenaje meandrónico que presenta.

Río Chiquito se ubica detrás del río Raxon Tzunun en relación al incremento que presentaron de una a otra estación climática.

La temperatura en este río tuvo un ascenso de 1.40° C y en ambas épocas superó las condiciones normales para la vida acuática determinadas por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR). Al igual que en la microcuenca Raxon Tzunun el punto de monitoreo está ubicado en un sector destinado a la agricultura anual y arbustos, condiciones que pudiesen ser la causa de la contaminación térmica que presenta este cauce.

La quebrada Cancoy presentó el menor incremento de temperatura; subiendo solamente 1.1° C de mayo a septiembre. Presenta condiciones óptimas para el desarrollo

de vida acuática por lo menos en el sector destinado para el monitoreo, el cual se ubicó en áreas destinadas a la agricultura perenne y arbustos. Probablemente este incremento se haya originado porque en algunos sectores del cauce, se han instalado cultivos anuales en los márgenes del río principalmente en el sector que abarca la zona de uso sostenido.

Los resultados obtenidos al evaluar este parámetro físico, permite determinar que los cauces monitoreados presentan una variación en el régimen térmico para la época seca de aproximadamente 4° C y para la época lluviosa de 3° C en promedio, es probable que estas condiciones se deban al aumento del volumen en el caudal de los ríos; sin embargo, hay que considerar que el 75% de las microcuencas presentó un incremento de temperatura, que significa la existencia de una fuente de contaminación térmica que afecta de forma negativa a los organismos acuáticos exponiéndolos a una mayor susceptibilidad hacia las enfermedades y consecuentemente la muerte.

#### b) Sólidos Disueltos Totales (TDS)

**Cuadro 31. Concentraciones de sólidos disueltos totales en los afluentes.**

Río	Época de muestreo	
	Seca	Lluviosa
Raxon Tzunun	12,8	12,9
Pueblo Viejo	16,3	16,2
Río Chiquito	18,4	16
Quebrada Cancoy	24,5	20,5

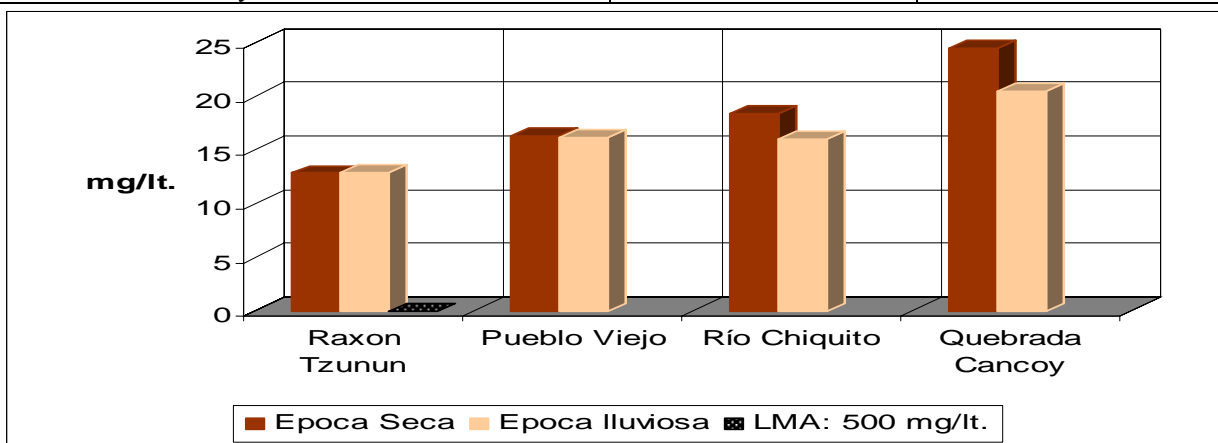


Figura 10. Esquematización de las concentraciones de sólidos disueltos totales en el 2005.

Aunque ninguno de los cuatro cauces evaluados presenta concentraciones considerables de sólidos disueltos, el río Raxon Tzunun es el menos contaminado; el

incremento de 0.1 mg/lit de mayo a septiembre tal vez se deba al incremento aproximado de 900 litros en el volumen del caudal.

Este río presenta drenajes rectos lo cual le confiere mayor velocidad que los cauces ubicados en los sectores de la parte baja de la subcuenca.

De acuerdo al caudal estimado para el mes de septiembre, la concentraciones de sólidos disueltos es aproximadamente de 90 mg; esto significa que la calidad del agua en este río es aceptable tanto para consumo como para la fauna acuática.

El río Pueblo Viejo disminuyó 0.1 mg/lit en la concentración de sólidos disueltos; este dato no presenta tanta lógica debido a que es el cauce al cual drenan sus aguas los otros ríos.

El agua del río Pueblo Viejo aún no presenta elevado grado de turbidez pero si alta concentración de sedimentos como partículas de materia orgánica, arenas, que son arrastrados en la escorrentía superficial y son producto de la erosión edáfica.

Este río presenta en toda su trayectoria intervalos de alturas que van de 15 a 300 msnm; aproximadamente el 60% de su longitud está dominado por drenajes rectos, esto le confiere ciertas propiedades erosivas; sin embargo, existe una superficie aproximada de 250 ha en los márgenes del río, utilizadas para agricultura perenne y arbustos que consideramos son los que le confieren estabilidad a los suelos y minimizan el desgaste de los mismos.

La concentración de sólidos disueltos en río Chiquito, tuvo un descenso de 2.4 mg/lit, tales condiciones se deben a que solamente 200 ha en las riberas del río son destinadas a la agricultura anual y la superficie restante que son aproximadamente 800 ha, están siendo utilizadas para la agricultura perenne, arbustos, bosque latifoliado; características que permiten una mayor protección al suelo aunque existan incrementos en el volumen del caudal, el cual tiene un grado erosivo bastante fuerte porque presenta drenajes rectos.

La quebrada Cancoy que en ambas temporadas presentó los niveles más altos de sólidos disueltos, aunque redujo 4 mg/lit de la temporada seca a la lluviosa; se mantiene como la más contaminada.

Aproximadamente el 51% de los márgenes del río son utilizados para la agricultura anual, el 49% restante es utilizado para la agricultura perenne y arbustos; ubicando el

primer uso del suelo en alturas que oscilan de 1000 a 1700 msnm donde los cauces intermitentes aportan mayor cantidad de sedimentos, los cuales son arrastrados y depositados en los sectores del río donde disminuye la velocidad; sin embargo el aporte es mayor que los otros cauces monitoreados.

Los cuatro cauces en la época seca presentaron niveles altos de sólidos disueltos; con una diferencia de 4 mg/lit de un río a otro y la misma concentración en la temporada lluviosa. Sin embargo es necesario monitorear de forma más continua al cauce de la Quebrada Cancoy porque es la que presenta mayor concentración de sólidos disueltos.

### c) Conductividad Eléctrica

La conductividad eléctrica expresa la capacidad del agua para transferir una corriente eléctrica, generalmente se incrementa con el contenido de sólidos disueltos y la temperatura.

### Cuadro 32. Conductividad eléctrica en los cauces de las microcuencas en los meses de mayo y septiembre del 2005

Río	Época de muestreo	
	Seca	Lluviosa
Raxon Tzunun	27,8	28,1
Pueblo Viejo	35,1	34,9
Río Chiquito	39,5	34,6
Quebrada Cancoy	52,3	43,8

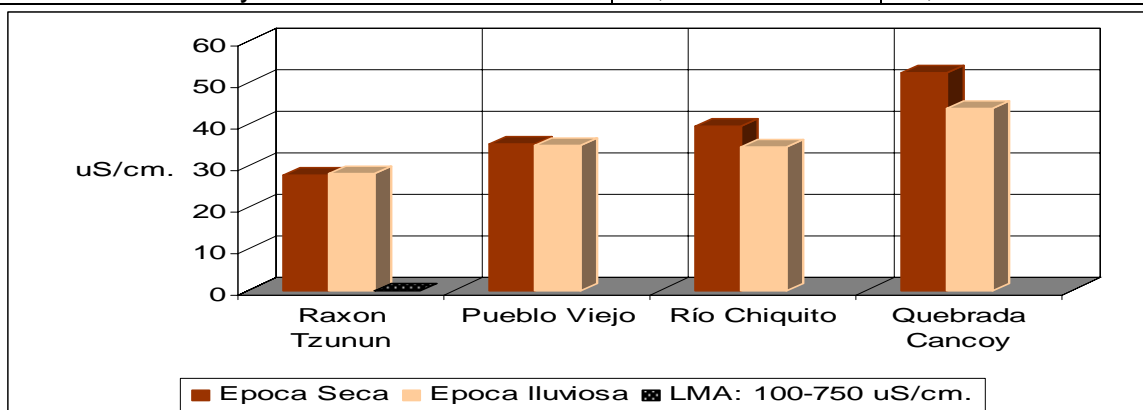


Figura 11. Esquematización de los niveles de conductividad eléctrica en el año 2005.

En la presente investigación, este parámetro tiene el mismo patrón de conducta que el estimado en la concentración de sólidos disueltos; se observa que en la época seca todos los ríos presentaron una línea ascendente con una diferencia aproximada de 8

$\mu\text{S}/\text{cm}$  y en la época lluviosa presentaron niveles más homogéneos con la misma diferencia en promedio que la temporada seca (figura 11).

Debido a que este parámetro físico está muy ligado a la concentración de sólidos disueltos, es necesario monitorear más seguido estos ríos para poder determinar cuál es el intervalo normal de conductividad eléctrica de estos cauces y con ello poder detectar la fuente de contaminación; puesto que al establecer una línea base los cambios significativos de conductividad nos permitirán tener información acerca de la magnitud de la concentración iónica, las concentraciones de los macronutrientes (Ca, Mg, K, Na, carbonatos, cloruros, sulfatos), la descomposición de la materia orgánica etc.

Los parámetros evaluados en esta investigación se considera que provienen de fuentes de contaminación difusa, es decir que se desconoce el sitio de descarga del cual provienen. Esta condición imposibilita determinar con exactitud si los niveles de energía eléctrica que presentan los ríos provienen de las concentraciones de nitrógeno, fósforo o por la geología donde corren los cauces.

Por lo tanto es necesario indicar que el 100% de los ríos monitoreados atraviesan por materiales geológicos provenientes de rocas sedimentarias; esto significa poca ionización de los materiales que las conforman y consecuentemente provocan disminución de la conductividad eléctrica.

Por otra parte también los suelos arcillos tienden a incrementar la conductividad eléctrica de los ríos, y probablemente esta sea la causa de tales niveles puesto que todos los puntos de monitoreo están ubicados en suelos con esa característica más aún el punto ubicado en Río Chiquito, presenta condiciones de caliza que favorecen el incremento de este parámetro.

d) pH

**Cuadro 33. Concentración de iones de hidrógeno en los cauces de las microcuencas en el 2005.**

Río	Época de muestreo	
	Seca	Lluviosa
Raxon Tzunun	6,68	6,28
Pueblo Viejo	6,13	6,05
Río Chiquito	6,4	5,62
Quebrada Cancoy	6,05	8,6



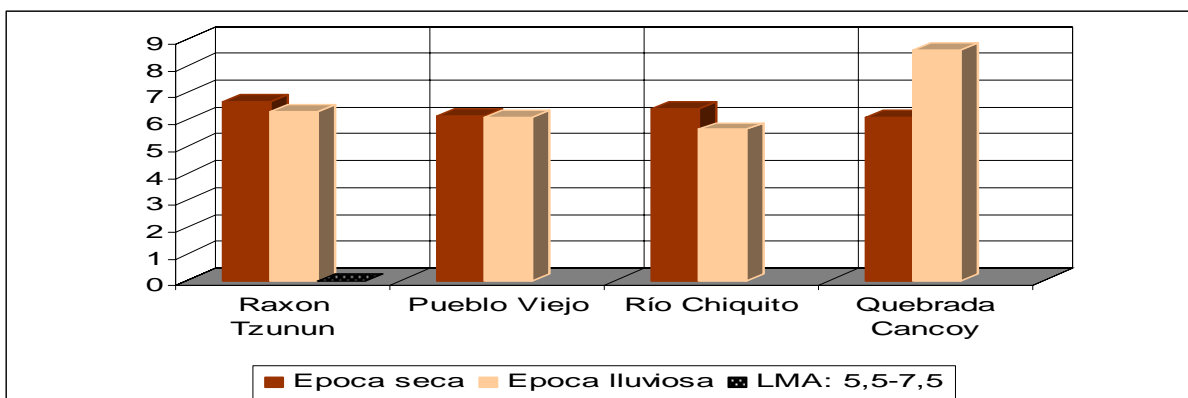


Figura 12. Esquematación de los niveles del peso de hidrógeno durante el año 2005.

El agua del río Raxon Tzunun, presenta condiciones ácidas sobre todo en la temporada lluviosa donde los niveles de hidrógeno aumentaron aproximadamente 0.4.

Se considera que estas concentraciones de iones de hidrógeno provienen por el arrastre de las partículas de suelo y humus por medio de la escorrentía superficial, las cuales tienen como producto final los ácidos húmicos; estos producen amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) por medio del proceso de amonificación; parte de este amoníaco es recuperado por las plantas; el resto se disuelve en el agua o permanece en el suelo, donde los microorganismos lo convierten en nitratos o nitritos en un proceso llamado nitrificación.

Estos procesos forman parte del ciclo del nitrógeno y es más accesible pensar que ésta es la vía que ha permitido la acidificación del recurso hídrico debido a que las otras fuentes modificadoras del pH como son concentraciones de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos, la concentración de ácido carbónico, contaminación del aire en áreas industriales etc., no se han medido en esta subcuenca.

El agua del río Pueblo Viejo permanece ácida la mayor parte del año, se considera al igual que el río Raxon Tzunun que la fuente modificadora son las partículas de suelo y materia orgánica en descomposición las cuales liberan iones hidrógeno al producir el amoníaco. Se determina que la fuente modificadora sea la materia orgánica debido a que el punto de muestreo está ubicado en un sector donde la cantidad de residuos vegetales provenientes de la agricultura perenne es casi constante.

De los cauces que aumentaron su concentración de iones hidrógeno y por consiguiente se acidificaron más, río Chiquito presenta concentración de iones hidrógeno de 0.78 y consecuentemente es el más ácido.

Conjuntamente con el río Raxon Tzunun y el río Pueblo Viejo, estos fueron los tres cauces que presentaron una disminución de pH, manteniendo una tendencia de acidez cercana a la neutralidad. La fuente de contaminación es considerada difusa porque no se tiene certeza de cuál es el origen de los incrementos de iones hidrógeno; por otra parte se deduce que puedan ser los desechos orgánicos o en su defecto las aguas residuales.

La quebrada Cancoy es el único río que presentó una tendencia básica, esto significa que las condiciones para las actividades microbianas son más óptimas que en los otros cauces.

Sin embargo, es probable que la fuente de variación siga siendo los residuos vegetales debido a que otro de los productos finales de la descomposición del humus son las sales las cuales permiten el cambio de acidez hacia la basicidad de una sustancia.

e) Oxígeno disuelto

**Cuadro 34. Concentraciones de oxígeno disuelto en los cauces durante el año 2005.**

Río	Época de muestreo	
	Seca	Lluviosa
Raxon Tzunun	8,3	4,62
Pueblo Viejo	8,3	1,69
Río Chiquito	8,08	4,42
Quebrada Cancoy	8,04	4,8

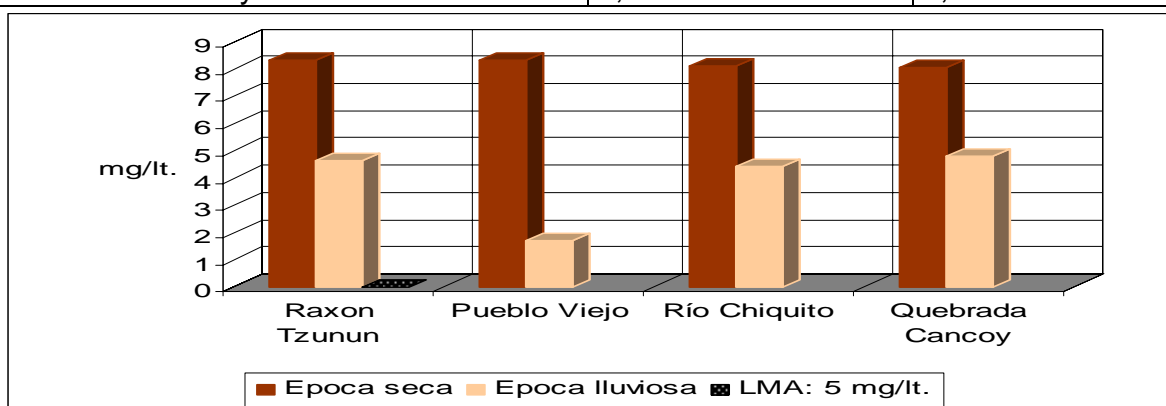


Figura 13. Esquematización de los niveles de oxígeno disuelto en las microcuencas en el 2005.

El río Raxon Tzunun presentó una concentración de oxígeno disuelto por arriba de los límites máximos aceptables, establecidos por la Agencia de Protección Ambiental y la Comisión Guatemalteca de Normas, en la época seca; sin embargo, disminuyó su concentración en aproximadamente el 80% para la siguiente temporada climática; manteniéndose por debajo de los rangos normales para la actividad acuática.

Posiblemente ésta disminución se debió a la presencia de algún tipo de bacterias aeróbicas las cuales durante su proceso de biodegradación de la materia orgánica utilizan el oxígeno presente en el medio y consecuentemente disminuyen su concentración.

Otra fuente que pudo influir en la disminución de este parámetro pudo haber sido las altas concentraciones de fósforo que se determinaron en este río, presentando para la época lluviosa altas concentraciones, dichas cantidades no pudieron ser detectadas por el espectrofotómetro Hach; estas concentraciones sin duda alguna influyeron en el crecimiento de bacterias y fitoplancton los cuales mermaron la concentración de oxígeno disuelto.

El río Pueblo Viejo fue el más afectado según este parámetro, la concentración de oxígeno disuelto se redujo en un 391 % de la concentración que presentaba para la época seca.

La concentración más baja de oxígeno puede estar relacionada a que el río en esa parte se extiende mucho, bajando su velocidad, lo cual no permite una buena oxigenación del agua y aumenta la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

En río Chiquito la reducción de oxígeno en el agua fue del 83%; este cauce presentó un incremento en su caudal, esto aunado a que presenta un tipo de drenaje recto; la fuerza que mantiene el río permite una mas eficiente oxigenación debido a que la sedimentación es menor que donde los cauces son sinuosos, condición que los afecta más porque hay mayor actividad bacteriana que en los drenajes rectos.

La Quebrada Cancoy es uno de los cauces que ha presentado mayores problemas en los otros parámetros de calidad física que se han analizado. Sin embargo con el oxígeno disuelto pareciera ser que presenta mejores condiciones que los otros cauces; aunque en la época seca reportó la menor concentración de oxígeno fue la más oxigenada para la temporada lluviosa puesto que la reducción fue solamente del 68%.

## B) Nutrientes

### a) Fósforo

El nutriente que se presenta en mayores concentraciones en las microcuencas y provoca por lo tanto una mayor contaminación, es el fósforo.

Este nutriente fue evaluado en forma de fosfato ( $PO_4$ ), y en el río Raxon Tzunun presentó niveles demasiado altos para la temporada de lluvia; por tal motivo el

espectrofotómetro utilizado consideró tal concentración como “gama excedida”; es decir que sobrepasó los rangos normales de medición del laboratorio portátil.

**Cuadro 35. Cantidades de fosfatos localizados en los ríos de las microcuencas en el año 2005.**

Río	Época de muestreo	
	Seca	Lluviosa
Raxon Tzunun	0,16	Gama excedida
Pueblo Viejo	0,22	0,87
Río Chiquito	0,21	0,08
Quebrada Cancoy	0,09	0,89

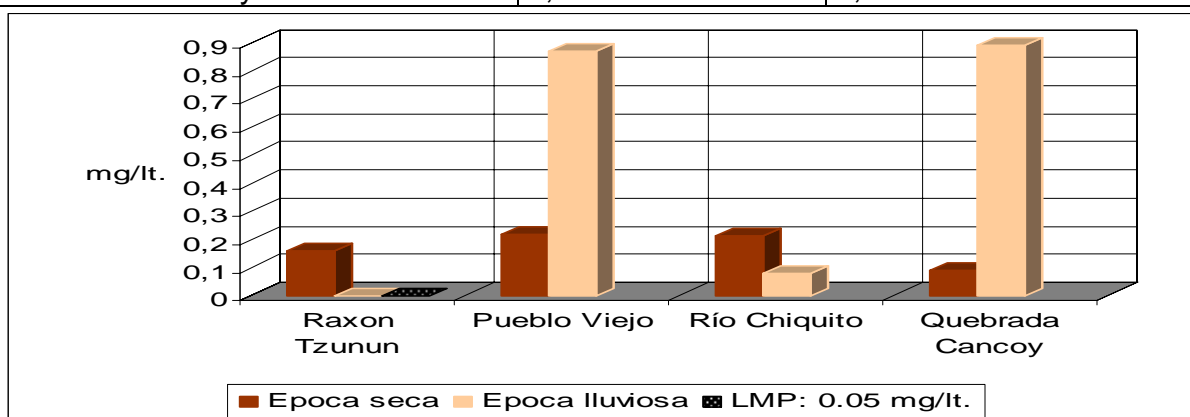


Figura 14. Esquematización de las concentraciones de fosfatos.

Este río se ubica en la tercera posición en relación a las altas concentraciones de fosfatos que presentó en el mes de mayo; esto debido a que sobrepasó los límites determinados por la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y La Comisión Guatemalteca de Normas (COGUANOR); para los afluentes en un 220% lo que significa que el enriquecimiento nutricional caracteriza a este río como eutrófico, considerándolo susceptible a la eutrofización.

Partiendo de estos valores se indica que las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en este cauce para el mes de septiembre tuvieron que originarse de las altas concentraciones que presentó este nutriente; que pudo provenir de descargas fecales del ganado vacuno, detergentes, aguas residuales, fertilizantes agrícolas etc., condiciones que aunadas a las temperaturas superficiales reportadas, propiciaron un ambiente óptimo para crecimiento de poblaciones de bacterias aeróbicas y fitoplancton; organismos que disminuyeron las concentraciones de oxígeno en el agua.

El cauce del río Pueblo Viejo presentó la mayor contaminación de fosfatos para el mes de mayo equivalente al 340% y de 1,640% para septiembre; valor que lo ubica en la tercera posición, que sobrepasa los límites máximos permisibles establecidos por la Environmental Protection Agency (EPA).

Estas condiciones tróficas clasifican a este río en un nivel eutrófico; es decir de alto contenido de nutrientes que incrementan la cantidad de plantas acuáticas y por consiguiente permiten la eutrofización del cuerpo de agua, disminuyendo la calidad de agua y afectando la vida acuática.

Las concentraciones de fosfatos en el suelo son producto del deterioro de las plantas y las deyecciones de los pobladores y los animales, estos son transportados vía escorrentía subsuperficial y subterránea en la época de estiaje y por la escorrentía superficial en la época lluviosa; ya presentes en el agua ajustan el medio para incrementar el contenido bacteriológico que procesa la materia orgánica, permitiendo que este líquido no sea apto para consumo.

Río Chiquito fue el que mejor autodepuración de este nutriente presentó para el mes de septiembre con una concentración de fosfatos de 0.03 mg/litro por arriba de los límites máximos permisibles. Sin embargo, en el mes de mayo se ubicó en la segunda plaza de mayor contaminación sobrepasando el LMP en un 320%.

Al igual que los otros ríos también es considerado como eutrófico; sin embargo puede ser que el incremento de 0.77 metros cúbicos de agua que reportó el volumen y un alza de 0.67 m/seg, en la velocidad del río para septiembre, sean la causa de esta purificación.

El segundo río más contaminado con fosfatos es el de la quebrada Cancoy, los incrementos de este nutriente oscilan en un rango del 80 al 1680% en los meses de monitoreo.

Tales concentraciones responden a que este cauce fue el que presentó la mayor concentración de sólidos disueltos, es decir que el arrastre de partículas de suelo, materia orgánica, humus, por las corrientes intermitentes en el sector destinado para la agricultura anual; son la fuente que permitió el ingreso de este nutriente en el agua.

Debido a que la subcuenca Pueblo Viejo es de forma alargada y la respuesta ante una precipitación pluvial en las zonas de amortiguamiento y de uso sostenido es más

rápida que en la zona núcleo, se determinó que las altas concentraciones de fosfatos que presentan las microcuencas son producto de procesos antropicos y nutricionales que han enriquecido los cauces provocando la susceptibilidad de los mismos a procesos eutróficos y que el ingreso de fosfatos es principalmente por la escorrentía superficial que arrastra desechos orgánicos e inorgánicos los cuales son considerados la fuente de contaminación.

b) Nitrógeno

b.1) Nitritos

**Cuadro 36. Concentraciones de nitritos en los ríos de las microcuencas en el año 2005.**

Río	Época de muestreo	
	Seca	Lluviosa
Raxon Tzunun	0,006	Nd
Pueblo Viejo	0,006	0,014
Río Chiquito	0,005	Nd
Quebrada Cancoy	0,1	Nd

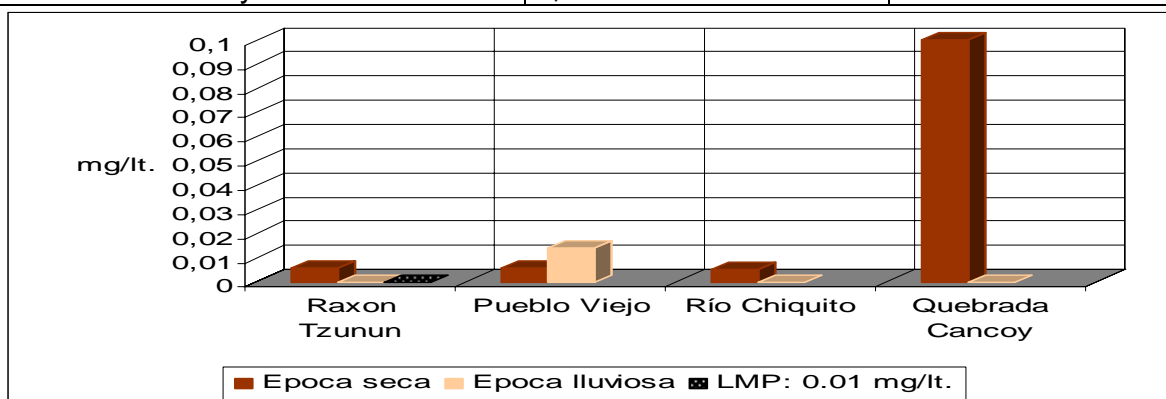


Figura 15. Esquematización de las concentraciones de nitritos en el año 2005.

Según el ciclo del nitrógeno, los nitritos corresponden al estado intermedio de la descomposición de la materia orgánica; para que los residuos vegetales logren llegar a este estado pasan por un proceso denominado nitrosación, etapa donde el amoníaco es convertido en nitritos por medio de las bacterias del género *Nitrosomonas*.

Los resultados del cuadro 36 indican que las concentraciones de esta sales en el 75% de los ríos monitoreados se encuentra por debajo del límite máximo permisible para el mes de mayo; presentando la quebrada Cancoy una concentración de este tipo de sales equivalentes al 900% superior a los rangos normales establecidos por normas Estadounidenses y Guatemaltecas (figura 15).

Para el monitoreo realizado en el mes de septiembre no se pudo determinar tales concentraciones debido a que los reactivos Nitri Ver 3 se agotaron y el laboratorio portátil sufrió algunos desperfectos; sin embargo como el cauce del río Pueblo Viejo se monitoreo dos días antes que los ríos de las microcuencas se pudo estimar la concentración de nitritos.

El río Pueblo Viejo para la temporada lluviosa muestra un incremento del 40% en la concentración de estas sales, tomando en cuenta que el proceso de nitrosación ocurre con bacterias de tipo aeróbico y que los niveles de oxígeno disuelto en los ríos disminuyó un 85% en promedio; se deduce que existió actividad bacteriana sobre todo en la quebrada Cancoy la cual mostró un pH básico que manifiesta un ambiente óptimo para el desarrollo de las bacterias *Nitrosomonas*. Sin embargo, se puede inferir que las concentraciones de nitritos para el mes de septiembre estuvieron más o menos estables debido a que los niveles de amoníaco que presentaron los cauces no son significativos.

En relación a la salubridad del recurso, es indispensable mencionar que las altas concentraciones de nitritos que se presenta el río de la quebrada Cancoy puede provocar en los infantes la enfermedad denominada metahemoglobinemia, que consiste en una disminución de la hemoglobina en la sangre y que provoca una especie de anemia que puede inducir a la muerte, siendo los niños menores de 5 años más susceptibles por la incapacidad de su sistema digestivo que no puede convertir los nitritos en nitratos.

#### b.2) Nitratos

De forma natural proviene del último estado conjuntamente con el amoníaco es absorbido por las tejidos en forma de proteínas vegetales.

Para su elaboración es necesario el accionar de las bacterias del género *Nitrobacter* las cuales por medio del proceso de la nitratación convierten los nitritos en nitratos.

#### **Cuadro 37. Concentraciones de nitratos en las microcuencas en el año 2005.**

Río	Época de muestreo	
	Seca	Lluviosa
Raxon Tzunun	1,8	0,4
Pueblo Viejo	2,9	3,4
Río Chiquito	2,7	4,7
Quebrada Cancoy	3,7	2,7

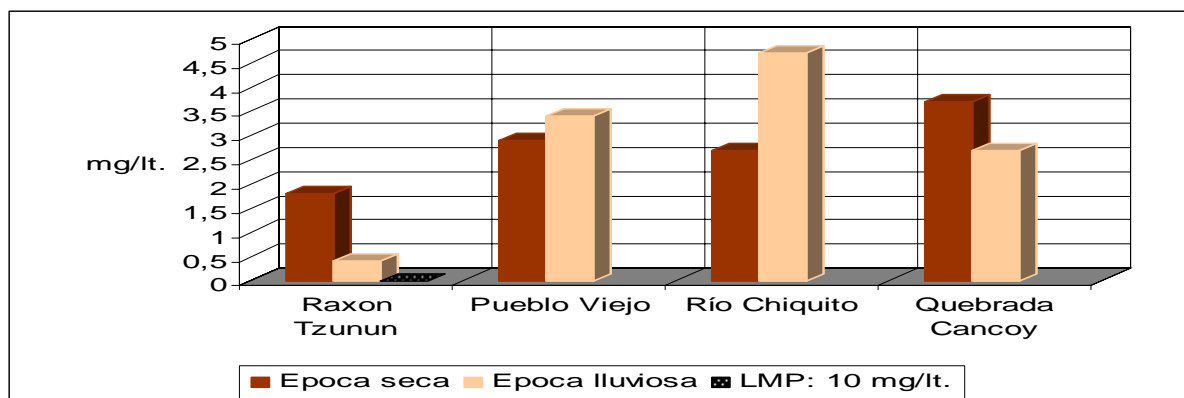


Figura 16. Esquematización de las concentraciones de nitratos en el año 2005.

En general, cuando los niveles de nitratos en el agua se encuentran por debajo de los 10 mg/l, la fuente principal de toma de nitratos para los seres humanos son los vegetales. Cuando los niveles de nitratos en el agua potable superan los 50 mg/l, el agua potable será la fuente principal del consumo total de nitratos.

En esta investigación se determinó que las concentraciones de esta sal en los ríos de las microcuencas no presentan cantidades significativas que pudiesen alterar las condiciones de calidad del líquido. Es necesario tomar en cuenta que este nutriente presenta las mayores concentraciones, tales niveles clasifican a los cauces según este estado trófico como Mesotróficos por mantenerse en un nivel intermedio de enriquecimiento nutricional que puede provocar la eutrofización de estos cuerpos de agua.

En el caso del río Raxon Tzunun existió una disminución de 350% en los niveles que se reportaron para el mes de mayo, el río Pueblo Viejo aumento su concentración en un 17%, río Chiquito en un 74% y la quebrada Cancoy redujo en un 37% los niveles que presentaron en la época de estiaje.

Los cauces en la época seca mantuvieron una diferencia de 1.2 mg/Lt de nitratos y en la época lluviosa de 2.5 mg/Lt.; estos datos permiten determinar una intensa actividad de las bacterias Nitrobacter, sobre todo en río Chiquito lo que nos hace inferir que en este río existió un incremento de nitritos de mayo a septiembre (Figura 16).

Estas altas concentraciones en el cauce de río Chiquito puede deberse a que el punto para el monitoreo está ubicado aproximadamente a 150 metros de la comunidad La Turbina y atraviesa por una plantación de hule, qué por la cantidad de hojas que caen al



suelo, pudieron ser arrastradas por la escorrentía superficial e incrementar la materia orgánica el cual es el alimento de estas bacterias.

En los ríos Raxon Tzunun y la quebrada Cancoy se observó una disminución de los promedios de nitratos, esta disminución puede deberse a que las concentraciones de nitritos que presentaron estos ríos para el mes de septiembre no fueron las adecuadas para incrementar los niveles de nitratos; caso que ocurrió en mayo en la quebrada Cancoy donde los altos niveles de nitritos incrementaron las concentraciones de nitratos.

Ante tales resultados consideramos que La agricultura, la ganadería estabulada (vacuno y porcino principalmente) y las granjas avícolas, son la fuente de muchos contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas superficiales y subterráneas. Estos contaminantes incluyen tanto sedimentos procedentes de la erosión de las tierras de cultivo como compuestos de nitrógeno que, en parte, proceden de los residuos animales y los fertilizantes comerciales.

Los residuos animales tienen un alto contenido en nitrógeno, fósforo y materia consumidora de oxígeno, y a menudo albergan organismos patógenos, que pueden ser causantes de enfermedades respiratorias y gastrointestinales; así como las concentraciones de sales pueden provocar a largo plazo problemas cancerígenos.

### b.3) Amoníaco

Este parámetro es el resultado de los desechos metabólicos tanto de las algas como los organismos en el medio en forma de excretas, así como de la descomposición de la materia orgánica, que por medio del proceso de la amonificación el cual utiliza microorganismos como *Clostridium* y *Acetobacter*; permiten la transformación de los residuos orgánicos para que puedan ser absorbidos por las plantas.

**Cuadro 38. Amoníaco reportado en los meses de mayo y septiembre del año 2005.**

Río	Época de muestreo	
	Seca	Lluviosa
Raxon Tzunun	Ns	0,01
Pueblo Viejo	0,01	-0,02
Río Chiquito	-0,01	0,01
Quebrada Cancoy	0,04	Debajo de gama

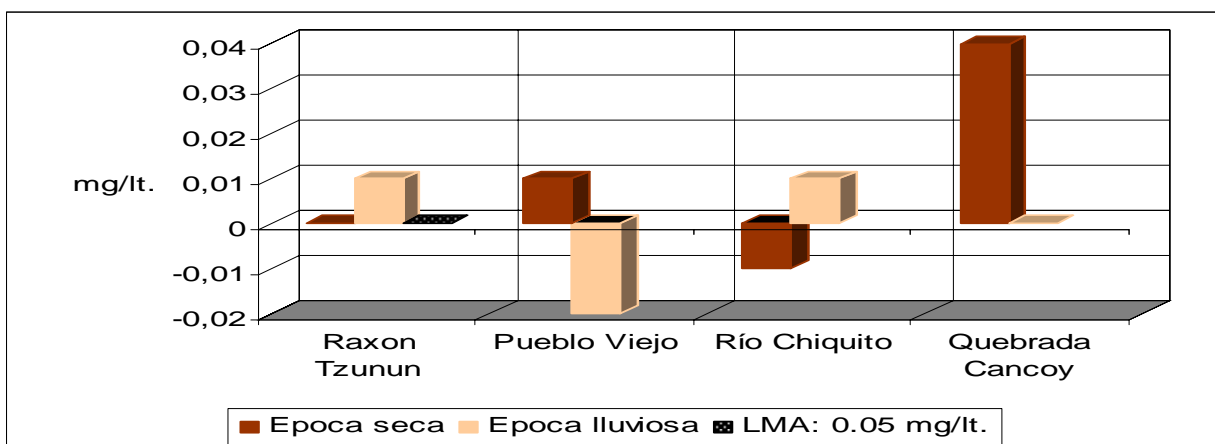


Figura 17. Esquematización de las concentraciones de amoníaco durante el año 2005.

Las concentraciones de amoníaco, en las dos épocas de muestreo, reportaron valores ubicados por debajo del límite máximo aceptable, dándose el caso de considerar los valores como despreciables; puesto que no se ubicaban en el rango de lectura del laboratorio portátil.

Sin embargo, por ser un componente transitorio en el agua y verse influido por la actividad biológica así como de ser precursor de la aparición de nitritos, podemos considerar que en los años 2003 y/o 2004 las concentraciones de amoníaco y amonio eran muy superiores a las que se detectaron en este estudio.

Este nutriente presentó los niveles más altos en la quebrada Cancoy, y un pH básico para el mes de septiembre; esto significa que de mantenerse una tendencia al incremento, el agua de este río puede presentar problemas de toxicidad ocasionando la muerte de la fauna acuática.

Los ríos de la subcuenca Pueblo Viejo están clasificados según su nivel trófico de las concentraciones de amoníaco como oligotróficos; es decir que presentan una escasa cantidad de sustancias nutritiva y por lo tanto no incrementan la producción de fitoplancton.

## 2.6 CONCLUSIONES

2.6.1) El primer monitoreo realizado a los ríos de las microcuencas en la subcuenca Pueblo Viejo, en los meses de mayo y septiembre; reportó que la calidad física del agua, presenta condiciones de contaminación térmica en los ríos Pueblo Viejo, Chiquito y la quebrada Cancoy.

2.6.2) Las concentraciones reportadas de sólidos disueltos totales y conductividad eléctrica, son muy bajas como para damnificar irreversiblemente la calidad del recurso; sin embargo, es necesario no descartar la presencia de una fuente contaminante principalmente en la quebrada Cancoy.

2.6.3) Los aspectos químicos evaluados indican que el pH de los ríos se ubican dentro los límites establecidos a nivel nacional e internacional, las condiciones ácidas del agua permiten que algunos hongos y bacterias tengan el medio idóneo para realizar procesos depurativos desintegrando los residuos vegetales; condición determinada en la quebrada Cancoy que en el mes de septiembre sin duda presentó altos niveles microbianos.

2.6.4) Las concentraciones de oxígeno disuelto presentaron una reducción del 77% en promedio en los ríos Raxon Tzunun, Chiquito y la quebrada Cancoy, mientras que para el río Pueblo Viejo esta disminución fue del 391%; consideramos que estas condiciones son producto de las poblaciones microbianas o en su defecto por la concentración de nutrientes que aumenta la flora acuática reduciendo los niveles de oxígeno.

2.6.5) Los niveles de los nutrientes evaluados indican que los fosfatos en el mes de mayo duplicaron sus concentraciones en el 100% de los ríos y para el mes de septiembre estas concentraciones aumentaron hasta 10 veces los límites máximos establecidos para un cuerpo de agua, esto ubica al fósforo como principal agente contaminante y responsable directo de la eutrofización de los ríos Pueblo Viejo y la quebrada Cancoy.

2.6.6) Las concentraciones de nitritos en la época seca, se ubicaron por debajo de los rangos máximos para los ríos Pueblo Viejo, Raxon Tzunun y Chiquito excepto para la quebrada Cancoy que superó en nueve veces tales rangos; condición que permitió sin duda que el agua de este afluente por el tipo de pH que presentó en esa temporada, fuese más tóxico para los peces y obviamente no apto para el consumo humano.

2.6.7) Las cantidades estimadas de nitratos indican que este nutriente es el que limita el proceso degradativo de estos ríos; los niveles que reportó aunque superiores a los otros

parámetros, se consideran normales; con pequeños incrementos en los ríos Pueblo Viejo y Chiquito.

2.6.8) El amoníaco presentó los niveles más altos en la quebrada Cancoy; sin embargo, tales concentraciones no afectan negativamente a dicho cauce, por lo tanto inferimos que los niveles de nitrato y nitrito identificados en los cauces de la subcuenca Pueblo Viejo provienen de los procesos nutricionales y procesos antropicos que se realizan en cada microcuenca.

2.6.9) Según los resultados obtenidos de las concentraciones de fosfatos las tres microcuencas evaluadas y el cauce principal son clasificadas como eutróficas es decir que por su alto estado de nutrición, hace más susceptibles a estos ríos al proceso de eutrofización.

2.6.10) Los resultados de los derivados del nitrógeno y la clasificación de los cuerpos de agua establecida por la EPA; clasifican a las microcuencas en relación a la cantidad de nitritos y amoníaco como oligotróficos y a la cantidad de nitratos como mesotróficos.

2.6.11) El agua de la subcuenca del río Pueblo Viejo no es apta para el consumo humano debido a la existencia de niveles altos de nitritos los cuales pueden causar una enfermedad en la sangre conocida como metahemoglobinemia, la cual afecta a los infantes menores de cinco años.

2.6.12) Dentro de las principales fuentes de contaminación se consideran las aguas servidas, excretas humanas, estiércol, los fertilizantes químicos y orgánicos, residuos vegetales, partículas de suelo; los cuales son aportados a los cauces por la escorrentía superficial, subsuperficial y subterránea.

2.6.13) De los ríos monitoreados el que le brinda mayor volumen al cauce principal es río Raxon Tzunun; el cauce principal del río Pueblo Viejo recibe un aporte en promedio del 65% del volumen del caudal vía subterránea y/o subsuperficial y el porcentaje restante por escurrimiento superficial, siendo río Chiquito el que más agua lleva por esta vía.

2.6.14) La subcuenca Pueblo Viejo se encuentra ubicada entre los paralelos 15° 8' y 15° 20' latitud Norte y los meridianos 89° 36' y 89° 52' de longitud Oeste, en el municipio de Panzos del departamento de Alta Verapaz al sector noreste de la república de Guatemala; constituyéndose como una subcuenca del río Polochic que drena sus aguas en el Golfo de Honduras. El perímetro de la subcuenca es de 67.22 kilómetros; la red hídrica está

conformada en su mayor parte por corrientes efímeras las cuales representan el 78.5%. El cauce principal inicia en el Cerro Raxon, ubicado a una altura de 2,500 msnm en la zona núcleo de la subcuenca; dicho cauce finaliza en la Finca La Esperanza donde converge con el río Polochic.

El cauce principal es de orden 4, presenta un total de 79 corrientes y una longitud total acumulada de 180 kilómetros. Tiene un área aproximada de 149.54 kilómetros cuadrados, es de forma alargada y es considerada como una subcuenca madura o de transición.

La pendiente media de la subcuenca es del 62% y del cauce principal es de 7.64%, permite deducir que la respuesta a la velocidad de la escorrentía superficial es media, siendo el río Raxon Tzunun el cauce con mayor velocidad seguido por Río Chiquito. El relieve de la subcuenca es muy pronunciado, teniendo una elevación media de 1,265.2 metros,

## 2.7 RECOMENDACIONES

2.7.1) Una evaluación completa de calidad de agua incluye el monitoreo de parámetros microbiológicos, contaminantes orgánicos e inorgánicos, compuestos radiactivos; que no se midieron en la presente investigación. Las características de la cuenca indican que también sería útil contar con información de coliformes fecales y otras sustancias que alteran la calidad del recurso hídrico.

2.7.2) Monitorear las microcuencas durante los siguientes años, con el objeto de adquirir un registro histórico que permita detectar un patrón particular en las concentraciones de nutrientes. Un año de monitoreo permite determinar el efecto estacional y la longitud del registro es insuficiente para predicciones precisas.

2.7.3) Caracterizar apropiadamente las aguas residuales de la zona con el objeto de establecer sistemas de tratamiento que permitan reducir los impactos en la calidad de agua de los reservorios naturales.

2.7.4) Establecer plantas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales para disminuir el impacto de las aguas negras sobre la calidad del agua y la salud en el área.

2.7.5) Realizar campañas de educación y concientización sobre el uso e importancia del recurso hídrico, así como la cloración adecuada del agua y la importancia que esto tiene en la salud de la población.

2.7.6) Ejecutar estudios edafológicos que permitan establecer cuáles son los niveles de contaminantes orgánicos, inorgánicos, provenientes de los pesticidas usados en agricultura y llegan a los cauces vía subterránea o subsuperficial.

## 2.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Aparicio Mijares, FJ. 1989. Fundamentos de hidrología de superficie. México, Limusa. 303 p.
2. Bran Solares, EO. 2003. Elaboración de la línea base para la calidad de agua de la parte occidental de la cuenca del río Cahabón, Alta Verapaz. Tesis Ing. Geól. Cobán, AV, Guatemala, USAC, Centro Universitario del Norte, Facultad de Agronomía. 96 p.
3. Brown, M. et al 1996. Evaluación del rol del bosque nuboso en la protección de cuencas, reserva de la biosfera Sierra de Las Minas. Guatemala, Fundación Defensores de la Naturaleza. 250 p.
4. Castillo Orellana, S. 1989. Análisis y calidad del agua con fines de riego. Guatemala, FAUSAC / IIA / Programa de Investigaciones de Recursos Naturales. 108 p.
5. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 41 p.
6. Curso sobre la elaboración de planes de manejo para una cuenca hidrográfica (1., 2003, GT). Memorias. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, Fundación Defensores de la Naturaleza. 15 p.
7. Dix, M. 2000. Informe anual reserva de vida silvestre Bocas del Polochic: el impacto de la cuenca del río Polochic sobre la integridad biológica del lago de Izabal. Guatemala, Fundación Defensores de la Naturaleza. 140 p.
8. FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, GT). 1997. Criterios para recomendar el manejo de la fertilidad del suelo: curso nacional de postgrado. Guatemala, F&G Editores. p. 51, 53, 54, 62, 67.
9. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, GT). 2003. III plan maestro 2003-2008 reserva de biosfera Sierra de las Minas. Guatemala. 81 p.
10. González Escobar, OG. 1999. Estudio cualitativo de la composición forestal remanente de 400 a 1,200 msnm de la subcuenta del río Raxon Tzunun, Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, Panzos, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Forestal. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 41 p.
11. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT). 1987. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja El Cimiento, no. 2261-111. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
12. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Pueblo Viejo, no. 2261-1. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.

13. \_\_\_\_\_. 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja La Tinta, no. 2261 -IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
14. \_\_\_\_\_. 1974. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Río Hondo, no. 2261-II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
15. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 96 p.
16. \_\_\_\_\_. 2003. Consideraciones técnicas y propuesta de normas de manejo forestal para la conservación de suelo y agua. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 34 p.
17. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2005. XI censo de población, VI de habitación 2002. Guatemala. 1 CD.
18. Jiménez, F. 2003. Enfoques y estrategias actuales para el manejo de cuencas hidrográficas. Costa Rica, CATIE. 235 p.
19. Kemmer, FN. 1989. Manual del agua: su naturaleza, tratamiento y aplicaciones. Trad. Matilde Eva Espinosa Rubio. México, McGraw-Hill. tomo 1, p. 6-1; 6-2.
20. Kiersh, B. 2000. Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos. Roma, Italia, FAO. 323 p.
21. Linsley, RK. 1988. Hidrología para ingenieros. Trad. Alejandro Deeb, Jaime Iván Ordóñez, Fabio Castrillon. 2 ed. México, McGraw-Hill. 386 p.
22. Madrid Herrera, GA. 2001. Evaluación Impacto de la agricultura sostenible en el distrito Polochic, reserva de biosfera Sierra de Las Minas. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 73 p.
23. McJunkin, EF. 1986. Agua y salud humana. Trad. Edward Cruz Quevedo. México, Limusa. 231 p.
24. Medina Mazaríegos, CE. 2002. Estudio de los recursos naturales de la microcuenca del río Carcaj, departamento de Chiquimula, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 103 p.
25. Pérez Carrión, J. 1992. Manual 1: el agua, calidad y tratamiento para consumo humano. México, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente / Programa Regional HPE / OPS / CEPIS. p. 10-19.
26. Simmons, C; Tárano T, JM; Pinto Z, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.



27. Tot Coy, CL. 2000. Caracterización de los recursos naturales suelo, agua y flora en la subcuenta del río Tinajas, reserva de la biosfera Sierra de las Minas. Tesis Ing. Agr. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, USAC, Centro Universitario del Norte. 90 p.
28. Vanegas Chacón, EA. 1998. Manual de riego y drenaje. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía, Instituto de Investigaciones Agronómicas. 88 p.

## 2.9 APÉNDICES

Cuadro 39 A. Especies forestales localizadas en la subcuenca Pueblo Viejo.

No.	Nombre común	Nombre científico	Familia
1	Almendro	<i>Andira inermis</i>	Leguminosae
2	Plumajillo (bach)	<i>Schizolobium parahibium</i>	Leguminosae
3	Cadeno	<i>Albizia guachapele</i>	Leguminosae
4	Palo volador	<i>Terminalia amazonia</i> Exell.	Combretaceae
5	Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	Meliaceae
6	Castaño	<i>Steculia apelata</i>	Sterculiaceae
7	Cedro	<i>Cedrella odorata</i>	Meliaceae
8	Cedro de montaña	<i>Cederia pacayana</i> Harms.	Meliaceae
9	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	Bombacaceae
10	Cortez	<i>Tabebuia palmieri</i>	Bignoniaceae
11	Cortez	<i>Mollinedia guatemalensis</i>	Monimiaceae
12	Chacop	<i>Vochysia ferroginia</i>	Vochysiaceae
13	Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>	Leguminosae
14	Hormigo	<i>Platimiscium dimorphandrum</i>	Leguminosae
15	Jocote de mico	<i>Spondias mombin</i>	Anacardiaceae
16	Jocote fraile	<i>Astronium graveolens</i>	Anacardiaceae
17	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae
18	Madre cacao	<i>Gliricidia sepium</i>	Leguminosae
19	Palo sangre	<i>Virola koschnyi</i>	Myristicaceae
20	Palo jote	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae
21	San Juan	<i>Vochysia guatemalensis</i>	Vochysiaceae
22	Santa Maria	<i>Callophyllum brasiliense</i>	Guttiferaceae
23	Tamarindo	<i>Dalium guianensis</i>	Leguminosae
24	Zapote	<i>Pouteria sapota</i>	Sapotaceae
25	Onoch	<i>Amphitecna obovata</i> Benth.	Bignoniaceae
26	Comida de pava	<i>Ardisia paschalis</i>	Myrsinaceae
27	Maravilla	<i>Billia hippocastanum</i>	Hippocastanaceae
28	Jol	<i>Brunellia mexicana</i>	Brunelliaceae
29	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i> L.	Moraceae
30	Estoraque	<i>Clethra johnstonii</i>	Chetraceae
31	Hubub	<i>Clusia sp.</i>	Guttiferaceae
32	Cojl	<i>Dendropanax arboreus</i> L.	Araliaceae
33	Cojl	<i>Magnolia guatemalensis</i>	Magnoliaceae
34	Cojl	<i>Talauma mexicana</i>	Magnoliaceae
35	Cojl blanco	<i>Dendropanax leptopodus</i>	Araliaceae
36	Palo de quina	<i>Drymis granadensis</i>	Winteraceae
37	Lolte	<i>Dussia cuscatlanica</i>	Papilionaceae
38	Hache	<i>Elaeagia auriculata</i>	Rubiaceae
39	Nogalillo	<i>Engelhardtia guatemalensis</i>	Juglandaceae
40	Palo de agua	<i>Guatteria anomala</i> R.	Moraceae
41	Mecate	<i>Heliocarpus mexicanus</i>	Tiliaceae
42	Pata de chunto	<i>Hedyosmum mexicanum</i>	Chloranthaceae

43	Inga	<i>Inga sp.</i>	Mimosaceae
44		<i>Palicourea guianensis</i> Aubl.	Rubiaceae
45	Comida de pavo	<i>Parathesis vulgata</i>	Myrsinaceae
46		<i>Phyllonoma cacuminis</i> S.	Grossulariaceae
47	Ciprecillo	<i>Podocarpus oleifolius</i> D.	Podocarpaceae
48	Tulché	<i>Pseudolmedia simiarum</i>	Moraceae
49	Encino (Ji)	<i>Quercus corrugata</i> Hook	Fagaceae
50	Encino blanco	<i>Quercus crispifolia</i>	Fagaceae
51	Liquidambar	<i>Liquidambar styraciflua</i> L.	Hamamelidaceae
52	Ak'al	<i>Myrcia splendens</i>	Myrtaceae

**Cuadro 40 A. Ubicación geográfica de las comunidades en la subcuenca Pueblo Viejo.**

No	Zona de manejo	Comunidad	Categoría	Coordenadas Geográficas		Altitud (msnm)
				Longitud	Latitud	
1	ZAM *	Cancoy	Caserío	89°42'47"	15°14'17"	900
2	ZAM	Raxon San Marcos	Caserío	0204250	1686173	
3	ZAM	Raxon Banderas	Caserío	89°44'58"	15°14'20"	640
4	ZAM	Chajomha	Parcelamiento	0203283	1686355	989
5	ZAM	San Marcos II	Caserío			
6	ZAM	Paraíso Privado	Parcelamiento	0201745	1686408	1155
7	ZAM	Franja Los Olivos	Caserío	89°45'29"	15°14'42"	1100
8	ZUM **	Samaritana	Caserío	0202764	1684125	915
9	ZUM	Santa Rita	Parcelamiento	0205183	1687688	755
10	ZUM	San Roque	Caserío	89°45'44"	15°12'33"	1100
11	ZUM	San Sebastián	Caserío	89°43'19"	15°12'52"	1000
12	ZUM	Río Chiquito II	Caserío	0211410	1686035	914
13	ZUM	Peña Blanca	Caserío	0210509	1684568	1104
14	ZUM	Monja Blanca	Caserío	0201847	1687546	1112
15	ZUM	Pueblo Viejo	Finca	89°40'48"	15°17'58"	35

\* Zona de Amortiguamiento. \*\*Zona de Usos Múltiples.



**Cuadro 41 A. Aspectos demográficos de la subcuenca Pueblo Viejo.**

No	Comunidad	Habitantes	Viviendas
1	Cancoy	353	55
2	Raxon San Marcos	242	42
3	Raxon Banderas	28	6
4	Chajomha	273	50
5	San Marcos II	124	22
6	Paraíso Privado	480	80
7	Franja Los Olivos	96	20
8	Samaritana	96	32
9	Santa Rita	285	63
10	San Roque	39	10
11	San Sebastián	159	26
12	Río Chiquito II	237	42
13	Peña Blanca	352	55
14	Monja Blanca	61	12
15	Pueblo Viejo	1157	189
	TOTAL	3982	704

**Cuadro 42 A. Usos del suelo en la subcuenca Pueblo Viejo en los últimos 18 años.**

Categorías	Superficie (ha)				
	1987	1991	1995	1998	2005
Agricultura anual y pastos	1121.96	2455.64	2271.04	1271.43	2587.41
Agricultura perenne, arbustos y matorrales.	3048.77	781.03	3152.10	1582.38	3916.62
Bosque latifoliado	8077.32	10744.14	8942.63	9104.29	7593.48
Bosque de galería	1279.27	408.40			259.74
Áreas pobladas y construcciones		25.63	30.27		84.48
Tierras estériles, minas descubiertas		1.12	12.78		
Áreas expuestas	1337.36				484.65
Zona inundada				2895.70	
Cuerpos de agua					22.50
Superficie total dentro de la reserva		14415.96	14408.82		
Superficie fuera de la reserva		448.72	455.86		
Superficie total de la subcuenca	14864.68	14864.68	14864.68	14853.80	14948.88

**Cuadro 43 A. Registros de los parámetros físico-químicos de la calidad de agua en la subcuenca Pueblo Viejo.**

Parámetro	Unidad de medida	Periodo de muestreo													
			1998			1999		2001		2002					
			Abr.	Jun.	Nov.	Ene.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
Temperatura	° C	23	31.4	25.2	20.3	26.8	21.4	27.1	24.6	28.2	30.2	30.4	28.6	nd	
Conductividad eléctrica	µS/cm.	70	40	124	30	30.6	16.7	27.8	27.2	27.2	41.7	31.1	25	nd	
TDS	mg/lt	0.04	0.006	0.1	0.08	14.3	7.14	12.5	11.4	11.4	17.9	14.3	10.7	nd	
pH		7.1	7.2	6.2	6.8	7.8	7.2	8.04	7.4	< 6	9.25	8.4	< 6	< 6	
Oxígeno disuelto	mg/lt.	nd	7.24	9.81	10.95	7.1	6.6	5.6	< 3	4.6	5	6.8	6.1	< 3	

**Cuadro 44 A. Registros de nutrientes en el agua del río Pueblo Viejo.**

Parámetro	Unidad de medida	Periodo de muestreo													
			1998			1999		2001		2002					
			Abr.	Jun.	Nov.	En.	Nov.	Dic.	En.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
Fosfatos	mg/lt	0.8	0.8	0.15	0.09	0.1	0.02	0.03	0.01	0.1	0.06	0.06	0.26	nd	
Nitratos	mg/lt	0.4	0	0.5	0.7	0.51	0.51	0.71	0.51	0	0.6	0.6	0.4	Nd	
Nitritos	mg/lt	0.005	0.005	0.002	0.005	0.003	Nd	nd	0.002	Nd	0.01	0.001	0.003	Nd	
Amoniaco	mg/lt	0.15	0.02	0.22	0.08	0	0	0	0	0	0	0.05	0	0	



**Cuadro 45 A**  
**Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas**  
**Distrito: Polochic**

**Boleta para registros físicos y químicos de calidad de agua del río: Pueblo Viejo**

Responsable: EPS. Maynor Leonel Coy Poo. Acompañantes: Inga. For. Susana Alvarado; Per. R.N. Nestor Sagüi.

Fecha: 17/05/2005

	Microcuenca	Punto muestreado	Hora	Oxígeno		Temperatura	Conductividad	TDS	pH
				mg/lt	%	° C	mg/lt	mg/lt	
1	Raxon Tzunun	puente colgante	8:40	8.3	105.4	20.8	27.8	12.8	6.68
2	Pueblo Viejo	carretera	13:00	8.3	105.4	27.9	35.1	16.3	6.13
3	Río Chiquito	Puente Turbina com.	14:25	8.08	108.0	27.0	39.5	18.4	6.40
4	Quebrada Cancoy	puente	16:15	8.04	105.7	24.3	52.3	24.5	6.05



**Cuadro 46 A**  
**Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas**  
**Distrito: Polochic**

**Boleta para registros físicos y químicos de calidad de agua del río: Pueblo Viejo**

Responsable: EPS. Maynor Leonel Coy Poo. Acompañantes: Inga. For. Susana Alvarado; Per. R.N. Nestor Sagüi.

Fecha: 17/05/2005

Microcuenca	Fosfatos (mg/lt.)			Nitritos (mg/lt.)			Nitratos (mg/lt.)		Amonio (mg/lt.)		
	$(\text{PO}_4)^{-3}$	$\text{P}_2\text{O}_5$	P	$\text{NO}_2\text{-N}$	$\text{NaNO}_2$	$(\text{NO}_2)^{-}$	$(\text{NO}_3)^{-}$	$(\text{NO}_3)^{-}\text{N}$	$\text{NH}_3$	$(\text{NH}_4)^{+}$	$\text{NH}_3\text{-N}$ Salicilato
Raxon Tzunun	0.16	0.12	0.05	0.002	0.009	0.006	1.8	0.4	ns	ns	ns
Pueblo Viejo	0.22	0.17	0.07	0.002	0.009	0.006	2.9	0.7	0.01	0.02	0.01
Río Chiquito	0.21	0.16	0.07	0.001	0.007	0.005	2.7	0.6	-0.01	-0.01	-0.01
Quebrada Cancoy	0.09	0.07	0.03	0.03	0.015	0.1	3.7	0.8	0.04	0.04	0.03





**Cuadro 47 A**  
**Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas**  
**Distrito: Polochic**

**Boleta para registros físicos y químicos de calidad de agua del río: Pueblo Viejo**

Responsable: EPS. Maynor Leonel Coy Poo. Acompañantes: Inga. For. Susana Alvarado; Per. R.N. Nestor Sagüi.

Fecha: 15/09/2005

	Microcuenca	Punto muestreado	Hora	Oxígeno		Temperatura	Conductividad	TDS	pH
				mg/l					
1	Raxon Tzunun	puente colgante	10:10	4.62	58.2	23.30	28.10	12.90	6.28
2	Pueblo Viejo	carretera	12:30	1.69	24.8	26.9	34.90	16.20	6.05
3	Río Chiquito	Puente com. Turbina	14:05	4.42	61.5	28.4	34.60	16.00	6.52
4	Quebrada Cancoy	puente	15:10	4.80	63.8	25.4	43.80	20.50	8.60



**Cuadro 48 A**  
**Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas**  
**Distrito: Polochic**

**Boleta para registros físicos y químicos de calidad de agua del río: Pueblo Viejo**

Responsable: EPS. Maynor Leonel Coy Poo. Acompañantes: Inga. For. Susana Alvarado; Per. R.N. Nestor Sagüi.

Fecha: 15/09/2005

Microcuenca	Fosfatos (mg/lit.)			Nitritos (mg/lit.)			Nitratos (mg/lit.)		Amonio (mg/lit.)		
	(PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	NO <sub>2</sub> -N	NaNO <sub>2</sub>	(NO <sub>2</sub> ) <sup>-</sup>	(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	(NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup> N	NH <sub>3</sub>	(NH <sub>4</sub> ) <sup>+</sup>	NH <sub>3</sub> -N Salicilato
Raxon Tzunun	Gama excedida	Gama excedida	Gama excedida	nd	Nd	Nd	0.4	0.1	0.01	0.01	0.01
Pueblo Viejo	0.87	0.65	0.28	0.004	0.021	0.014	3.4	0.8	-0.02	-0.03	-0.02
Río Chiquito	0.08	0.06	0.03	Nd	Nd	Nd	4.7	1.1	0.01	0.01	0.01
Quebrada Cancoy	0.89	0.66	0.29	Nd	nd	nd	2.7	0.6	Debajo de gama	Debajo de gama	Debajo de gama



**Cuadro 49 A**  
**Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas**  
**Distrito: Polochic**

**Boleta para aforo del caudal en las microcuencas del río: Pueblo Viejo**

Responsable: EPS. Maynor Leonel Coy Poo. Acompañantes: Inga. For. Susana Alvarado; Per. R.N. Nestor Sagüi.

Fecha: 17/05/2005

Río	Punto muestreado	Coordenadas geográficas		Hora	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)			Tiempo (seg.)		
		latitud	longitud									
Raxon Tzunun	puente colgante	0204309	1685815	9:15	11	10	0,3	0,7	0,5	8	11	14
Pueblo Viejo	carretera	0212128	1694653	13:30	31	10	0,6	0,8	0,5	11	12	11
Río Chiquito	Puente com. Turbina	0212850	1690417	14:50	8,5	10	0,15	0,3	0,18	12	11	11
Quebrada Cancoy	puente	0209380	1685951	15:40	4,6	10	0,4	0,7	0,3	18	19	19



**Cuadro 50 A**  
**Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas**  
**Distrito: Polochic**

**Boleta para estimación del caudal en las microcuencas del río: Pueblo Viejo**

Responsable: EPS. Maynor Leonel Coy Poo. Acompañantes: Inga. For. Susana Alvarado; Per. R.N. Nestor Sagüi.

Fecha: 17/05/2005

Río	Punto muestreado	Sección (m <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Factor	Caudal	
					LPS	m <sup>3</sup> /seg.
Raxon Tzunun	punto colgante	4,13	0,91	0,8	3003,00	3,00
Pueblo Viejo	carretera	14,73	0,88	0,8	10366,40	10,36
Río Chiquito	Punto com. Turbina	1,34	0,88	0,8	941,95	0,94
Quebrada Cancoy	punto	1,61	0,54	0,8	695,52	0,70



**Cuadro 51 A**  
**Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas**  
**Distrito: Polochic**

**Boleta para aforo del caudal en las microcuencas del río: Pueblo Viejo**

Responsable: EPS. Maynor Leonel Coy Poo. Acompañantes: Inga. For. Susana Alvarado; Per. R.N. Nestor Sagüi.

Fecha: 15/09/2005

Río	Punto muestreado	Coordenadas geográficas		Hora	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)			Tiempo (seg.)		
		latitud	longitud									
Raxon Tzunun	puente colgante	0204309	1685815	10:20	10.80	10	0.31	0.60	0.50	9	7	7
Pueblo Viejo	carretera	0212128	1694653	12:10	50.40	10	0.10	0.45	0.20	14	9	8
Río Chiquito	Puente com. Turbina	0212850	1690417	14:20	9.40	10	0.19	0.34	0.26	8	8	10
Quebrada Cancoy	puente	0209380	1685951	15:05	8.60	10	0.22	0.45	0.38	22	20	20



**Cuadro 52 A**  
**Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas**  
**Distrito: Polochic**

**Boleta para estimación del caudal en las microcuencas del río: Pueblo Viejo**

Responsable: EPS. Maynor Leonel Coy Poo. Acompañantes: Inga. For. Susana Alvarado; Per. R.N. Nestor Sagüi.

Fecha: 15/09/2005

Río	Punto muestreado	Sección (m <sup>2</sup> )	Velocidad (m/s)	Factor	Caudal	
					LPS	m <sup>3</sup> /seg.
Raxon Tzunun	punto colgante	3.81	1.30	0.8	3,959.28	3.96
Pueblo Viejo	carretera	9.45	0.98	0.8	7,408.80	7.41
Río Chiquito	Puente com. Turbina	1.86	1.15	0.8	1,708.44	1.71
Quebrada Cancoy	punto	2.26	0.48	0.8	867.07	0.87

## **CAPITULO III**

### **SERVICIOS REALIZADOS**

1. Elaboración de Diagnósticos Rurales Participativos en comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo y la subcuenca Zarco.
2. Evaluación y análisis de las características físicas, químicas, cantidad y calidad del recurso hídrico en los ríos Pueblo Viejo y Zarco.
3. Elaboración del mapa de uso actual del suelo en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.

### 3.1 PRESENTACION

Realizar un diagnóstico con enfoque de género implica desarrollar un proceso de recolección y análisis de información, acerca de una situación concreta, con la participación de quienes protagonizan esa situación y el reconocimiento de las diferencias en el acceso, control y manejo de los recursos entre mujeres y hombres, según las percepciones y valoraciones de ambos en torno a las diferencias y desigualdades que viven.

Aplicar el enfoque de equidad de género a la situación socio ambiental de los ecosistemas, significa aceptar que quienes tradicionalmente han sido consultados son hombres adultos proveedores y jefes de familia, a quienes se considera informantes clave, pero no necesariamente representan los intereses de todas las personas, hombres y mujeres, que integran una comunidad determinada.

Para determinar las situaciones de las personas sus problemas y las causas de éstos, así como para propiciar la construcción colectiva de soluciones, es necesario recuperar los conocimientos de hombres y mujeres de los distintos grupos de interés.

Uno de los principales problemas que se tienen a nivel comunitario es la desigual participación de los hombres y las mujeres; algo muy importante que se pretende realizar con estos diagnósticos participativos comunitarios con enfoque de género, es hacer notar la importancia que ambos grupos tienen dentro de sus comunidades.

Para ello se han utilizados diferentes herramientas que van desde la historia de la comunidad hasta la matriz de problemas y necesidades, las que reflejan la realidad de la comunidad y cual debiera ser la participación de cada una de las organizaciones (instituciones) presentes con el objeto de fortalecer el desarrollo comunitario.

Las consecuencias ecológicas de la deforestación son una preocupación constante para los administradores de los recursos naturales. Sin embargo, la mayoría de los estudios sobre el impacto de la deforestación solamente toman en cuenta la biodiversidad y pérdida de hábitat en las comunidades terrestres. Desafortunadamente los efectos de la deforestación se pueden percibir mucho más allá de la eliminación inmediata de especies forestales.

La deforestación afecta severamente a las comunidades acuáticas cercanas a áreas forestales debido a la gran carga de sedimentos transportados por los ríos, que en



este caso son el río Pueblo Viejo y el río Zarco. Ambos cuerpos de agua, aportan considerables cantidades de agua al río Polochic, aunque es obvio que la cuenca Zarco por poseer una mayor extensión aporta más líquido que la subcuenca Pueblo Viejo.

Dichas condiciones tienen su influencia en las características químicas del agua, la cual después de realizarle una serie de análisis se determinó que presentan altas concentraciones de fosfatos y nitritos, la presencia de estos elementos está muy ligada a los procesos de erosión y contaminación por agroquímicos y de no tratarse a tiempo puede dejar severos efectos negativos a largo plazo afectando a las poblaciones de peces.

La Fundación Defensores de La Naturaleza por ser la institución encargada de administrar la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas, tiene entre sus líneas de acción la protección y conservación de la flora, fauna y biodiversidad.

Para la ejecución de tal objetivo es necesario realizar monitoreos constantes para evaluar las condiciones en que se encuentran los recursos naturales. Por tal motivo es indispensable estar clasificando constantemente los distintos usos que se le da al suelo, ubicarlos geográficamente y realizar mapas temáticos que permitan que las instituciones que se involucren con el desarrollo rural tomen en cuenta tales circunstancias para que al momento de plantear algún proyecto consideren cuales son las debilidades y fortalezas que pueden encontrar tanto en los recursos naturales como en la población.

Los mapas de uso actual son las herramientas básicas que sirven de plataforma para la ejecución de proyectos relacionados con la agricultura, pecuaria, forestal, social, generación de infraestructura etc., puesto que dan una pauta para conocer las necesidades más importantes y la forma de aprovechar las oportunidades de desarrollo minimizando las amenazas a los grupos sociales.

Este documento es una herramienta indispensable, para que sea utilizado como un instrumento de gestión del desarrollo comunal y que las instituciones que se proyectan en el área y el gobierno municipal local, lo utilicen como base para la priorización de proyectos que contribuyan a la solución de la problemática identificada.

## **3.2 ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICOS RURALES PARTICIPATIVOS DE LAS SUBCUENCAS PUEBLO VIEJO Y ZARCO.**

### 3.2.1 OBJETIVOS

#### GENERAL

- a) Determinar la organización social de las comunidades en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.

#### ESPECÍFICOS

- a) Actualizar la información en relación a los aspectos sociales, económicos, antropológicos y culturales de las comunidades en estas subcuencas.
- b) Determinar la estructura organizativa de los Comités Comunitarios de Desarrollo como de la comunidad en general.
- c) Conocer cuál es la función de las organizaciones y como enfocan el desarrollo de las comunidades.

### 3.2.2 METODOLOGÍA

Los diagnósticos rurales participativos con enfoque de género se realizaron en 9 comunidades de la Sierra de las Minas, seleccionando para el caso 5 comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo y 4 comunidades de la subcuenca Zarco.

Para realizar los diagnósticos con equidad de género dentro de la Sierra de Las Minas, el proceso conllevó agotar ciertas fases, a fin de garantizar la calidad de la información que se recabó en cada una de las comunidades.

Primeramente identificar a las personas que participaran en el proceso de diagnóstico, garantizar que quienes lo hagan representen lo mejor posible a la mayor cantidad de sectores de la población, incluyendo a hombres y mujeres de diversos grupos de edad, religiosos, étnicos, socioeconómicos y productivos.

En las comunidades seleccionadas para desarrollar los diagnósticos se identificaron los grupos focales o grupos de base que constituyeron el principal medio de enlace para las actividades de campo.

Las personas que se identificaron como grupos focales comunitarios corresponden a personas que han mostrado interés por sus comunidades y que tienen características de liderazgo.

La metodología consistió en realizar grupos focales, donde se separaron hombres y mujeres para recabar la información y percepción de cada uno de ellos, y por otro lado se desarrollaron reuniones comunitarias para conocer la visión en conjunto sobre la situación actual de la comunidad.

Finalmente se desarrolló la recabación de la información en las comunidades, para lo cual se convocó a las comunidades a participar en reuniones, donde se aplicaron las herramientas previamente seleccionadas. Por otro lado se desarrollaron reuniones formales e informales individualizadas y domiciliarias con líderes y líderes específicas como los ancianos y maestros, con el fin de profundizar, validar y enriquecer ciertos temas de suma importancia, como la historia de la comunidad, o el nivel de organización que se ha tenido en el tiempo, etc.

Posterior a este proceso se procedió a tabular y analizar la información obtenida en el trabajo de campo, así como la generación del informe final del diagnóstico.

### 3.2.3 RESULTADOS

**Cuadro 53. Ubicación geográfica las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo donde se realizó el Diagnostico Rural Participativo (DRP)**

Comunidad	Categoría	Ubicación geográfica		Altitud (msnm)
		Longitud	Latitud	
Samaritana	Caserío	0202764	1687425	915
Santa Rita	Parcelamiento	0205183	1687688	755
Monja Blanca	Caserío	0201847	1687546	1,112
Río Chiquito II	Caserío	0211410	1686035	914
Paraíso Privado	Parcelamiento	0201745	1686408	1,155

En la subcuenca Pueblo Viejo están asentadas 15 comunidades, la realización de los diagnósticos rurales participativos abarco solamente cinco comunidades de estas tres tienen categoría de caserío y dos son parcelamientos.

Se cubrió el 33% del total de comunidades, y se distribuyeron 4 en la microcuenca Raxon Tzunun y 1 para la microcuenca Río Chiquito.

**Cuadro 54. Comunidades de la subcuenca Zarco donde se realizó el DRP.**

Comunidad	Categoría	Ubicación geográfica	
		Longitud	Latitud
Tierra Linda	Caserío	0220648	1691767
Concepción I	Caserío	0222973	1991308
Concepción II	Caserío	0221436	1691805
San Antonio Panacté	Caserío	0220271	1691724

En la subcuenca Zarco existen un total de 11 comunidades de las cuales solamente se trabajo en 4 de ellas; ésto equivale a diagnosticar el 36% del total de las mismas. Para el caso de esta subcuenca todas las comunidades se ubican en la zona de amortiguamiento.

**Cuadro 55. Extensión territorial ocupada por las comunidades.**

Subcuenca	Superficie comunitaria	Extensión de la subcuenca
Pueblo Viejo	32.77 caballerías	333.79 caballerías
Zarco	27.96 caballerías	472.17 caballerías

El cuadro 55 manifiesta la extensión territorial que ocupan actualmente las 5 comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo, en las que se realizó el Diagnostico Rural Participativo. Esta extensión representa el 9.82% de la superficie total de la subcuenca.

Para el caso de la subcuenca Zarco, las comunidades ocupan solamente el 5.92% de la superficie total de la misma; lo cual representa mayor área por familia para las distintas actividades que se realizan en dicho sector.

Esta información permite deducir que se está realizando una mayor presión sobre los recursos naturales aún existentes en la subcuenca Pueblo Viejo, particularidad que no se está efectuando en la subcuenca Zarco.

#### A) Aspectos Sociales de las subcuencas

Este parámetro está subdividido para una mejor comprensión en tres variables: Características Sociales y Económicas, Características Antropológicas y Técnicas de Diagnóstico Rural Participativo.

Las comunidades de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco, actualmente están organizadas en grupos o comités cuya función está enfocada a la resolución de las necesidades de mayor interés por los miembros de las mismas; de tal forma estas organizaciones están divididas en Comités Comunitarios de Desarrollo -COCODES- y otras organizaciones cuyo existencia está basada en el desarrollo económico de los comunitarios.

#### a) Demografía

##### **Cuadro 56. Demografía para el año 2005 según censos de los COCODES.**

Subcuenca	Población			No. familias	Población total en la subcuenca
	M	F	TOTAL		
Pueblo Viejo	748	779	1527	266	3,982
Zarco	521	543	1064	154	3,382
<b>TOTAL</b>	<b>1,269</b>	<b>1,322</b>	<b>2,591</b>	<b>420</b>	<b>7,364</b>

La información demográfica en las cinco comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo donde se realizó el diagnóstico rural participativo, representa el 38.35% de la población total de este sector; existe un promedio de 6 integrantes por cada familia y el 51% es dominado por el género femenino. Se estima un promedio de 7.88 manzanas de terreno por cada familia y/o 1.40 manzanas de terreno por cada habitante de la subcuenca.

En la subcuenca Zarco existe un promedio de 7 integrantes por familia; se realizaron los DRP's con el 31.5% de la población total de la subcuenca; en este lugar

también la representación femenina es del 51%. Se estima una extensión de terreno de 1.70 manzanas por persona y 11.62 manzanas por cada familia; esta cantidad representa una diferencia de 3.70 manzanas más, que en la subcuenca Pueblo Viejo.

Los diagnósticos rurales participativos en 4 comunidades de la subcuenca Zarco, permitieron establecer que la extensión de terreno ocupada por cada familia, oscila entre las 5 a 8 manzanas; mientras que en Pueblo Viejo solamente en las comunidades de Paraíso Privado y Cancoy, se distribuyeron 6 manzanas por cada familia, en las otras comunidades aun no se han desmembrado y repartido los terrenos.

La información del cuadro 56 corresponde a las nueve comunidades diagnosticadas; sin embargo la población total de la subcuenca Pueblo Viejo es de 3982 personas y la subcuenca Zarco es de 3382 habitantes. Tales cantidades permiten determinar que en la subcuenca Pueblo Viejo conviven 27 personas por cada km<sup>2</sup> y en la subcuenca Zarco 16 personas.

**Cuadro 57. Demografía por rangos de edad.**

Subcuenca	Rangos de edad				Total/subcuenca
	0-6	7-14	15-64	> 65	
Pueblo Viejo	405	387	713	22	1,527
Zarco	292	257	489	26	1,064
TOTAL	697	644	1,202	48	2,591

La población total existente en las nueve comunidades donde se realizó el diagnóstico rural participativo, suele ascender a 2,591 personas, de este número el 49% representa el grupo masculino y el 51% el grupo femenino.

El 51% de la población oscila entre las edades de 0 a 14 años, de éste número el 27% son infantes menores de 6 años, lo que nos indica que la cantidad más numerosa de la población está dominada por jóvenes y personas adultas no mayores de 40 años.

La cantidad de personas mayores de 65 años, en la subcuenca Pueblo Viejo representa el 1% y en la subcuenca Zarco el 3%.

La población económicamente activa, en estas comunidades; solamente está cubierta por el 28% del total, de los cuales el 90% pertenecen al grupo masculino y solamente el 10% corresponde al grupo femenino.

## b) Salud

**Cuadro 58. Principales aspectos de salubridad.**

Subcuenca	Centro de salud	Personal	Control de enfermedades		Letrinas	Depósitos de basura
			Productos Naturales	Productos químicos		
Pueblo Viejo	2	14	13%	87%	237	47
Zarco	2	7	16%	84%	137	6

Están habilitados solamente dos centros de salud en cada subcuenca, la cantidad de personas encargadas de prestar este servicio es el doble en la subcuenca Pueblo Viejo en relación a la subcuenca Zarco.

Existen un total de 8 botiquines para primeros auxilios, 6 de estos están en una sola comunidad. Las enfermedades más comunes que se presentan en el área son aquellas que dañan, el sistema digestivo y el sistema respiratorio, estos casos se presentan particularmente durante el cambio de estación climática afectando en gran medida a los infantes.

Estas enfermedades son controladas en un 85% con medicamentos farmacéuticos y un 15% con medicina natural. Los problemas que consideran los habitantes sean las principales causas de estas enfermedades, son la falta de letrinización y la contaminación del agua.

Respecto a la letrinización, todas las viviendas poseen por lo menos un retrete, solamente pocas familias han sido beneficiadas con los pozos ventilados o evacuorios públicos, estos fueron donados por el Fondo de Inversión Social, institución que ha apoyado bastante a las comunidades que están más accesibles de visitar, proveendo inodoros plásticos para poder construir pozos ventilados

La basura es un servicio que hasta la fecha tienen bien manejado la mayor parte de las comunidades; el 80% de comunidades, tienen basureros comunales.

En todas las comunidades utilizan la técnica de quemar o enterrar los residuos inorgánicos, no así los residuos de las cosechas los cuales son incorporados al suelo durante la temporada de descanso del suelo.

La calidad de los alimentos en las comunidades no supera ni el 50% de lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud; la dieta alimenticia para estas

personas se limita al consumo de tortillas de maíz, frijol, verduras, chile, ocasionalmente carne de res o marrano.

c) Vivienda

**Cuadro 59. Datos de habitación de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.**

Subcuenca	No. viviendas	Material viviendas	
		Madera	Block
Pueblo Viejo	237	230	7
Zarco	162	155	7

Se cuantificaron un total de 399 viviendas, de las cuales 14 están construidas de block. El porcentaje más alto de viviendas están construidas de madera con dimensiones aproximadas de 10 \* 15 \* 3 metros; estas viviendas cubren un área de 150 m<sup>2</sup> aproximadamente.

Para los techos utilizan materiales como paja o lamina, el piso es de tierra. Las viviendas contemplan solamente un ambiente que cumple con las funciones de comedor, dormitorio, sala de reuniones, cocina e incluso como bodega para granos o resguardo para aves de corral.

Cada familia ocupa un área aproximada de 400 m<sup>2</sup> para la construcción de sus casas y huertos familiares. Para la construcción de una casa de madera es necesario derribar 5 árboles de 50 centímetros de diámetro y aproximadamente 15 metros de alto; esto representa la eliminación de 1,995 árboles en las dos subcuencas que significa la desprotección de cobertura vegetal en un área que oscila de 10 a 15 ha de terreno.

d) Educación

**Cuadro 60. Porcentajes de formación académica en las subcuencas.**

Subcuenca	Alfabetos	Analfabetas
Pueblo Viejo	26%	74%
Zarco	16%	84%

En la subcuenca Pueblo Viejo existen 6 escuelas, acuden 12 docentes a cubrir el nivel preprimario y primario, laborando cuatro días en la semana; con una carga académica de 2 grados por maestro, actualmente se brinda refacción escolar y/o desayuno escolar aunque este último por escasez de fondos dejó de prestarse en algunas escuelas.



Todos los centros educativos cuentan con los servicios de agua potable, letrinas y basureros, la jornada de atención es matutina y solamente en el parcelamiento Paraíso Privado se atiende el ciclo básico los fines de semana.

Es necesario mencionar que en la comunidad Paraíso Privado solamente hay una escuela asignada, pero por ser vecinos cercanos de la comunidad San Vicente 1 del municipio de La Tinta, los alumnos suelen distribuirse en las escuelas de ambas comunidades. También cabe destacar que para la comunidad Paraíso Privado no existen docentes asignados, los que laboran en estos centros educativos fueron destinados para la comunidad San Vicente 1.

En algunas comunidades ni siquiera existe un centro educativo y es precisamente allí donde los índices de analfabetismo se incrementan demasiado. Los vecinos aducen que por lo retirado que están las escuelas de las comunidades donde se presta el servicio, no dejan ir a sus hijos. Además está el hecho de que los infantes con 7 años de edad son una mano de obra bastante necesaria para las labores de campo.

En la subcuenca Zarco, 84% de la población es analfabeta esto significa que 885 personas no pueden o tienen la oportunidad de educarse, por distintas razones pero sobre sale la falta o poco ingreso económico que sus padres pueden obtener con los cultivos y los trabajos extras que realizan fuera de la comunidad; el 16% de la población que si tiene la oportunidad por lo regular solamente termina la primaria y los pocos que tienen la inquietud de continuar estudiando se ven obligados a emigrar a otros lugares como la aldea de Teleman para poder continuar el ciclo básico y así poder optar por una carrera de nivel medio.

El número de personas que tienen estudios superiores es muy poco representativo, además que dichos profesionales no retornan a su comunidad para poder apoyar con el desarrollo puesto que aducen que no existen fuentes de empleo.

La cantidad total de maestros que atienden a estas cuatro comunidades es de 9, sin embargo, en dos comunidades solamente trabaja un maestro por comunidad atendiendo los 6 grados de primaria y aproximadamente de 40 a 60 alumnos en aulas multigrado y con jornadas de trabajo solamente por la mañana, de lunes a jueves.

El edificio escolar cumple con los requerimientos básicos para poder atender a los alumnos. En la mayoría de centros educativos existen en promedio 2 salones en donde se

atiende a tres grados, estos edificios y el mobiliario han sido donaciones en ocasiones de PRONADE y en otros por distintas instituciones que han apoyado a la educación en el área rural; estos edificios cuenta con letrinas, agua potable, y en algunos todavía se reparte la refacción escolar, la cual es elaborada por los distintos comités de padres de familia que se organizan en la escuela.

## B) Aspectos Económicos

### a) Tenencia y distribución de la tierra:

#### **Cuadro 61. Tenencia de la tierra.**

Subcuenca	Propiedad privada	
	SI	NO
Pueblo Viejo	83%	17%
Zarco	75%	25%

La tenencia de la tierra es otro problema que ha afectado a los habitantes de la subcuenca Pueblo Viejo. En la actualidad el 84% de las comunidades tienen seguridad legal en cuanto a los terrenos donde están asentadas las comunidades. Dichas áreas han sido propiedad privada, se han tenido que realizar algunos convenios con los dueños a través del Fondo de Tierras o la Fundación Defensores de La Naturaleza para poder solventar tales problemas.

En la subcuenca Zarco 75% de las comunidades diagnosticadas tienen seguridad legal de la propiedad donde actualmente están asentadas, aun no se ha desmembrado el área total de las comunidades para distribuir equitativamente entre el número de familias que viven en las mismas. Es importante mencionar que la mayoría de las comunidades están asentadas en propiedad privada, consecuentemente es necesario negociar con los dueños de estos terrenos, a través de las instituciones correspondientes.

### b) Producción Agrícola de la subcuenca Pueblo Viejo

#### **Cuadro 62. Principales cultivos producidos durante el año 2005**

Comunidad	Cultivos					
	Maíz	Frijol	Hortalizas	Café	Frutas	Cardamomo
Samaritana	x	x	x	x	x	x
Santa Rita	x	x		x		x
Monja Blanca	x	x		x		x
Paraíso Privado	x	x	x	x		x
Río Chiquito II	x	x		x		x

En este punto resalta la actividad agrícola como principal fuente de ingreso para las comunidades asentadas en el sector noreste de la cuenca. Esto ha aumentado el avance de la frontera agrícola y ha sido la causa principal del deterioro de un alto porcentaje del recurso forestal, provocando con ello el deterioro edáfico; extinción o migración de especies de flora y fauna; aumento a la incidencia de los desastres naturales en la zona y como seguimiento de una cultura agrícola que por la necesidad de producir granos para consumo deforestan sectores con relieves de predominancia casi escarpada para dichos cultivos provocando la erosión edáfica y consecuentemente el aumento de riesgo de desastres naturales.

Los cultivos que actualmente se localizan se agrupan en cultivos anuales y perennes, ejemplos de ellos están: maíz, frijol, hortalizas (tomate, lechuga, hierbas medicinales y cebolla), café (caturra, catuai y Borbón), frutales (naranja, limón, piña, mango, nance) y cardamomo.

En algunos casos son trabajadas como sistemas silvopatoriles pudiendo detectarse en el sector noroeste de la subcuenca algunas asociaciones vegetales como:

- a) tamarindo — café
- b) palo volador - Santa María
- e) Palo de tigre - encino
- d) palo volador - cardamomo
- e) Santa María — mano de mico

La producción de estos cultivos está en relación directa de la rentabilidad que le proporcione al agricultor. De lo cual tenemos que se cultivan grandes extensiones de cardamomo sobre todo en las áreas arriba de los 700 msnm.

El área destinada para esta actividad por familia es aproximadamente de 1.4 ha (32 cuerdas), de éstas se cosechan aproximadamente 3,113.32 Kg. /ha. Esto quiere decir que por familia producen cerca de 4,363.64 kilogramos de cardamomo.

Esta es la explicación más lógica del por qué los habitantes se niegan a cambiar de cultivo para tener una fuente de ingreso, esto se debe principalmente a que en una época sin mayores problemas este cultivo les genera por familia cerca de Q. 9,120.00.

En el caso del maíz, este cultivo es utilizado en un 60-65% para consumo, el resto es comercializado para recuperar el capital invertido. Por lo general este cultivo permite

tener dos cosechas al año y se ve más afectado durante el cambio de época seca a lluviosa, puesto que la competencia con las malezas aumenta ocasionando estas últimas que no desarrollen bien las plantas.

El ciclo de cultivo tiende a dilatarse aproximadamente 5 meses el período de tiempo intermedio es utilizado para realizar las rozas de los guamiles y la preparación de los terrenos para la próxima temporada de cultivo.

El rendimiento de este cultivo es de 2,075.6 kg/ha. Teniendo cada familia un área destinada de 1.05 hectáreas para producir, en la cual con buena suerte se cultivan aproximadamente 2,181.82 kilogramos de maíz. Esta cantidad, es considerada baja, debido a que a nivel nacional el rendimiento de este grano oscila entre 3,113.32 kg/ha.

El precio de venta de este grano al inicio de temporada suele ser de Q. 95.00/quintal, esto le genera a cada familia un ingreso de Q. 4,560.00; lógicamente con el transcurrir del tiempo de cosecha y la demanda del grano los precios tienden a disminuir. Los precios de este grano a nivel nacional oscilan de Q.75.00 a Q.115.00 por quintal; que suelen variar según el lugar, la demanda y el rendimiento del grano.

El cultivo del café en esa zona ha sido bastante afectado por la poca demanda que este tiene a nivel internacional, sin embargo en la actualidad existen dos comunidades que están produciendo café orgánico asesorados por FORESTRATE, esta es una organización no gubernamental cuyo propósito es encausar a los campesinos a la producción orgánica sostenible.

**Cuadro 63. Productos Agrícolas utilizados en los cultivos.**

Comunidad	Plaguicidas	Fertilizantes	
		Químicos	Orgánicos
Samaritana	No	No	No
Santa Rita	Folidol y tamaron	3x15 y 20-20-0	No
Monja Blanca	No	No	Residuos vegetales
Paraíso Privado	No	No	Residuos vegetales
Río Chiquito II	Gramoxone	No	Gallinaza y rastrojos.

En relación con el control de plagas agrícolas, no se ha presentado en el sector algún ataque masivo que ocasione grandes pérdidas. Sin embargo, por ser grandes extensiones de monocultivos es indispensable la aplicación de herbicidas y algunos

insecticidas tales como el Gramoxone, folidol, tamaron entre otros; los cuales son aplicados a razón de 1 litro por hectárea principalmente durante las primeras lluvias que suelen ser durante el mes de mayo y junio, temporada en que las malezas compiten de forma más acelerada con los cultivos.

c) Producción Agrícola de la subcuenca Zarco

**Cuadro 64. Principales cultivos producidos durante el año 2005**

Comunidad	Cultivos				
	Maíz	Frijol	Cacao	Café	Cardamomo
San Antonio Panacté	x	x		x	x
Tierra Linda	x	x			x
Concepción I	x	x			x
Concepción II	x	x	x		x

Las actividades económicas dentro de la subcuenca, pueden ubicarse en tres grandes categorías:

c.1) Cultivos anuales:

Cubre aproximadamente 1,319.67 ha que representa el 6.2% del área total de la subcuenca; dentro de los principales cultivos destaca el maíz y frijol así como el cardamomo que es la principal fuente de ingreso económico.

En relación al maíz y el frijol, ambos cultivos son utilizados para el consumo, son productos bien adaptados al sector logrando en algunas comunidades un máximo de 2 cosechas anuales de maíz y tres de frijol; la extensión que utilizan para el cultivo, generalmente oscila entre 1.05 y 1.40 ha de terreno para el caso del maíz, cultivo que ha reportado un rendimiento de 2,075.6 kg/ha; esta cantidad al ser multiplicada por las 154 familias que viven en la subcuenca, nos da un total 448,000 kilogramos de maíz por cosecha; es decir que en un año productivo sin tener contratiempos climáticos, se pueden obtener cerca de 896,000 kilogramos de maíz; que generan 5,818.2 kilogramos de maíz por cada familia.

En el caso del frijol la cantidad de terreno destinada para su producción es de 0.7 hectáreas por familia; producto utilizado solamente para consumo dado que la producción es insuficiente para poder comercializarlo.

El cardamomo, es el cultivo que desde aproximadamente 10 a 15 años se está produciendo en la subcuenca, genera actualmente 4,140 Kg./ha; una producción bastante

baja según los mismos habitantes, esto lo relacionan con el desgaste del suelo, lo cual ha disminuido la cantidad de nutrientes en los mismos por la explotación de un solo cultivo en la zona, que sigue permitiendo que la gente tenga una fuente de ingreso.

El área destinada por familia para la producción de cardamomo es de 1.05 ha en promedio, esto genera un rendimiento de 672,000 kilogramos; los cuales son vendidos a los intermediarios a un precio mínimo de Q 95.00 el quintal; esto genera para las cuatro comunidades, un total de Q. 1, 404,480.00.

#### c.2) Cultivos Mixtos:

En este grupo se incluyen los cultivos anuales, relacionados con algún tipo de cultivo perenne para realizar un asocio y mejorar en parte la cantidad de materia orgánica presente en las capas arables de los suelos, minimizar el impacto de la precipitación pluvial entre otras ventajas.

Las asociaciones que más se utilizan son café-cardamomo, maíz - cardamomo, café - cacao, café - guarumo, plantas ornamentales como el croto, algunas flores y los huertos familiares donde se cultiva algún tipo de hortalizas.

#### c.3) Agricultura Perenne:

Comprende básicamente el café, el cardamomo, el cacao, algunas especies forestales como El Ramón Blanco (*Brosimum alicastrum*), Palo San Juan (*Vochysia hondurensis*), Palo Volador o Naranjo (*Terminalia amazonia*) y la Ceiba (*Ceiba pentandra*); que son utilizadas para leña, construcción de botes, construcción de casas, postes etc.

#### **Cuadro 65. Productos agrícolas utilizados en los cultivos.**

Comunidad	Plaguicidas	Fertilizantes	
		Químicos	Orgánicos
San Antonio Panacté	Gramoxone y hedonal	3x15; 20-20-0; urea	No
Tierra Linda	Gramoxone	No	No
Concepción I	Gramoxone	No	No
Concepción II	Gramoxone y hedonal	3x15 y urea.	No

Los productos químicos más utilizados para el control de malezas son gramoxone y hedonal, la aplicación de éstos pesticidas se hace necesaria durante el inicio de la época lluviosa, que es justamente cuando los agricultores aprovechan las primeras lluvias puesto que permite una mayor y mejor germinación de los cultivos; pero al mismo tiempo el

ataque de las malezas y otro tipo de plagas se hace intenso; se utiliza aproximadamente 1.5 litros de herbicida por hectárea de terreno sembrada.

Aun no tienen conocimientos del control biológico o la utilización de productos orgánicos para controlar el crecimiento de estas hierbas, la siembra tradicional sin ninguna técnica de conservación de suelos, la erosión de los mismos, el desgaste por monocultivos, son solamente algunas de las causas que han conllevado a los habitantes a cultivar en terrenos con fuertes pendientes sin vocación agrícola.

En relación a los fertilizantes, los más utilizados son el triple 15 y el 20-20-0 así como la urea, sobre todo en la época de desarrollo de la planta que es aproximadamente cuando tienen de dos a tres semanas de haber germinado y la competencia por los nutrientes con las malezas se hace más intensa, consecuentemente es indispensable suministrarle los nutrientes necesarios para un óptimo desarrollo.

Los abonos orgánicos, se producen en menor escala en la comunidad San Antonio Panacté; pero son utilizados preferentemente en cultivos como el café, hortalizas y algunas flores; el rastrojo de la milpa cuando termina la cosecha se deja en el campo para que pueda mezclarse con la materia orgánica y permitir una retribución al suelo por lo menos hasta que llegue el tiempo de la siguiente siembra, periodo que no supera los dos meses.

#### d) Servicios e Infraestructura

##### **Cuadro 66. Principales servicios e infraestructura de las comunidades.**

Subcuenca	Tiendas	Molino de nixtamal	Salón comunal	Mercado
Pueblo Viejo	13	7	3	1
Zarco	5	2	2	0

Existen un total de 18 tiendas, 9 molinos de nixtamal, 5 salones comunales y un centro de convergencia (cuadro 66).

En la subcuenca Pueblo Viejo existe de una despulpadora y secadora de café. En las dos subcuencas se han construido secadoras de cardamomo en las comunidades de mayor acceso y como apoyo de FORESTRADE al desarrollo agrícola orgánico.

### C) Características Antropológicas

#### a) Etnia

**Cuadro 67. Principales etnias de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.**

Subcuenca	Queqchi	Pocomchi	Español
Pueblo Viejo	92%	3%	5%
Zarco	91%	8%	1%

Al igual que en la mayoría de comunidades de toda la subcuenca del polochic, el mayor porcentaje de los habitantes pertenecen a la etnia Queqchi; en algunas comunidades existen pequeños grupos de personas que hablan dialecto Pocomchi. El idioma castellano es utilizado por aproximadamente el 3% de la población; precisamente por aquellas personas que han tenido la oportunidad de poder concluir el nivel primario y en algunas ocasiones por aquellos que tienen una carrera a nivel medio

#### b) Religión

**Cuadro 68. Principales religiones de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.**

Subcuenca	Católico	Evangélico
Pueblo Viejo	27%	73%
Zarco	37%	63%

La religión es otro parámetro bastante importante puesto que nos permite conocer las costumbres que predominan en el área. En este caso específico, podemos determinar que un alto porcentaje de la población de ambas subcuencas profesa la religión evangélica y el grupo restante pertenecen a la religión católica. Este cambio en las tradiciones ha influido en el respeto a los recursos naturales; aunque todos los pobladores coinciden en que es necesario realizar los “mayejak” o solicitar permiso al cerro para obtener buenas cosechas; las actuales generaciones son muy incrédulas a esta cultura.

### D) Organización comunitaria

#### a) Subcuenca Pueblo Viejo

La organización comunitaria está basada en la creación y función de los Comités Comunitarios de Desarrollo -COCODES-. Estos están conformados a su vez por varios subcomités, que tienen funciones específicas (cuadro 69).

En la comunidad Monja Blanca aún no se ha conformado, todos los otros comités tienen un total de 12 miembros. Se reúnen aproximadamente cada quince días para



discutir el avance de los proyectos de desarrollo, problemas o necesidades que afronta la comunidad o simplemente para la resolución de conflictos dentro o fuera de la comunidad. En las comunidades laboran algunas organizaciones cuya misión es apoyar en los servicios de salud, educación, capacitación, gestión de tierras y proyectos de desarrollo, algunas de ellas son SIAS, CAFESANO, FORESTRADE, FIS, UOC, etc.

**Cuadro 69. Estructura organizativa de los Comités Comunitarios de Desarrollo de la subcuenca Pueblo Viejo**

	Comités	Comunidades				
		Samaritana	Santa Rita	Monja Blanca	Paraíso Privado	Río Chiquito II
1	Coordinador	Victoriano Macz	Carlos Chén L.	Vicente Xol	Juan Tut Can	Juan A. Xoy
2	Subcoordinador	Roberto Cac	Mateo Cuc	Oscar Xol	Santos Tzib	José Cucul
3	Secretario	Manuel Tun X.	Luciano Chub	Pedro Tut Xol	Filiberto Caal	Julián Chocooj
4	Finanzas	Clemente Choc	Luciano Ixim		Mateo Tzib	Emilio Cucul
5	Salud	Agustín Rax	Javier Cucul		Eliseo Cuz	Héctor Toc
6	Probidad	Miguel Caal	Samuel Cucul		Juan Chiquin	Felipe Chocooj
7	Derechos humanos y paz	Mario Cac J.	Antonio Choc		Juan Maquin	Héctor R. Caal
8	Servicios e infraestructura	Pablo Coc	Miguel Cucul		José Tut Can	
9	Fomento económico, turismo y ambiente	Mateo Pop J.	José Cucul		José Chiquin	
10	Descentralización y fortalecimiento municipal	Matero Rax	Crisanto Botzoc		Domingo Choc	
11	Familia, mujer y niñez	Marcelino Juc	Ofelia Coy		Fernando Ich	Víctor Coy B.
12	Educación	José Choc M.	Domingo Chub		Agustín Cucul	Waldemar Cucul
13	Tesorero			José Rax		

## b) Subcuenca Zarco

En todas las comunidades existe un Comité Comunitario de Desarrollo -COCODE- agrupación cuya función principal, es representar a la comunidad en las reuniones mensuales de los Comités Municipales de Desarrollo -COMUDES-, presentando las necesidades imperantes de las mismas y/o si existe avance con los proyectos de desarrollo existentes en algunas (cuadro 70).

El período de funcionamiento de cada COCODE es de dos a tres años, tiempo que puede prolongarse si la agrupación en funciones realiza bien las actividades que tiene asignadas, las reuniones de los distintos subcomités de los COCODES se realizan aproximadamente cada quince días, en dichas reuniones se discuten las distintas problemáticas existentes en la comunidad, los proyectos de desarrollo, entre otros.

Las actividades más relevantes en la mayoría de las comunidades suele resumirse de la siguiente forma:

- Balastrado de carreteras
- Circulación de las escuelas
- Nueva infraestructura para ciclos básicos
- Introducción de energía eléctrica
- Compra de área destinada para cultivos a los dueños de las fincas a través del Fondo de Tierras.
- Solicitud de maestros para mejorar la atención a los alumnos.
- Ampliar los servicios para minimizar las necesidades de alimentación, vivienda, vestido, salud.

Dentro de las organizaciones que apoyan a las comunidades, cabe destacar el accionar de:

- CONAVIGUA: apoya con construcción de viviendas
- CARE: encargado de la donación de víveres
- PRONADE: apoyo en el sector educativo
- PRODEVER: realiza capacitaciones para los distintos subcomités de los COCODES y apoya en algunos proyectos de desarrollo con equidad de género.
- ECA: encargada de la gestión de tierras.

**Cuadro 70. Estructura organizativa de los Comités Comunitarios de Desarrollo de la subcuenca Zarco.**

	Comités	Comunidades		
		San Antonio Panacté	Tierra Linda	Concepción I
1	Coordinador	Juan Cau Pop	Alfonso Tut X.	Pedro Caal J.
2	Subcoordinador	Felipe Cabnal	Esteban Suc	Augusto Chiquin C.
3	Secretario	Manuel Xol P.	Pedro Caal	Emilio Chu C.
4	Finanzas	Mario Coc	Héctor Ma	
5	Salud	Carlos Choc C.	Pedro Ical Ch.	Valerio Chiquin I.
6	Probidad	Tomas Tut	Juan F. Chén	Miguel Ja
7	Derechos humanos y paz	Alberto Coc	Oscar Caal Cu	Macario Chu Coy
8	Servicios e infraestructura	José Botzoc		Mario Cal Coy
9	Fomento económico, turismo y ambiente	Juan Tzul Caal	Miguel Quinich	Lorenzo Ichich
10	Descentralización y fortalecimiento municipal	Domingo Coc	Rogelio Choc	Mario Chiquin
11	Familia, mujer y niñez		Miguel Choc	Pedro Ichich I.
12	Educación		Alejandro Pop	Miguel Coy
13	Tesorero			
14	Lideres Auxiliares		Domingo Chub Ical, Roque Suc	

## E) Diagnostico Rural Participativo

Las técnicas del diagnostico rural participativo que se utilizaron fueron:

- 1) reloj de 24 horas
- 2) mapas de la comunidad
  - a) mapa actual
  - b) mapa a futuro
- 3) historia de la comunidad
- 4) diagrama institucional
- 5) calendario de actividades
  - a) calendario agrícola
  - b) calendario anual
- 6) entrevistas.

De la información obtenida se formularon la matriz de contexto, matriz de actividades, matriz de recursos, matriz de necesidades. La participación de hombres y de mujeres en la cuenca Pueblo Viejo fue el 7.5% del total de los habitantes en las cinco comunidades donde se realizaron estos diagnósticos; en la cuenca Zarco el porcentaje de participación fue del 15%; habiendo un mayor número de hombres que de mujeres.

Para una mejor comprensión de la información recabada, se busco el factor común de las comunidades para las distintas técnicas, permitiendo con esto unificar los distintos puntos de vista y enmarcarlos en las distintas matrices.

### a) Subcuenca Pueblo Viejo

#### a.1) Historia de las comunidades

Las comunidades de esta subcuenca fueron fundadas por personas originarias de San Pedro Carchá, Panzós, Senahú, Jolomijix I, Jolomijix II, Tzalamilha.

El tiempo de fundación de las cinco comunidades, oscila en promedio en los 25 años; siendo el caserío Santa Rita el más reciente y el Caserío Río Chiquito II, el de mayor antigüedad en esta subcuenca.

La importancia de la ubicación de estas comunidades, fue principalmente porque los suelos poseían condiciones optimas para la producción de café y cardamomo, condición que les permitía generar algún tipo de desarrollo económico.

En la actualidad, estos cultivos han sido desplazados por la producción de hule, la producción de café orgánico se está implementando por medio de una institución denominada FORESTRATE; sin embargo por ser un proceso lento, son pocas las comunidades que se están integrando para la realización de este tipo de actividades.

a.2) Matriz de actividades

**Cuadro 71. Principales actividades de las comunidades en la subcuenca Pueblo Viejo**

Genero	Actividad	Ubicación	Temporada
Femenino	Productivas: apoyo en la recolección de la cosecha de maíz, frijol y café.	El campo	Todo el año
	Comunitarias: participación en reuniones	Comunidad	Eventual
	Familiares: recolección de leña, cuidado infantil, actividades domésticas.	Comunidad	Diario
Masculino	Productivas: actividades agrícolas.	El campo	Diario
	Familiares: compra alimentos, recolección de leña, cacería.	El campo	Eventual
	Comunitarias: actividades recreativas, pasatiempos, reuniones comités.	Comunidad	Eventual
Ambos	Productivas: crianza de animales, cosecha de cultivos.	Comunidad y el campo.	Diario y por temporadas.

Para la realización de la matriz de actividades, se analizaron por separado las técnicas del reloj de 24 horas, calendario agrícola y el calendario anual; posteriormente se sintetizaron las actividades que realizan ambos sexos en las comunidades con la finalidad de establecer el rol, de los hombres y las mujeres en las comunidades.

Como puede apreciarse en el cuadro 71, el género masculino utiliza aproximadamente el 95% de su tiempo en actividades agrícolas en los trabajadores; el tiempo restante para entablar actividades comunitarias. Caso contrario ocurre en el sexo femenino, agrupación que está enfocada a las labores domésticas y comunitarias; así también participa en actividades agrícolas para los procesos de siembra, limpia de los cultivos y la cosecha de los mismos, sobre todo aquellos individuos con edades de 7 años en adelante; indistintamente si son niños o niñas.

## a.3) Matriz de contexto

**Cuadro 72. Resultados del análisis de los mapas actuales y a futuro de las comunidades en la subcuenca Pueblo Viejo.**

Factores	Fortalezas	Debilidades
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tierra para agricultura.</li> <li>• Áreas boscosas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos nutricionalmente desgastados.</li> </ul>
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de comités</li> <li>• Apoyo institucional</li> <li>• Infraestructura básica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta iniciativa comunitaria, municipal y gubernamental.</li> </ul>
Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunitarios con necesidad de empleos dispuestos a superarse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos ingresos en las actividades agrícolas.</li> <li>• El sector femenino posee poca o ninguna actividad productiva.</li> </ul>

Para el análisis de los mapas actuales y a futuro de los dos grupos estudiados, se procedió a separar los factores de mayor relevancia que cada agrupación ubicaba en los carteles.

Ante esta situación, en el campo ambiental se manifestó que aún cuentan con tierra suficiente para las prácticas agrícolas y que las fuentes de agua están siendo mantenidas debido a que aún se conserva una superficie forestal aceptable en la zona núcleo de la subcuenca. El descontento, radica en que estos terrenos son suelos nutricionalmente pobres así como que poseen poca o ninguna capa arable que permita un crecimiento y desarrollo óptimo de los cultivos que producen. Ambos géneros concuerdan que las limitaciones de la poca rentabilidad de los granos es debido a que no poseen semilla certificada, desconocen el procedimiento agronómico más adecuado para mejorar la producción, no pueden realizar técnicas de conservación de suelos, etc.

En el aspecto social, la mayoría de las comunidades están representadas por Comités Comunitarios de Desarrollo (COCODES), conjuntamente con estos comités, laboran algunas organizaciones no gubernamentales que les proveen de víveres, vestido, capacitaciones, equipo para la red de tubería de agua potable, materiales para la construcción de infraestructura, entre otras actividades.

Sin embargo, el apoyo estatal es muy poco; principalmente en el campo educativo, en el cual se asignan pocos docentes y faltan centros educativos en algunos caseríos, la razón que manifiestan es la poca accesibilidad a estas comunidades, las cuales les vedan

ese derecho a los infantes, debido a que las escuelas se ubican en comunidades muy alejadas.

El factor económico no es muy alentador debido a que en estas comunidades, la principal fuente de ingreso es la agricultura con el cultivo de cardamomo, que en los últimos años ha disminuido su rendimiento porque es producido en áreas no óptimas. Ante tal situación los pobladores o jefes de familia, se ven obligados a vender su fuerza laboral a cualquier institución o emigrar a empresas ubicadas en la costa sur para poder optar a tener un empleo que le genere un ingreso monetario mínimo con lo que mantiene a su familia.

#### a.4) Matriz de recursos

**Cuadro 73. Procesos de participación del hombre y la mujer en las comunidades**

recurso	Dominio		Beneficios	
	Acceso	Control	Acceso	Control
Bosque	Hombres	Hombres	Hombres	Hombres
Económico	Hombres	Hombres	Ambos	Ambos
Capacitación	Hombres	Hombres	Ambos	Hombres
Educación	Ambos	Ambos	Ambos	Ambos
Infraestructura	Ambos	Hombres	Ambos	Hombres

El acceso a los recursos es dominado en un 60% por el género masculino y el control de estos recursos es manejado en un 80% por este agrupación; siendo la mujer relevada a cargos con un nivel de menor responsabilidad y obviamente de menor control; características que se han mantenido por la misma cultura de los comunitarios y que interfieren en el desarrollo equitativo de ambos géneros (cuadro 73).

En relación a los beneficios, ambos grupos tienen acceso a los mismos recursos; sin embargo sigue siendo el hombre quien controla tales beneficios, debido principalmente a que es este grupo el que ha tenido mayor oportunidad de culturizarse y consecuentemente no le son tan desconocidos estos procedimientos de tipo “administrativo”.

#### a.5) Matriz de necesidades

**Cuadro 74. Problemas y necesidades de la población en la subcuenca Pueblo Viejo.**

Genero	Problemas y necesidades identificadas
Femenino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estufas ahorradoras de leña</li> <li>• Farmacia</li> <li>• Salón comunal</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitación relacionada a actividades productivas.</li> </ul>
Masculino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conclusión de vías de acceso</li> <li>• Reforestación partes altas de la subcuenca</li> <li>• Implementación de proyectos agrícolas, frutales, ornamentales.</li> </ul>

La matriz de necesidades en las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo, refleja la ansiedad que tienen los comunitarios de desarrollar a nivel agrícola, institucional, económico.

Ante tal circunstancia el género femenino expresa la necesidad de tener estufas que les permitan ahorrar leña, con esto permitirán una mejor estabilización de los nichos ecológicos y consecuentemente existirá un menor daño ambiental. También manifiestan que les preocupa la salud y la educación en sus comunidades, servicios que al ser cubiertos por las instituciones destinadas para estas actividades, les proporcionara un mejor nivel de vida a la mayor parte de la comunidad.

Por su parte al genero masculino, le interesa poseer una carretera que facilite el acceso de las instituciones encargadas del desarrollo rural, así como para llevar más rápidamente el producto cosechado a los mercados de la aldea de Telemán ó a los municipios circunvecinos.

Este grupo ha manifestado su preocupación por la reducción de la cantidad de agua para consumo, la cual la obtienen de fuentes ubicadas en sectores que han sido deforestados para la implementación de cultivos agrícolas; por lo cual solicitan se les apoye para poder reforestar estos terrenos y mantener con ello los niveles de agua potable.

Así mismos manifiestan su interés para que se les capacite en relación a la producción de frutales; manejados en sistemas silvopastoriles para reducir el desgaste edáfico que ocurre por el monocultivismo, y con esto mejorar sus ingresos económicos.

#### b) Subcuenca Zarco

##### b.1) Historia de las comunidades

El origen de los fundadores de las distintas comunidades era diverso, procedían de los municipios de San Pedro Carchá, Senahú y Panzós, así como de algunas comunidades vecinas del municipio de la Tinta.

Del total de las comunidades diagnosticadas, más del 50% son caseríos y/o parcelamientos, que se fundaron aproximadamente hace 25 años; sin embargo, existen comunidades cuya vigencia oscila entre los 45 a 60 años, principalmente en la subcuenca Pueblo Viejo. Con el paso del tiempo los mismos habitantes de esos lugares al necesitar de áreas más extensas para el cultivo o para vivir fueron poblando otros sectores, por eso mismo existen comunidades solamente de familias jóvenes.

La mayor parte de los fundadores ya fallecieron, las personas de mayor edad coinciden en que las condiciones de los recursos naturales en el pasado eran mejores y que en la actualidad tales factores están siendo damnificados por las distintas necesidades a las que se están enfrentando; principalmente la alimentación y la vivienda.

#### b.2) Matriz de actividades

**Cuadro 75. Principales actividades de las comunidades en la subcuenca Zarco.**

Genero	Actividad	Ubicación	Temporada
Femenino	Productivas: apoyo en la recolección de la cosecha de maíz, frijol y café.	El campo	Todo el año
	Comunitarias: participación en reuniones	Comunidad	Eventual
	Familiares: recolección de leña, cuidado infantil, actividades domésticas.	Comunidad	Diario
Masculino	Productivas: actividades agrícolas.	El campo	Diario
	Familiares: compra alimentos, recolección de leña, cacería.	El campo	Eventual
	Comunitarias: actividades recreativas, pasatiempos, reuniones comités.	Comunidad	Eventual
Ambos	Productivas: crianza de animales, cosecha de cultivos.	Comunidad y el campo.	Diario y por temporadas.

Para la elaboración de esta matriz, se utilizaron los datos recabados de las técnicas del reloj de 24 horas, calendario de actividades agrícolas y el calendario de actividades anuales.

Esta matriz tiene como objetivo manifestar las actividades que realizan los hombres y las mujeres por separado; ubicar su accionar en pro del bienestar de los hijos y consecuentemente del desarrollo comunitario.

Como sucede en otras comunidades, aquí se denota igualmente que la mujer comunitaria se ocupa principalmente de los oficios domésticos, apoyando en algunas

ocasiones a sus esposos en actividades agrícolas, y en las actividades sociales que participan son asistir a la iglesia y a una que otra reunión de la comunidad

### b.3) Matriz de contexto

#### **Cuadro 76. Resultados del análisis de los mapas actuales y a futuro de las comunidades**

Factores	Fortalezas	Debilidades
Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tierra para agricultura.</li> <li>• Áreas boscosas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos nutricionalmente desgastados.</li> </ul>
Social	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Organización de comités</li> <li>• Apoyo institucional</li> <li>• Infraestructura básica</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Falta iniciativa comunitaria, municipal y gubernamental.</li> </ul>
Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comunitarios con necesidad de empleos dispuestos a superarse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajos ingresos en las actividades agrícolas.</li> <li>• El sector femenino posee poca o ninguna actividad productiva.</li> </ul>

En las comunidades se cuenta con la infraestructura básica, edificios escolares y el servicio de agua entubada; sin embargo, es evidente la participación principalmente del hombre en las acciones relacionadas con el mejoramiento de la comunidad.

El apoyo de las instancias de gobierno ha sido mínimo, la proyección de la municipalidad local no es significativa, y han tenido mayor presencia y acompañamiento de otras instancias no gubernamentales.

La economía familiar en la comunidad es manejada principalmente por la participación del hombre, quien a través de la actividad agrícola o su ocupación como jornalero, inyecta el factor económico al núcleo familiar.

El problema de los precios en el mercado del café les afectó significativamente, ya que su cultivo y mantenimiento representaba fuentes de empleo, además generaba ingresos económicos que han disminuido con los cultivos limpios anuales. No existe en la actualidad otra fuente alternativa que permita sustituir el cultivo del café, aunque las familias han manifestado su deseo de contar con una actividad productiva que genere rentabilidad o al menos que signifique fuente de empleo local para beneficio de las comunidades.

Las mujeres tienen menos oportunidades de participar en el movimiento económico y social de la comunidad, reduciéndose su ocupación principalmente a los oficios domésticos tradicionales y el cuidado directo de los hijos.

#### b.4) Matriz de recursos

**Cuadro 77. Procesos de participación del hombre y la mujer en las comunidades**

Recurso	Dominio		Beneficios	
	Acceso	Control	Acceso	Control
Bosque	Hombres	Hombres	Hombres	Hombres
Económico	Hombres	Hombres	Ambos	Ambos
Capacitación	Hombres	Hombres	Ambos	Hombres
Educación	Ambos	Ambos	Ambos	Ambos
Infraestructura	Ambos	Hombres	Ambos	Hombres

El cuadro de recursos refleja el mismo resultado del cuadro de actividades, donde se confirma una vez más que es el hombre quien tiene el poder de decisión y participación dentro de la comunidad, y este caso en particular sobre los recursos de la comunidad, con lo que se evidencia la reducida participación de la mujer en la toma de decisiones para el uso de los recursos, y aunque los beneficios son para toda la familia, el control sobre el manejo de los recursos sigue siendo exclusividad de los hombres.

El hombre enfoca el control del bosque solamente para la extracción de leña y madera, no así la mujer quien de acuerdo a su visión, considera que un uso racional de los recursos naturales les permitirá a las actuales generaciones preservarlos, manejarlos y utilizarlos en el momento más oportuno sin afectar de forma irreversible los ambientes terrestres y acuáticos.

#### b.5) Matriz de necesidades

**Cuadro 78. Problemas y necesidades que expresaron hombres y mujeres.**

Genero	Problemas y necesidades identificadas
Femenino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estufas ahorradoras de leña</li> <li>• Farmacia</li> <li>• Salón comunal</li> <li>• Capacitación relacionada a actividades productivas.</li> </ul>
Masculino	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conclusión de vías de acceso</li> <li>• Reforestación partes altas de la subcuenca</li> <li>• Implementación de proyectos agrícolas, frutales, ornamentales.</li> </ul>

Tanto hombres como mujeres manifiestan la necesidad relacionada con infraestructura comunal; sin embargo, es importante resaltar que en el caso de las mujeres; han manifestado sus preocupaciones por la carencia de una actividad ocupacional que las involucre y que signifique la generación de ingresos adicionales a las familias, mencionando en este caso aspectos relacionados a mejorar la eficiencia del uso de la leña para los oficios domésticos.

El caso de la leña significa mejorar su eficiencia en el uso ya que son las mujeres quienes por lo regular se encargan de colectarla en el campo, lo que implica mayor tiempo y esfuerzo dedicado a la actividad, además la mujer siempre manifiesta su preocupación en el acceso a las medicinas para mejorar el estado de salud de la familia.

Los hombres por su parte plantean la necesidad de mejorar sus sistemas agrícolas productivos, tales como la introducción de cultivos rentables utilizando técnicas agroforestales con especies adaptadas a la zona a fin de disponer de producciones diversificadas y evitar el monocultivismo así como el consiguiente deterioro de los recursos edáfico e hídrico.

Les preocupa la degradación del recurso agua y plantean la necesidad de recuperar la cobertura boscosa en las fuentes de agua locales que aun se disponen en la comunidad.

Los hombres a pesar de la caída de los precios del café y de las condiciones de los suelos, desean mejorar la comunidad con proyectos de infraestructura, y de implementar proyectos con frutales.

### 3.2.4 EVALUACION

A) Se logró obtener información actualizada en relación de aspectos sociales, económicos, culturales, organizativos, institucionales y antropológicos de cinco comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo y cuatro comunidades de la subcuenca Zarco.

B) Se contó con la participación de 114 pobladores de la subcuenca Pueblo Viejo y 164 habitantes de la subcuenca Zarco; ésto representa según el total de la población existente en las nueve comunidades, el 7.5% y el 15% para cada subcuenca respectivamente.

C) Se determinó que el incremento poblacional en la subcuenca Pueblo Viejo es del 73.5%; esto es equivalente a un promedio de 187 personas anualmente a partir del año 2002. En la subcuenca Zarco, ésta cantidad es del 21.2%, representa un promedio de 198 personas por año; en el mismo periodo de tiempo.

D) El aspecto educativo es más alentador en la subcuenca Zarco puesto que en tres años, la cantidad de personas alfabetas aumento de 446 a 541; dando un promedio de 32 personas educadas por año. El caso de la subcuenca Pueblo Viejo solamente 28 personas por año, presentan esta condición.

E) En relación a la salud existen 2 centros de salud en cada subcuenca; el personal que atiende en la subcuenca Pueblo Viejo es el doble del que existen la subcuenca Zarco; la letrización en Pueblo Viejo está cubierta en el 100% mientras que en Zarco existen 25 viviendas sin este servicio.

F) La mayor parte de las comunidades están asentadas en propiedad privada, razón que induce a negociar con los dueños de estos terrenos por medio del Fondo de Tierras y/o la Fundación Defensores de la Naturaleza.

G) Las principales fuentes de ingresos son los cultivos agrícolas como el maíz y el cardamomo, el frijol sirve para consumo y se está realizando procesos orgánicos con el cultivo de café, con la finalidad de comercializarlo más eficientemente.

H) Los Comités Comunitarios de Desarrollo -COCODES- están estructurados por un coordinador, un subcoordinador, un secretario, un tesorero y 9 comisiones; cuya finalidad es determinar, los problemas o necesidades de los distintos grupos sociales en las comunidades; a excepción de los caseríos Monja Blanca y Concepción II, que aun no han establecido estos comités.

I) En la subcuenca Pueblo Viejo laboran 8 organizaciones cuya finalidad es apoyar a las comisiones en los aspectos de salud, educación, capacitación, gestión de tierras y proyectos de desarrollo; entre estas podemos mencionar al SIAS, CAFESANO, FORESTRADE, FIS, UOC, FDN, INAB, PRONADE.

J) En la subcuenca Zarco laboran 6 organizaciones, que conjuntamente con las comisiones del COCODE apoyan en la construcción de viviendas, distribución de víveres, educación, capacitaciones técnicas, proyectos de desarrollo, gestión de tierras; tales organizaciones son, CONAVIGUA, CARE, PRONADE, PRODEVER, FDN, ECA, INAB.

K) La información obtenida fue presentada a la coordinadora del Fondo del Agua de la Fundación Defensores de La Naturaleza, en una base de datos por subcuenca, con formatos de Excel previamente elaborados.

L) Posterior a la entrega de la base de datos, se procedió a analizar la información generada con las técnicas del diagnóstico rural participativo; y se elaboró un informe formalmente estructurado de cada una de las subcuencas; los cuales después de haber sido revisados por la coordinadora del fondo del agua fueron entregados al director de la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas.

### **3.3 Evaluación y análisis de las características del recurso hídrico en los ríos Pueblo Viejo y Zarco.**

#### **3.3.1 OBJETIVOS**

##### General

- Determinar el estado actual del recurso hídrico de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.

##### Específicos

- Realizar un análisis morfométrico de la red hídrica de cada una de las subcuencas.
- Monitorear los caudales, las características físico-químicas y la concentración de nutrientes del agua.
- Delimitar y mapear la ubicación de las fuentes hídricas.
- Determinar los principales usos del recurso hídrico.



### 3.3.2 METODOLOGIA

Para la ejecución de este servicio, se utilizó la información que ha generado el Sistema de Información Geográfica de la Fundación Defensores de La Naturaleza, hojas cartográficas de Pueblo Viejo, La Tinta, Río Hondo y El Cimiento, todas a escala 1:50,000; con la finalidad de delimitar la red hídrica de la subcuenca Pueblo Viejo. Para la delimitación de la subcuenca Zarco se utilizó un plano cartográfico que se encontraba en la sede del distrito Polochic, que delimita toda el área de influencia de la Sierra de Las Minas.

Posteriormente se llevó a cabo una minuciosa revisión bibliográfica de aspectos biofísicos de las subcuencas entre los que resalta: condiciones climáticas, tipos de suelos, topografía, fisiografía, geología etc.

Conjuntamente con la Coordinadora del Fondo del Agua; la Ingeniera Forestal Susana Alvarado, se generó una boleta para la obtención de información relacionada con los principales usos que se le da al recurso hídrico por parte de los comunitarios.

Los monitoreos se ejecutaron de acuerdo a la programación del plan de trabajo del año 2005 realizada por la Coordinación del Fondo del Agua, en los puntos de aforo de las partes bajas de cada subcuenca. Se midieron mensualmente los caudales y bimensualmente las concentraciones de nitrógeno y fósforo, así como las temperaturas superficiales, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, conductividad eléctrica y pH.

Para el desarrollo de estas actividades se utilizaron básicamente los siguientes materiales: Sonda Multiparametros Sesión 156R y Sesión 5R marca Hach, Espectrofotómetro portátil marca Hach modelo DR2400, celdas de vidrio de 10 y 20 mililitros, hielera, recipientes de plástico de 500 mililitros, agua destilada, reactivos Permachem (Salicilato de Amonio, Cianuro de Amonio, Nitra Ver 5, Nitri Ver 3, Phos Ver 3), cámara fotográfica digital, medio de transporte, cronometro, cinta métrica, pita plástica, flotadores, un sistema de posicionamiento global (GPS) y libreta de campo.

Se contó con el apoyo del Técnico de Campo, los guarda recursos de la subcuenca Pueblo Viejo y el guardarecursos de la subcuenca Zarco.

La georeferenciación de las fuentes de agua se programó conjuntamente con las fechas en las cuales se realizaron los diagnósticos rurales participativos, debido a que también se obtuvo la información de los usos que los pobladores le dan al recurso hídrico.

La ubicación de las fuentes de agua, fue una actividad que surgió debido a que las mismas no se pueden fotointerpretar y consecuentemente no se pueden ubicar en el mapa a menos que se realice una fase de campo que permita la geoposición exacta de las mismas.

### **3.3.3. RESULTADOS**

#### **A) SUBCUENCA DEL RIO PUEBLO VIEJO.**

##### a) Ubicación geográfica

La subcuenca del río Pueblo Viejo, es una subcuenca del río Polochic. Se encuentra ubicada dentro de las siguientes coordenadas Latitud N 15° 8' y 15° 20' Longitud O 89° 36' y 89° 52', entre altitudes que van de 20 a 2,750 msnm. (González E., 1999)

##### b) Ubicación Administrativa

La subcuenca del río Pueblo Viejo, se ubica dentro del municipio de Panzos, Departamento de Alta Verapaz, colinda con los siguientes lugares: en la parte Norte limita con el Río Polochic, al Sur con los municipios de Teculután y Río Hondo Zacapa, al Este con la cuenca del río Tinajas y al Oeste con la cuenca del Río Samiljá en el municipio de Santa Catalina La Tinta, Alta Verapaz.

##### c) Extensión de la subcuenca:

La subcuenca del río Pueblo Viejo tiene una extensión territorial aproximada de 149.54 kilómetros cuadrados equivalente a 14,953.59 has.

##### d) Red hídrica de la subcuenca Pueblo Viejo (figura 19)

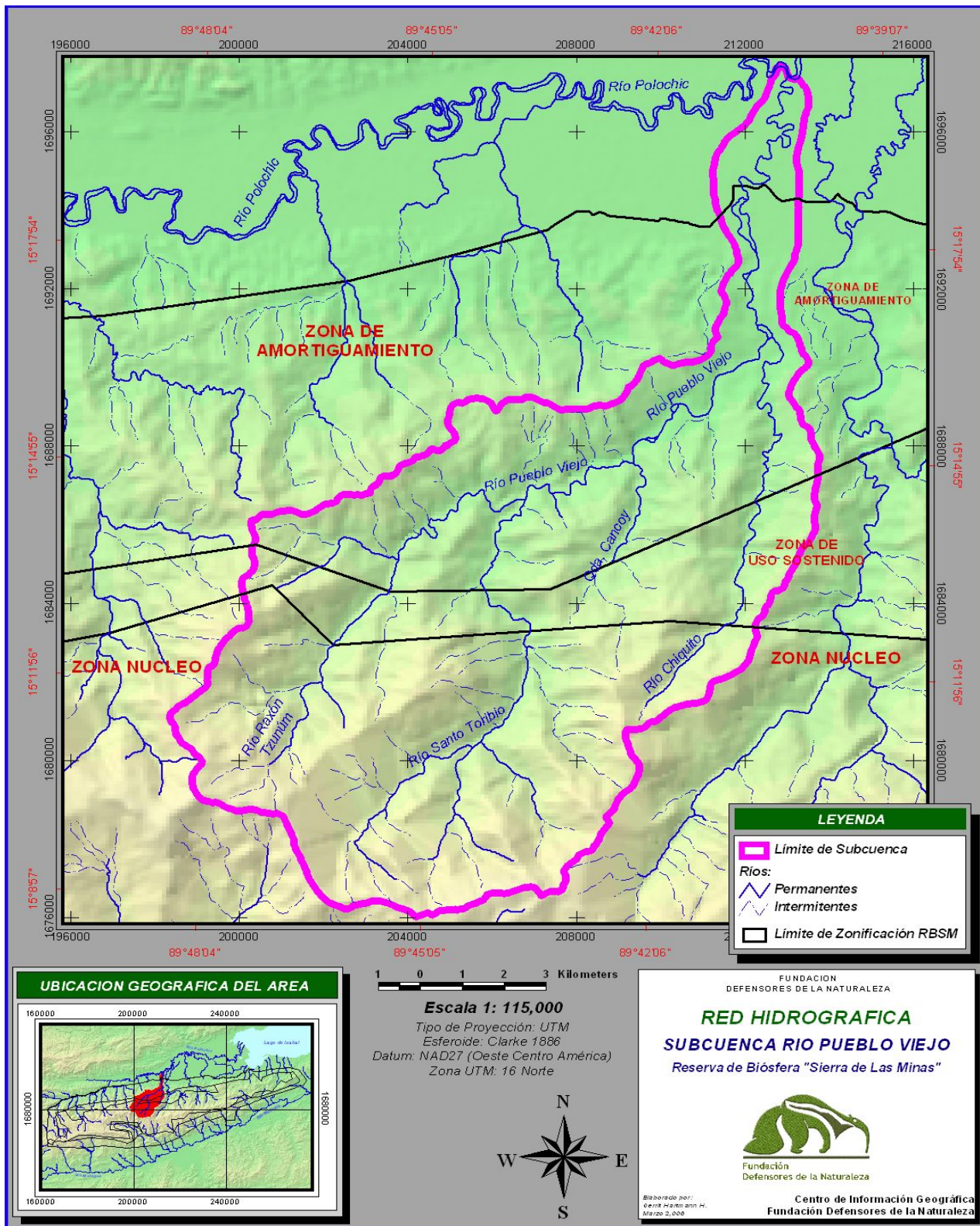


Figura 19. Mapa de la red hidrográfica de la subcuenca del río Pueblo viejo.

**Cuadro 79. Características morfométricas de la subcuenca del río Pueblo Viejo**

1. Aspectos Lineales	
a) Perímetro de la subcuenca	67.22 kms.
b) Clases de corrientes	
b.1) permanentes	4
b.2) Intermitentes	13
b.3) Efímeras	62
c) Orden de corrientes	
c.1) Orden 1	62
c.2) Orden 2	14
c.3) Orden 3	2
c.4) Orden 4	1
d) Radio de Bifurcación Medio	4.5
e) Longitud Media de Corrientes	2.31 km.
f) Radio de Longitud Medio	4.23 km.
g) Longitud Acumulada de corrientes	180 kms.
2. Aspectos de Superficie	
a) Área de la subcuenca	149.54 km <sup>2</sup>
b) Forma de la subcuenca	Alargada
b.1) Relación de forma	0.12
b.2) Relación circular	0.42
b.3) Radio de elongación	0.39
c) Densidad de drenaje	1.2 km./km <sup>2</sup>
d) Densidad de corrientes	0.52 corrientes/km <sup>2</sup>
3. Aspectos de relieve	
a) Pendiente media de la subcuenca	62%
b) Pendiente del canal o cauce principal	7.64%
c) Elevación media de la subcuenca	1,265.2 mts.
d) Coeficiente de relieve	0.0000031
e) Coeficiente de robustez	288 mt <sup>2</sup>

La subcuenca del río Pueblo Viejo forma parte de las 52 subcuencas delimitadas en la Reserva de Biosfera Sierra de Las Minas, se encuentra ubicada entre los paralelos 15° 8' y 15° 20' latitud Norte y los meridianos 89° 36' y 89° 52' de longitud Oeste, en el municipio de Panzós del departamento de Alta Verapaz al sector noreste de la república de Guatemala; constituyéndose como una subcuenca del río Polochic el cual drena sus aguas en el Golfo de Honduras.

La red hídrica de la subcuenca Pueblo Viejo está formada principalmente por los ríos Raxon Tzunun, Santo Toribio, Río Chiquito, los cuales a su vez están siendo drenados por varias corrientes intermitentes y efímeras de las cuales sobresalen la

quebrada Cancoy, Quebrada Semuy, Caquipec; de estas tres microcuencas la que recibe mayor presión por el crecimiento demográfico es el río Raxon Tzunun el cual abastece aproximadamente al 66% de las comunidades asentadas en la subcuenca.

El perímetro de la subcuenca es de 67.22 kilómetros; la red hídrica está conformada en su mayor parte por corrientes efímeras las cuales representan el 78,5% del total de cauces, seguido de un 16.5% de corrientes intermitentes y un 5.06% de cauces permanentes.

El cauce principal inicia en el Cerro Raxon el cual se ubica a una altura de 2,500 msnm precisamente en la zona núcleo de la cuenca; dicho cauce finaliza en la Finca La Esperanza donde converge con el cauce del río Polochic, el punto de aforo está ubicado en el sector que cruza la carretera principal a una altura de 20 msnm en el lugar conocido como El Vado.

La subcuenca Pueblo Viejo es del tipo exorreica debido a que es un tributario de otro cauce mayor, el cauce principal es de orden 4, este valor nos da una idea de que la subcuenca es relativamente pequeña con un total de 79 corrientes y una longitud total acumulada de 180 kilómetros<sup>1</sup> la longitud media de las corrientes esta comprendida entre los 1.08 kilómetros en corrientes de orden uno; 2.35 kilómetros en corrientes de orden dos; 23.2 kilómetros en corrientes de orden tres y 35.83 kilómetros en el cauce principal.

Se localizan tres tipos de drenaje en la misma, ubicando drenajes rectos en la zona núcleo y la zona de uso sostenido, los drenajes trenzados o meandricos se ubican en la zona de amortiguamiento y es allí donde se divisan las trenzas, los meandros son más visibles en el sector que esta fuera de la Reserva de Biosfera.

Esta subcuenca presenta un valor de bifurcación medio de 4.5 el cual es mayor que el valor promedio, lo que indica que la cantidad de corrientes efímeras; que se localizan sobre todo en la zona núcleo, permiten que la respuesta a una precipitación pluvial sea en ese sector bastante eficiente lo cual es confirmado por la densidad de drenaje que indica que se pueden localizar drenes naturales de aproximadamente 1.2 kilómetros de longitud por cada kilómetro cuadrado de la subcuenca; sin embargo, este tipo de respuesta no es homogénea durante todo el trayecto, porque también presenta una frecuencia de corrientes de 0.52 corrientes por kilómetro cuadrado, lo que hace suponer que la respuesta hidrológica a la escorrentía superficial es de media a baja y

consecuentemente existe un periodo de infiltración de agua por el suelo bastante aceptable antes de que el mismo se sature y permita el escurrimiento.

Los suelos que presenta esta subcuenca son relativamente resistentes a la erosión y permeables, de texturas franco arcillosas, lo que permite que los mismos presenten niveles altos de humedad y aporten suficiente cantidad de agua al nivel freático sobre todo aquellos suelos que se localizan en la zona núcleo; sin embargo, es de hacer notar que la respuesta hidrológica en la zona de amortiguamiento y uso sostenido es relativamente rápida debido a que la cobertura vegetal predominante son cultivos anuales y/o perennes, han permitido que las intensas lluvias presentadas en los meses de agosto y septiembre dispersen con el impacto las partículas de suelo, las cuales son arrastradas por la escorrentía minimizando de esta manera la capacidad de infiltración del recurso edáfico.

La subcuenca Pueblo Viejo, tiene un área aproximada de 149.54 kilómetros cuadrados, es de forma alargada y es considerada como una subcuenca madura o de transición, debido a que presenta tanto cauces juveniles como viejos y están representados por los drenajes rectos y meandricos respectivamente.

La pendiente media de la subcuenca es del 62% y del cauce principal es de 7.64%, lo que permite deducir que la respuesta a la velocidad de la escorrentía superficial es media, siendo el río Raxon Tzunun el cauce con mayor velocidad seguido por Río Chiquito.

El relieve de la subcuenca es muy pronunciado, teniendo una elevación media de 1265.2 metros, confirmando así el porqué la velocidad promedio de los cauces en la época seca es de 80 cm./seg., y en la época lluviosa de 96 cm./seg.

Sin embargo por la cantidad de agua que recolecta el cauce principal y el cambio de pendiente que experimenta en su trayectoria, el incremento de velocidad de la época seca a la lluviosa fue de solamente 10 cm./seg.; valor que supera solo a la Quebrada Cancoy y deja de manifiesto la pobre respuesta de la auto depuración que presenta en ese sector dicho cauce; consecuentemente es necesario mencionar que el cauce principal recibe un beneficioso aporte de agua subterránea durante la época seca.

e) Cantidad

**Cuadro 80. Aforos realizados en la parte baja del río Pueblo Viejo**

Fecha	Hora	Caudal m <sup>3</sup> /seg.	LPS
2/2/2005	9:15	2.80	2,800
1/3/2005	10:45	10.40	10,400
28/4/2005	10:30	2.20	2,200
30/5/2005	9:30	4.40	4,400
30/6/2005	8:45	6.20	6,200
12/7/2005	9:50	6.20	6,200
15/8/2005	10:40	14.70	14,700
13/9/2005	11:30	7.10	7,100
14/10/2005	10:25	12.20	12,200
17/11/2005	10:00	28.00	28,000

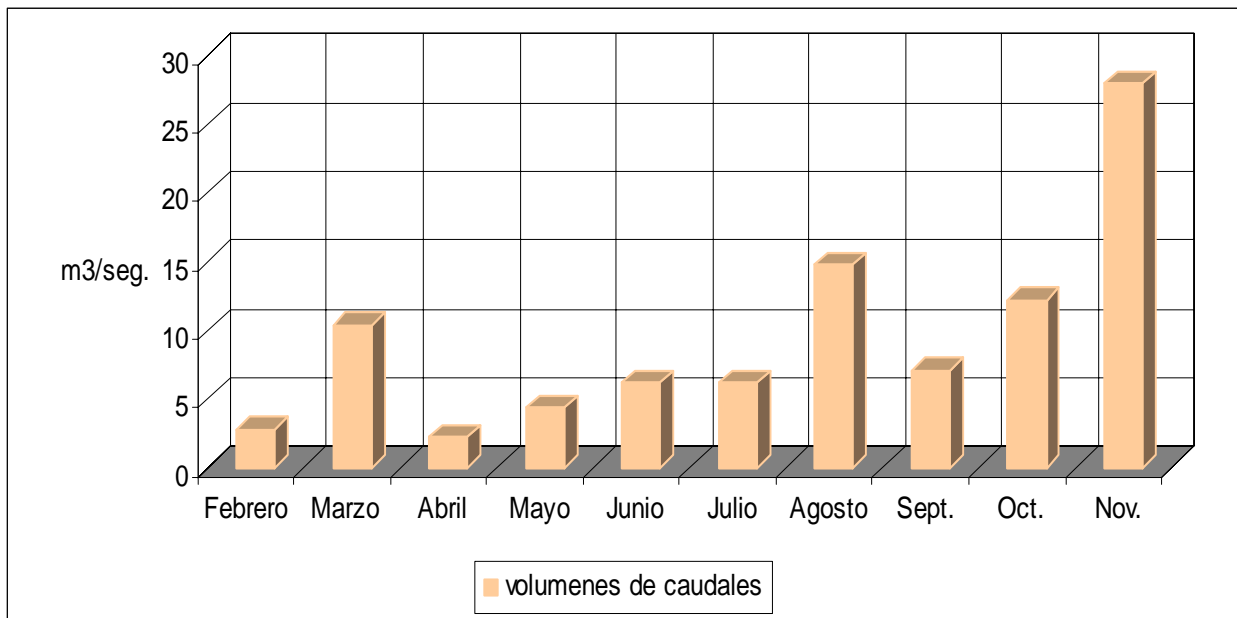


Figura 20. Esquematización de los caudales del río Pueblo Viejo durante el año 2005.

- El promedio del caudal en la época seca es de 4,950 litros
- Hay un incremento del 271% en el caudal del mes de febrero a marzo.
- El promedio en el caudal de la época lluviosa es de 12,400 litros.
- El incremento del caudal en el mes de octubre a noviembre fue del (130%.
- El incremento en el caudal de la época seca a la lluviosa fue del 150%.

## f) Calidad

## f.1) Aspectos Físicos y Químicos

**Cuadro 81. Monitoreos de aspectos físicos y químicos del agua del río Pueblo Viejo.**

Parámetros	* LMA **LMP					
Fecha		2/2/05	30/5/05	12/7/05	13/9/05	18/11/05
Hora		9:15	13:00	8:30	12:00	10:00
Oxígeno disuelto	** 5 mg/lt.	7.08	8.3	1.11	1.69	16.11
Temperatura	* 15-25° C	26.7	27.9	24.1	26.9	24.1
Conductividad eléctrica	* 100-750 uS/cm.	39.7	35.1	26.4	34.9	9.79
Sólidos disueltos totales –TDS-	** 500 mg/lt.	18.5	16.3	12.1	16.2	4.2

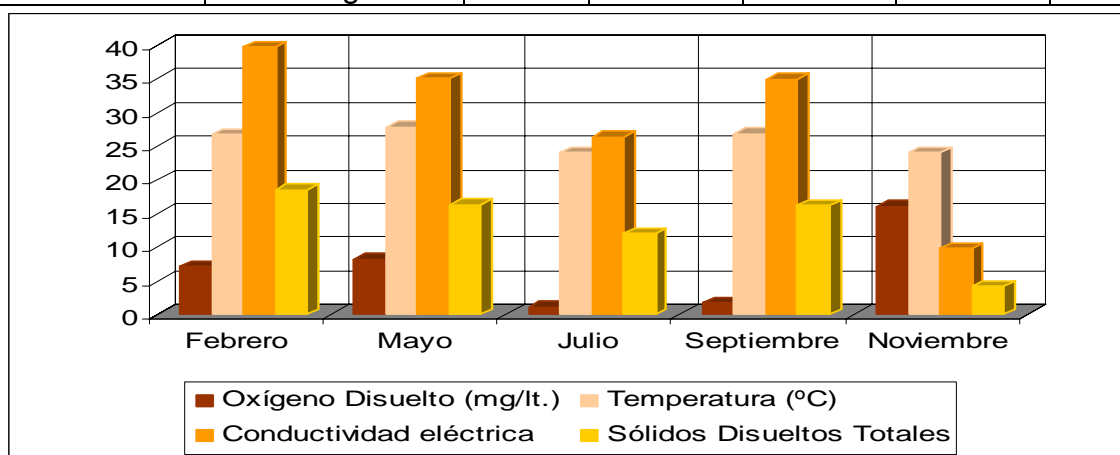


Figura 21. Esquematización de las características físicas del agua del río Pueblo Viejo.

## i) Oxígeno Disuelto

En los dos muestreos realizados en la época seca, las concentraciones de oxígeno disuelto se mantuvieron por encima de lo recomendado para la vida acuática; sin embargo, dichas concentraciones disminuyeron cerca de un 648% para los meses de julio y septiembre, los cuales corresponden a los primeros meses de lluvia (figura 21)

Es probable que tales disminuciones sean producto en el incremento de las poblaciones de organismos consumidores de oxígeno, como las bacterias; las cuales inician su reproducción por el incremento de desechos orgánicos de las aguas servidas, que son arrastradas con la escorrentía superficial proveniente de las precipitaciones pluviales; o en su defecto por un crecimiento acelerado de plantas acuáticas y/o algas; cuya crecimiento es inducido por las concentraciones de nitrógeno y/o fósforo que pueden ser el aporte de la escorrentía subsuperficial o subterránea.



Es bastante contrastante observar la concentración de este parámetro para el mes de noviembre, en el cual el aumento fue del 853%, triplicando el límite máximo permisible; lo cual significa una autodepuración muy eficiente en el recurso hídrico de la subcuenca.

#### ii) Temperatura

La temperatura es otro parámetro que manifiesta el grado de contaminación en un cuerpo de agua; en este caso el 60% de las veces que se monitoreo, se determino que estaba por encima del rango recomendado y consecuentemente significa la existencia de una contaminación térmica.

Los monitoreos realizados en la época seca demuestran que el promedio de temperatura del agua fue de 27° C y para la época lluviosa de 25° C; es probable que en ambas, las causas sean las mismas que originaron la disminución del oxígeno disuelto en los meses de julio y septiembre; porque en el monitoreo de noviembre al aumentar la oxigenación el agua disminuyó 2.8° C.

El agua más caliente disminuye la solubilidad del oxígeno en el agua y también hace que los organismos que viven allí respiren más rápidamente. Muchos organismos de esta agua entonces morirán por la escasez de oxígeno, o llegan a ser más susceptibles a las enfermedades.

Es importante considerar la existencia de bacterias mesofílicas en cualquiera de las microcuencas, porque definitivamente alguna de estas; está ingresando altas concentraciones de compuestos orgánicos o inorgánicos al cauce principal que favorecen la reproducción de las mismas en el medio acuático.

#### iii) Conductividad Eléctrica

Este parámetro físico demuestra que efectivamente existe una fuente de contaminación de tipo inorgánico en los cauces de la subcuenca.

Es de hacer notar que las concentraciones de iones en el agua aun no representan una grave amenaza para la fauna acuática, puesto que aun no se ubican dentro del rango del límite máximo aceptable.

Es necesario verificar si las concentraciones de los aniones de nitrato y fosfato son el origen de tales concentraciones de iones que aumentan principalmente en la época seca y disminuyen con el aumento de los caudales, tal y como ocurrió en el mes de

noviembre y permitió la disminución de la concentración de este parámetro hasta en un 256%.

#### iv) Sólidos Disueltos Totales

Este parámetro indica la cantidad de materia en solución y materia sólida cargada por el río. Está relacionado con la conductividad eléctrica debido a que al igual que ésta, está constituido por los iones solubles en agua.

Según los resultados de los monitoreos tales concentraciones aun no son significativas y al igual que la conductividad eléctrica, su concentración aumenta en la época seca pero disminuye en un 286% al incrementarse los caudales; lo que significa que la autodepuración del río es más eficiente con caudales arriba de 20 metros cúbicos por segundo.

#### v) pH

#### **Cuadro 82. Resultados del peso de hidrogeno del agua en el río Pueblo Viejo**

Fecha	pH (LMA: 5.5-7.5)
2/2/05	7.40
17/5/05	6.10
12/7/05	6.94
15/9/05	6.05
18/11/05	7.50

El pH es una medida de la concentración de iones de hidrogeno en el agua. Los rangos adecuados para la vida acuática en agua dulce según la Agencia de Protección del Ambiente (EPA) son de 6.5 a 8.5; sin embargo, para referencia nacional la Comisión Nacional de Normas COGUANOR ha establecido un Límite Máximo Aceptable de 5.5 a 7.5.

Las condiciones que presenta el recurso hídrico en la subcuenca Pueblo Viejo son relativamente aceptables debido a que encajan en los rangos establecidos por la EPA y la COGUANOR; sin embargo, la tendencia del agua es de alcalinizarse lo cual provocará en el futuro problemas serios en relación a las poblaciones microbianas que existan si las condiciones de oxígeno disuelto se mantienen debajo de los límites permisibles; pudiendo incluso convertir los cuerpos de agua en eutróficos debido a las concentraciones de sedimentos orgánicos e inorgánicos que continuamente son aportados a los cauces.

## f.2) Nutrientes

**Cuadro 83. Concentraciones de nutrientes del agua del río Pueblo Viejo.**

Parámetros	* LMA **LMP					
	Fecha	2/2/05	30/5/05	12/7/05	13/9/05	18/11/05
	Hora	9:15	13:00	8:30	12:00	10:00
Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup>	0.02 mg/lt.	0.15	0.22	0.19	0.87	0.19
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) <sup>-1</sup>	0.01 mg/lt.	0.019	0.006	0.023	0.014	0.027
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup>	10 mg/lt.	0.70	2.9	1.8	3.4	0.9
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	0.05 mg/lt.	0	0.02	0	-0.02	0.04

## i) Fosfatos

El fósforo se puede analizar en la forma de fosfato; en la mayoría de ocasiones este nutriente es un factor limitante en la proliferación de algas. En el cauce principal del río Pueblo Viejo, tales concentraciones no han sido la excepción; la evaluación de los análisis permite determinar un incremento del 270% en promedio para la época seca y para la época lluviosa del 733% según los límites máximos permisibles.

Según los resultados las concentraciones se mantuvieron más o menos estables en la época de estiaje incluso en los primeros meses de la época lluviosa; sin embargo, las concentraciones de septiembre superaron en 1,640% las anteriores; estas concentraciones probablemente sean el producto de la descomposición de la materia orgánica, residuos de descargas fecales del ganado bovino, la utilización de fertilizantes agrícolas orgánicos e inorgánicos que se introdujeron a los cauces vía escorrentía subterránea o subsuperficial, traslado de las aguas servidas por la escorrentía superficial etc.

Es necesario mencionar que a pesar de que para el mes de noviembre se estimó un caudal considerable, las concentraciones de fosfatos disminuyeron el 358% pero aún se mantuvieron por encima del nivel recomendado en un 280% lo cual significa que el cauce principal presenta un nivel trófico bastante avanzado denominado eutrófico debido a que las concentraciones superan los 0.02 mg/lt recomendados por la Agencia de Protección del Ambiente, para los afluentes superficiales.

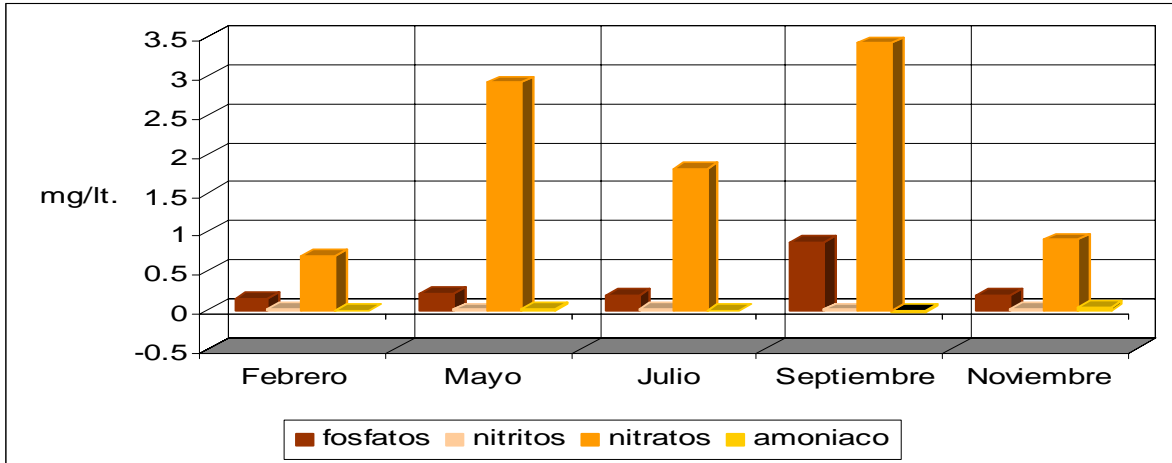


Figura 22. Concentraciones de nutrientes presentes en el agua del río Pueblo Viejo.

## ii) Nitritos

Representa una de las formas en las que se analiza las concentraciones de nitrógeno en el agua. La concentración del mes de febrero aumentó en un 90% de los índices recomendados; durante la época lluviosa, tales concentraciones estaban promediando un aumento del 113%, presentando su máximo nivel en el mes de noviembre, monitoreo en el cual se registro casi el triple del nivel recomendado.

Debido a que la aparición de los nitritos dependen principalmente de una vía oxidativa producida por bacterias del genero Nitrosomonas, que convierten el amonio en nitrito consumiendo el oxígeno disuelto en el agua; podemos deducir, según el ciclo de nitrógeno, que tales actividades se realizaron en los meses de julio y septiembre porque precisamente para esas temporadas las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyeron en un 647%.

En base a las concentraciones estimadas, podemos clasificar al río Pueblo Viejo, según este parámetro en oligotrófico; que significa que la cantidad de sustancias nutritivas son escasas y consecuentemente existe una baja producción de fitoplancton.

## iii) Nitratos

El nitrato es la forma más común de nitrógeno encontrada en las fuentes de agua. Es incorporado al agua por la descomposición natural de la materia nitrogenada de las aguas de desecho así como por la utilización de fertilizantes agrícolas.

Aunque los nitratos son la forma en la cual puede asimilarlos las personas y las plantas, altas concentraciones pueden provocar daños fisiológicos en ambos organismos;

para el caso del río Pueblo Viejo, este recurso está siendo afectado por altas concentraciones de este nutriente y aunque aun no son significativas puesto que se ubican por debajo de los límites máximos permisibles, es indispensable determinar cuál es la fuente de contaminación.

A finales del mes de mayo y en la segunda semana del mes de septiembre, se determinaron las concentraciones más altas; es muy probable en el primer caso que se deba a que por ser el inicio de la temporada de lluvias este nutriente fuese transportado por la escorrentía superficial, dado que en el mes de febrero la concentración fue del 314% menos que en mayo; lo cual significa que el aporte de este nutriente durante la época de estiaje por medio de las aguas subterráneas y subsuperficiales realmente fue muy bajo.

Las concentraciones del mes de septiembre, tienen un patrón similar de los dos monitoreos anteriores; quiere decir que cuando los caudales aumentan cerca del 50% en su volumen las concentraciones de nitratos aumentan; pero, cuando los caudales se incrementan aproximadamente un 295% existen una mejor autodepuración del cauce y una disminución del 278% en la concentración de nitratos.

#### iv) Amoníaco

Es el resultado de los desechos metabólicos tanto de las algas como los organismos en el medio en forma de excretas, así como de la descomposición de la materia orgánica. Es utilizado como el indicador reciente de un cuerpo de agua o de la cercanía de una fuente de contaminación.

El ciclo del nitrógeno en la etapa de nitrificación contempla al amoníaco en el primer nivel de este proceso; el cual es transformado en la nitrosación a nitritos. Las bajas concentraciones de esta sustancia en el río Pueblo Viejo indican la existencia de una reciente fuente de contaminación ó que por las concentraciones de nitritos que se determinaron, las concentraciones de amoníaco lógicamente disminuyeron.

En los meses de julio y septiembre las concentraciones de oxígeno disuelto disminuyeron; esto quiere decir que existió actividad aeróbica por medio de las bacterias *Nitrosomonas* convirtiendo el amoníaco en nitrito; esta observación tiene más sentido al darnos cuenta que cuando los niveles de pH del agua están cercanos a la neutralidad o son más básicos, la actividad microbiana tiende a incrementarse, lo cual puede

constatarse si observamos que en los meses de febrero, julio y noviembre el pH del agua estaba cercano a la neutralidad o arriba de ella y las concentraciones de nitritos aumentaron y las de amoníaco disminuyeron (figura 21).

g) Fuentes de agua

**Cuadro 84. Ubicación geográfica de las fuentes de agua de la subcuenca Pueblo Viejo**

Comunidad	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas		Altitud (msnm)
	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud	
Samaritana	0202696	1684015	89° 46' 02"	15° 13' 01"	875
Santa Rita	0204484	1687758	89° 45' 04"	15° 15' 04"	849
Monja Blanca	0202199	1687049	89° 46' 20"	15° 14' 40"	1,109
Río Chiquito II	0210509	1684568	89° 41' 41"	15° 13' 22"	1,104
Paraíso Privado	0200781	1685691	89° 47' 07"	15° 13' 55"	1,290

En Samaritana tienen dos fuentes de agua, las cuales están en proceso de legalización, pero están dentro de propiedad de la comunidad. La fuente es un río de caudal permanente, pero no se proporcionó nombre para la fuente. En Monja Blanca la fuente es la quebrada Barro Blanco, mientras que en Paraíso Privado es la quebrada Los Ángeles y en Río Chiquito II es Peña Blanca.

g.1) Tanques de Distribución

**Cuadro 85. Ubicación Geográfica de los tanques de distribución de las comunidades en la subcuenca Pueblo Viejo**

Comunidad	Coordenadas UTM		Altitud (msnm)
	Longitud	Latitud	
Samaritana	nd	nd	nd
Santa Rita	0204553	1687725	805
Monja Blanca	0202199	1687049	1,109
Río Chiquito II	0210651	1685151	1,051
Paraíso Privado	0200781	1685691	1,290

En la comunidad de Samaritana no tienen un tanque de captación, utilizan poliducto para trasladar el recurso desde la fuente; esta actividad no es del todo eficiente puesto que se desperdicia mucha agua y la distribución se hace solamente para las personas que pueden conectar sus poliductos a la red principal.

En la comunidad Monja Blanca el tanque que utilizan tiene la función de captar y distribuir el agua, también utilizan poliducto. En Santa Rita y Río Chiquito II no se ha construido un tanque de captación por lo pendiente que se encuentra el terreno, drenan el agua con tubería PVC al tanque de distribución.

La forma en la que captan el vital líquido es utilizando tubería de PVC de 4 pulgadas de diámetro; desde los tanques de captación hasta los de distribución, lógicamente este procedimiento solamente ocurre en aquellas comunidades que poseen tanque de captación.

Por lo regular se desperdicia aproximadamente del 20 al 30% de los volúmenes que aportan las fuentes de agua, tanto desde el punto de captación hasta la ubicación del tanque de distribución; principalmente porque no existe un eficiente diseño para la ubicación de la tubería la cual en algunos sectores está a flor de tierra lo que provoca que pueda tener fisuras, quebrarse o separarse de las uniones lo que incide en las fugas de agua.

g.2) Aforo de las fuentes de agua

**Cuadro 86. Relación disponibilidad-demanda de agua en las comunidades**

Comunidad	Población	Dotación per-capita litros	Demanda/día Litros	Caudal fuentes LPS	Capacidad tanques distribución litros	Tiempo eficiente de servicio Horas
Samaritana	96	98	9,408	4.0	-	-
Santa Rita	285	98	27,930	0.5	1,700	16
Monja Blanca	61	98	5,978	0.5	560	3.5
Paraíso Privado	480	98	23,226	0.94	980	14
Río Chiquito II	237	98	47,040	4.5	10,260	1.5

En ninguna de las comunidades monitoreadas existe déficit de agua; ni siquiera en la comunidad Samaritana que aún no posee un tanque de distribución ni captación del recurso (cuadro 86).

Sin embargo es necesario mencionar que las demandas diarias no se cumplen debido a que las capacidades de los tanques de distribución no son lo suficientemente aptas para aceptar tales demandas y por consiguiente la distribución tiende a ser ineficiente principalmente en las comunidades de Santa Rita y Paraíso Privado, donde se necesita demasiado tiempo para poder cubrir tales demandas de agua.

También hay que considerar que la demanda estimada puede tener cierto grado de variación en relación a la temporada climática, la cantidad de agua que no es captada en las fuentes, por algún tipo de fuga que pueda existir en el sistema de tuberías, por la ubicación del tanque de distribución en relación a las viviendas de la comunidad etc., lo que puede provocar que principalmente durante la época seca el suministro del líquido sea de unas pocas horas al día.



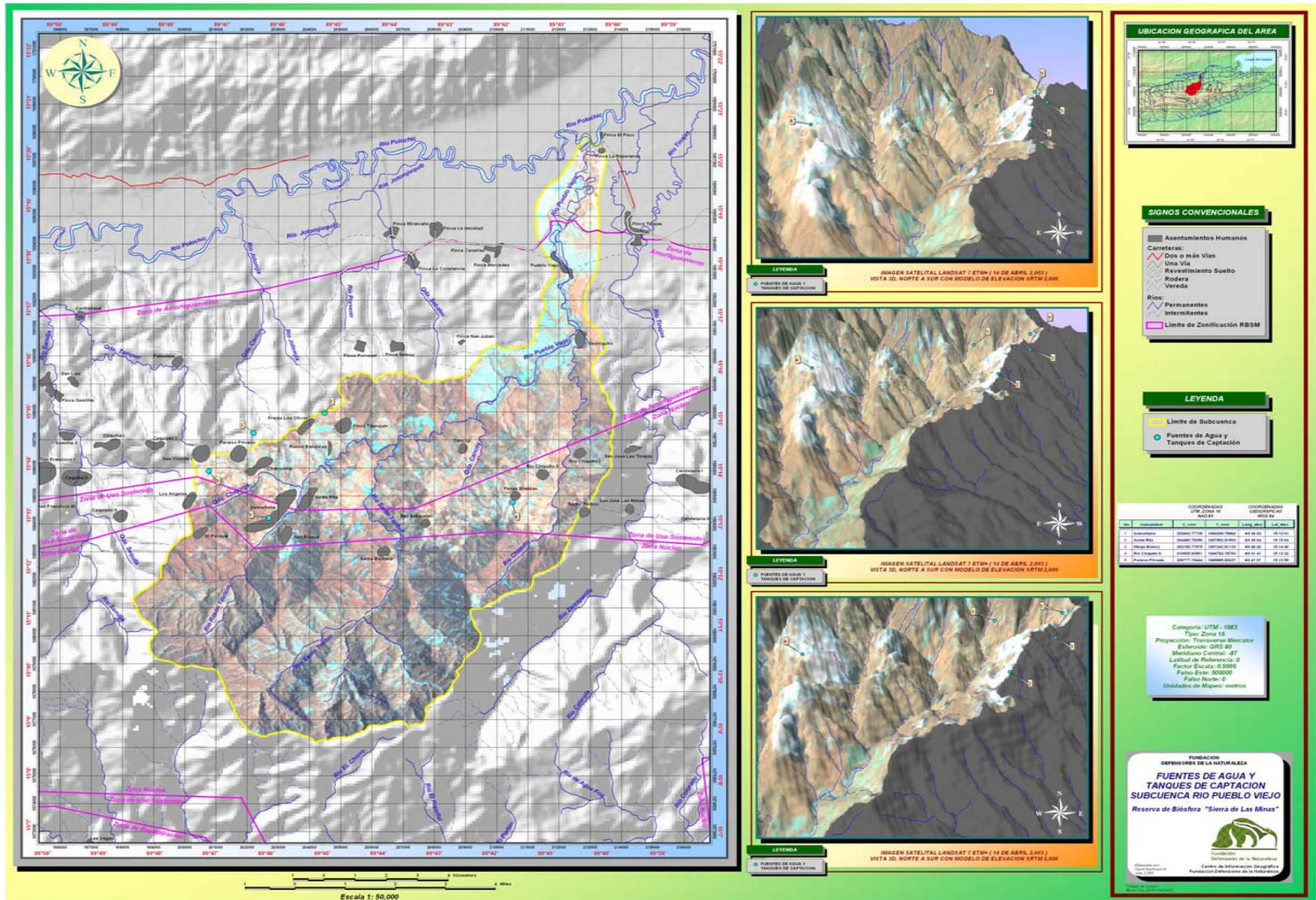


Figura 23. Mapa de ubicación de las fuentes de agua en la subcuenca Pueblo Viejo.

## h) Principales usos del agua

## h.1) Agua domiciliar

**Cuadro 87. Características de los sistemas de agua potable en las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo.**

Comunidad	Familias conectadas	Tipo de sistema	Tiempo de funcionamiento (años)	Eficiencia del servicio (horas)		Técnicas de purificación
				Verano	Invierno	
Samaritana	22	Gravedad	9	24	24	Hervida
Santa Rita	43	Gravedad	2	3-6	24	Clorada
Monja Blanca	6	Gravedad	4	12-18	12-118	Hervida
Paraíso Privado	36	Gravedad	14	18-24	18-24	Hervida
Río Chiquito II	42	Gravedad	12	Ineficiente	3-6	Clorada

El comité de agua potable, forma parte del Comité Comunitario de Desarrollo, la elección de los mismos se realiza conjuntamente con el COCODE, es decir que se elige a un grupo de personas de la comunidad las cuales conforman una agrupación que tiene el deseo de apoyar a la comunidad, se inscriben ante la municipalidad del municipio para tener el aval de la misma para poder trabajar en pro del bienestar de los comunitarios, gestionando algunos proyectos de desarrollo que necesitan en la comunidad o para ejecutar los mini proyectos que ellos mismos puedan llevar a cabo.

Este comité funciona el mismo tiempo que tiene establecido el COCODE, sin embargo, si el trabajo que desempeñan es bien visto y aceptado por la comunidad tienen la posibilidad de ser reelectos.

Dentro de las actividades principales de este comité, está el mantenimiento del sistema; revisando mensualmente la limpieza de los tanques de captación y distribución, la aplicación de cloro al líquido, el mantenimiento de desinfectantes en bodega, el cobro de la cuota mensual familiar por el servicio, reparación de tuberías dañadas sobre todo en la época lluviosa entre otras.

Para el caso de la comunidad Paraíso Privado, ellos aun no cuentan con un sistema de agua potable propio, el vital líquido lo obtienen del tanque de captación que fue construido para la comunidad San Vicente 1, la cual colinda con dicha comunidad; pero forma parte del municipio de Santa Catalina La Tinta.

Con el crecimiento poblacional y lo distanciado que se ubica dicha fuente de agua, el recurso no llega o si lo hace lleva poca presión por lo que la duración del servicio tiende a ser muy inestable sobre todo en la época seca, durante la cual la población manifiesta que no tienen agua durante muchas horas.

Todas las comunidades tienen servicio de agua potable. En las comunidades que no se le da tratamiento al agua antes de su distribución, se tiene el cuidado de hervirla antes de su consumo. Ninguna comunidad tiene drenajes, por lo que el agua residual se encuentra a flor de tierra y se va a riachuelos cercanos, o se dirige a campos de infiltración, utilizando para tal actividad los drenes naturales o zanjas creadas por habitantes de las comunidades.

Solamente en dos de las comunidades se cobra por el servicio de agua potable, 2 quetzales al mes, en Santa Rita y Río Chiquito. Coincidentemente estas dos comunidades son las que más sufren por la escasez de agua, dicha escasez ocurre porque en la comunidad Santa Rita no existe un tanque de captación del líquido, la forma de captar el líquido es por medio de una tubería de aproximadamente 4 pulgadas de diámetro la cual la conduce a un pequeño tanque de distribución ubicado aproximadamente a 150 o 200 metros de la fuente de agua, pero como no se logra captar la mayor cantidad del recurso, mucha de esta se desperdicia por el tipo de relieve escarpado que presenta el área donde se ubica la fuente y consecuentemente no se puede construir el tanque de captación que necesitan para surtir una mayor cantidad de agua a los comunitarios.

El caso de la comunidad Río Chiquito II, es similar; aquí por la ubicación del tanque de distribución el cual se encuentra en un punto más alto que la fuente de agua a una distancia aproximada de 500 metros, causa que el líquido no lleve la suficiente presión para poder distribuir un mayor caudal y mejorar el servicio.

Todos los sistemas de distribución funcionan por gravedad. El mantenimiento más común que se le da es el cambio de tubos dañados, y son las comunidades las que se encargan de darle este mantenimiento.

El sistema de agua potable de Paraíso Privado se construyó al inicio para cubrir la comunidad de San Vicente 1, la cual pertenece al municipio de la Tinta A.V., a la que anteriormente pertenecía esta comunidad, después de la división aún se le siguió prestando el servicio a Paraíso Privado.

Santa Rita también menciona que hay escasez de agua, indicando que sólo se cumple el horario de servicio la mitad del tiempo, a pesar que existen otras dos fuentes de agua alrededor de la comunidad.

Por parte de COOPI MOVIMUNDO, se ha capacitado a los comités de agua potable en relación con el manejo, limpieza y reparación de tuberías; así como el uso eficiente e higiénico del recurso. En Paraíso Privado también se han dado capacitaciones sobre el tema, estando a cargo de CARE y UNEPAR.

El tipo de mantenimiento que se le dan a los sistemas involucra principalmente: compra de poliducto para conectar a las familias sin agua o cambiarlo cuando está dañado y hay demasiados sedimentos en el agua, especialmente cuando ha habido derrumbes se hacen más comunes las fisuras en la tubería.

En general la comunidad en sí es la que se ocupa de darle este mantenimiento, únicamente Santa Rita y Paraíso Privado tienen comité de agua potable. En tres de las comunidades hay fontaneros: Santa Rita, Paraíso Privado y Río Chiquito, habiendo dos en este último.

#### i) Calidad de agua

En ninguna de las comunidades se han presentado enfermedades a causa de la calidad de agua, esto se puede deber a las precauciones que toman de hervir el agua que consumen

En cuanto a pruebas de calidad se han realizado sólo en Santa Rita y Paraíso Privado. En el primer caso estuvo a cargo de COOPI MOVIMUNDO, y fue hace 3 años. Mientras que en la segunda fue hace 4 años y fue realizada por el INFOM.

#### ii) Saneamiento

Únicamente en Santa Rita y Río Chiquito II aplican desinfectante al agua. Usan cloro y lo aplican mensualmente. En las otras comunidades, cada familia toma la precaución de hervir el agua en sus casas que van a consumir.

En cuanto a tratamiento de las aguas servidas, no se da ninguno. No existen drenajes, por lo que las aguas residuales están a flor de tierra. Drenan ya sea hacia riachuelos en los alrededores de la comunidad, o un campo de infiltración (Monja Blanca y Santa Rita).

### iii) Conflictos por el uso del agua

En el grupo de comunidades en las que se trabajó, aun no se han presentado conflictos, aunque es de resaltar que las comunidades de Monja Blanca y Río chiquito II, obtienen su agua de fuentes que no están ubicadas dentro de los linderos de las comunidades; sin embargo tienen un convenio con las comunidades para poder obtener el liquido en dichas fuentes.

En relación a la contaminación del agua, actualmente se está realizando una caracterización de la calidad del recurso hídrico para las micro cuencas existentes en la subcuenca del río Pueblo Viejo; dicho estudio nos dará parámetros del tipo de contaminantes existentes en el recurso y cuáles son los sectores más afectados.

## **B) SUBCUENCA DEL RÍO ZARCO**

### a) Ubicación geográfica

La subcuenca del río Zarco, es una subcuenca del río Polochic. Se encuentra ubicada dentro de las siguientes coordenadas Latitud N 15° 10' y 15° 20' Longitud O 89° 25' y 89° 35' , entre altitudes que van de 10 a 2,300 msnm.

### b) Ubicación Administrativa

La subcuenca del río Zarco, se ubica dentro del municipio de Panzos, Departamento de Alta Verapaz, colinda con los siguientes lugares: en la parte Norte limita con el Río Polochic, al Sur con los municipios de Río Hondo y Gualan en el departamento de Zacapa, al Este con el municipio de El Estor en el departamento de Izabal y al Oeste con la subcuenca del Río Tinajas en el municipio de Panzos, Alta Verapaz.

### c) Extensión de la subcuenca:

La subcuenca del río Zarco tiene una extensión territorial aproximada de 211.52 kilómetros cuadrados equivalente a 21,152 has.

### d) Distribución de la red hídrica de la subcuenca Zarco (figura 24).



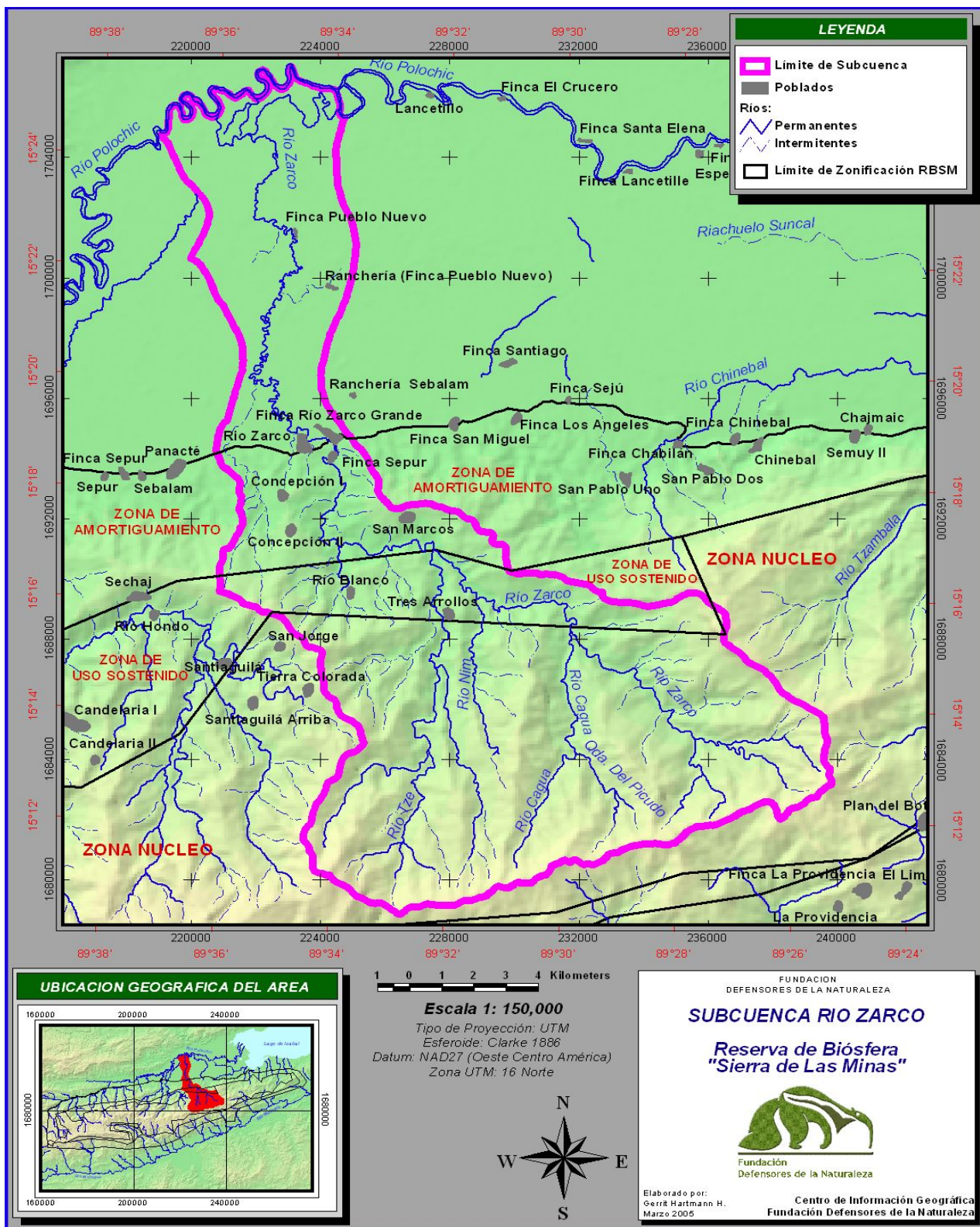


Figura 24. Mapa de la red hidrográfica de la subcuenca del río Zarco.

**Cuadro 88. Características Morfométricas de la subcuenca del río Zarco.**

1. Aspectos Lineales	
1.1) Perímetro de la subcuenca	95.74 kms.
1.2) Longitud del cauce principal	63.42 kms.
1.3) Longitud total de cauces	242.67 kms.
1.4) Clases de corrientes	
a) permanentes	6
b) Intermitentes	14
c) Efímeras	51
1.5) Orden de corrientes	
a) Orden 1	51
b) Orden 2	14
c) Orden 3	5
d) Orden 4	1
1.6) Radio de Bifurcación Medio	3.8
2. Aspectos de Superficie	
2.1) Área de la subcuenca	21,151.86 has.
2.2) Forma de la subcuenca	Alargada
a) Relación de forma	0.06
b) Relación circular	0.29
c) Radio de elongación	0.28
2.3) Densidad de drenaje	0.29 Km./km <sup>2</sup>
2.4) Densidad de corrientes	0.34 cauces/km <sup>2</sup>

La subcuenca del río Zarco, esta conformada por tres micros cuencas que se denominan:

- Microcuenca del río Cagua
- Microcuenca del río Nim
- Microcuenca del río Tze

Presentan varias quebradas que aportan un considerable caudal al cauce principal, dentro de estas están: Quebrada Del Zarco, Quebrada del Picudo, río Matucuy, así como varias corrientes efímeras que aportan volúmenes aproximados de 62.17 metros cúbicos por segundo durante la época lluviosa.

De acuerdo al análisis realizado en la red hidrológica de la subcuenca, el cauce principal es de orden 4, teniendo 14 afluentes de los órdenes 2 y 3; consideradas como las corrientes intermitentes. La cantidad de corrientes efímeras es de 51, ubicadas como de orden 1.

Por el tipo de relieve predominante en la subcuenca, la categoría de drenajes, están considerados como drenajes meandricos, debido a la forma zigzagueada que presentan, con lo cual cabe mencionar que la velocidad de la corriente principal es mínima en relación a las partes altas, es debido a esto que después de la temporada de lluvias la concentración de sedimentos en las riberas del río aumentan, provocando inundaciones a los sectores circunvecinos; pero al mismo tiempo provocando la formación de suelos jóvenes y consecuentemente la desviación del cauce principal que año con año forma nuevas rutas para evacuar la cantidad de agua que recibe de los afluentes secundarios.

La información de densidad de drenaje indica que existe en toda la subcuenca cerca de 61 kilómetros que están cubiertos por drenes naturales en los cuales suele transportarse toda la escorrentía provocada por las precipitaciones pluviales debido a que esa área es pobremente drenada y la respuesta del suelo para infiltrar el agua de lluvia es muy lenta.

e) Cantidad

**Cuadro 89. Aforos realizados en la parte baja del río Zarco**

Fecha	Hora	Caudal	
		m <sup>3</sup> /seg.	LPS
2/2/2005	9:53	5.96	5,960
1/3/2005	12:20	9.90	9,900
28/4/2005	12:00	3.91	3,910
30/5/2005	15:00	7.67	7,670
30/6/2005	12:30	12.08	12,080
12/7/2005	9:00	13.06	13,060
15/8/2005	14:30	16.35	16,350
13/9/2005	12:55	12.50	12,500
14/10/2005	14:00	12.80	12,800
17/11/2005	17:00	24.34	24,340



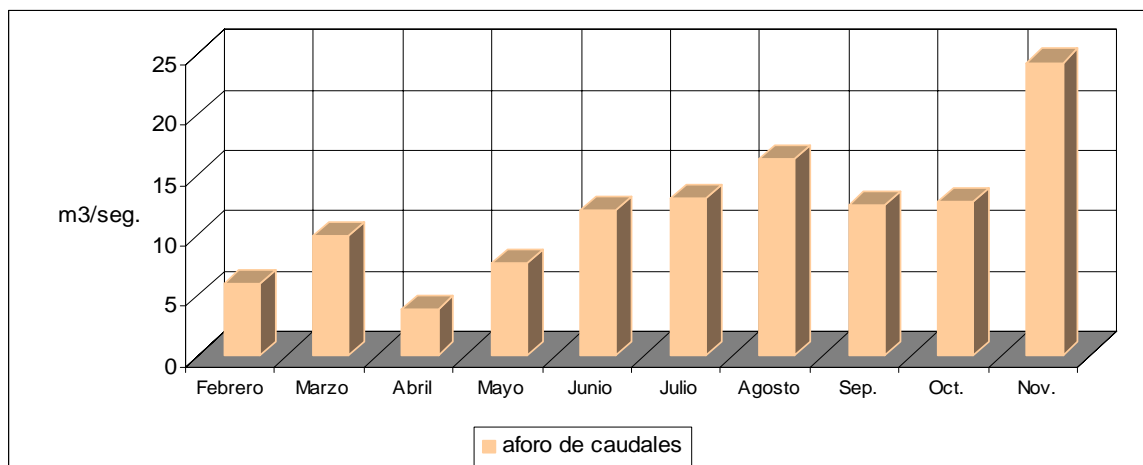


Figura 25. Volúmenes de los caudales en el río Zarco durante el año 2005.

- Promedio de 6,860 litros por segundo en la época seca.
- Incremento del 121% en los caudales de la época seca a la lluviosa.
- Promedio de 15,188 litros por segundo en la época lluviosa.
- Del mes de octubre a noviembre hubo un incremento del 90% en el caudal.

#### f) Calidad

##### f.1) Aspectos Físicos y Químicos

**Cuadro 90. Monitoreos de los aspectos físicos y químicos del agua del río Zarco**

Parámetros	* LMA **LMP					
	Fecha	2/2/05	30/5/05	12/7/05	13/9/05	18/11/05
	Hora	9:53	15:00	9:00	12:55	17:00
Oxígeno disuelto	** 5 mg/lt.	8.18	0.12	1.1	1.88	21
Temperatura	* 15-25° C	22.5	31.8	24.3	25.7	18.5
Conductividad eléctrica	* 100-750 uS/cm.	33.2	36	34.8	43.4	15.48
Sólidos disueltos totales –TDS-	** 500 mg/lt.	15.4	16.7	16.1	20.2	6.9

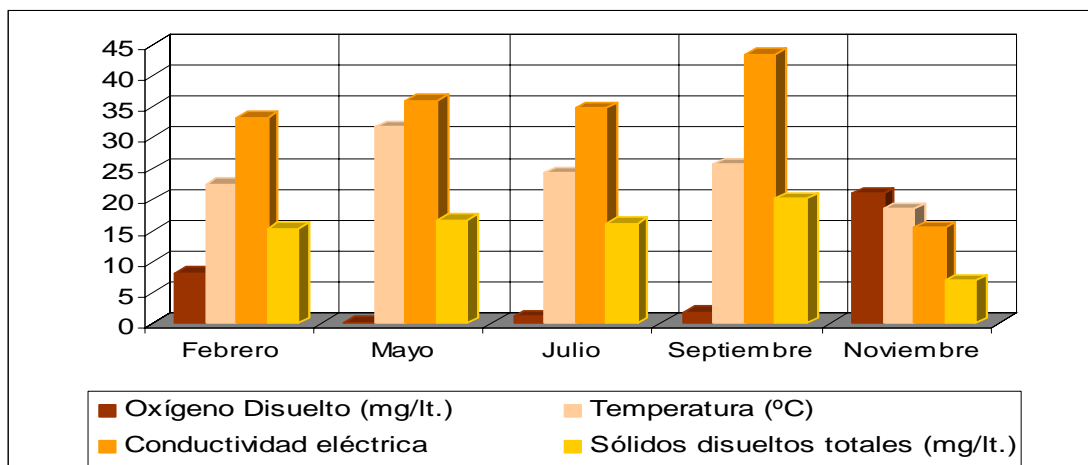


Figura 26. Esquematización de las características físicas y químicas del agua del río Zarco.

#### i) Oxígeno Disuelto

Las concentraciones de este parámetro en el cauce principal del río Zarco son menos alentadoras de las que se evaluaron en la subcuenca Pueblo Viejo.

Para este caso el 60% de los monitoreos presentaron concentraciones muy por debajo de lo aceptable para la existencia de vida acuática. Precisamente en la época seca el deterioro del recurso hídrico se manifiesta por una enorme disminución de la concentración de oxígeno en el agua; lo cual sin duda alguna generó la presencia elevada de colonias de bacterias anaeróbicas que causaron la muerte de peces y organismos acuáticos superiores, afectando las áreas de desove.

La fuente de esta contaminación puede ser que sea la presencia de áreas de guamiles en las riveras del cauce principal, lo que permite una mayor sedimentación, que contiene residuos orgánicos y en presencia de caudales relativamente bajos; permiten la estabilización de esta materia orgánica que es transformada por las bacterias las cuales utilizan el oxígeno presente, disminuyendo sus concentraciones. O en su defecto, debe existir en la subcuenca una fuente que permite el ingreso de nutrientes vía escorrentía subterránea que aprovecha los caudales de la época de estiaje para producir este tipo de contaminación de productos inorgánicos.

El incremento del oxígeno durante los meses de julio y septiembre, tiende a mantenerse relativamente estable; pero, para el mes de noviembre la concentración se

eleva en 1,017%; cuadruplicando el límite recomendado por la Agencia de Protección Ambiental (EPA).

Podemos deducir entonces que un incremento aproximadamente del 60% en los caudales permite una más eficiente autodepuración del cauce, puesto que al existir un mayor volumen los residuos orgánicos no se estabilizan y por ende no hay un incremento en la población bacteriana.

#### ii) Temperatura

Debido a que la temperatura y el oxígeno disuelto son parámetros físicos muy entrelazados, es fácil deducir que al existir una disminución del oxígeno hay un aumento en la carga térmica del cauce; esto es constatable en la figura 3 que nos muestra como el incremento de 9.3° C afecta las concentraciones de oxígeno disuelto, y la actividad biológica en el agua, limitando las temporadas de migraciones, desove e incubación de huevos.

Para este cauce el promedio de la temperatura en la época seca fue de 27° C y para la época lluviosa de 23° C; aunque ambos no sobrepasan el límite máximo permisible que es de 34° C, presentan condiciones similares a la cuenca Pueblo Viejo, aunque con una población menor que esta última.

#### iii) Conductividad Eléctrica

La autodepuración eficiente de un cauce generalmente disminuye las concentraciones de los otros parámetros físicos; la conductividad eléctrica disminuyó en un 180% al aumentar el caudal del río, se mantuvo relativamente estable en la época seca y al inicio de la época lluviosa, incrementando un 25% la concentración de iones de julio a septiembre; sin embargo, aunque tales condiciones aun no son significativas cabe resaltar la presencia de contaminantes inorgánicos en el cauce principal que provienen de algún cauce de las microcuencas.

#### iv) Sólidos Disueltos Totales

Los sedimentos pueden representar una sustancia contaminante desde el punto de vista físico y químico; a tal grado que pueden limitar la penetración de la luz solar, pérdida en la capacidad de almacenaje de los embalses, destrucción de las barreras de coral etc.

El cauce principal del río Zarco afortunadamente aun no presenta condiciones irreversibles en relación a las concentraciones de sedimentos, los cuales se han

mantenido estables en el 60% de las ocasiones en que se monitoreo el recurso, incrementando un 25% su concentración del mes de julio a septiembre; y disminuyendo drásticamente en noviembre, mes en el cual el cauce principal casi duplica su volumen con lo que permitió la purificación del recurso.

v) pH

#### Cuadro 91 Resultados del peso de Hidrógeno de la subcuenca Zarco

Fecha	pH (LMA: 5.5-7.5)
2/2/05	5.45
17/5/05	7.83
12/7/05	4.00
15/9/05	7.20
18/11/05	8.51

Las concentraciones de pH en el río Zarco permiten determinar que el medio acuático presenta condiciones básicas, esta situación manifiesta un ambiente óptimo para el desarrollo de bacterias.

f.2) Nutrientes

#### Cuadro 92. Concentraciones de nutrientes del agua del río Zarco.

Parámetros	* LMA **LMP					
	Fecha	2/2/05	30/5/05	12/7/05	13/9/05	18/11/05
	Hora	9:53	15:00	9:00	12:55	17:00
Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) <sup>-3</sup>	0.02 mg/lt.	0.19	0.4	0.64	1.13	> gama
Nitritos (NO <sub>2</sub> ) <sup>-1</sup>	0.01 mg/lt.	0.009	0.009	0.009	0.008	0.017
Nitratos (NO <sub>3</sub> ) <sup>-1</sup>	10 mg/lt.	1.2	1	2.1	5.9	< gama
Amoníaco (NH <sub>3</sub> )	0.05 mg/lt.	< gama	0.01	0.01	-0.02	0.16

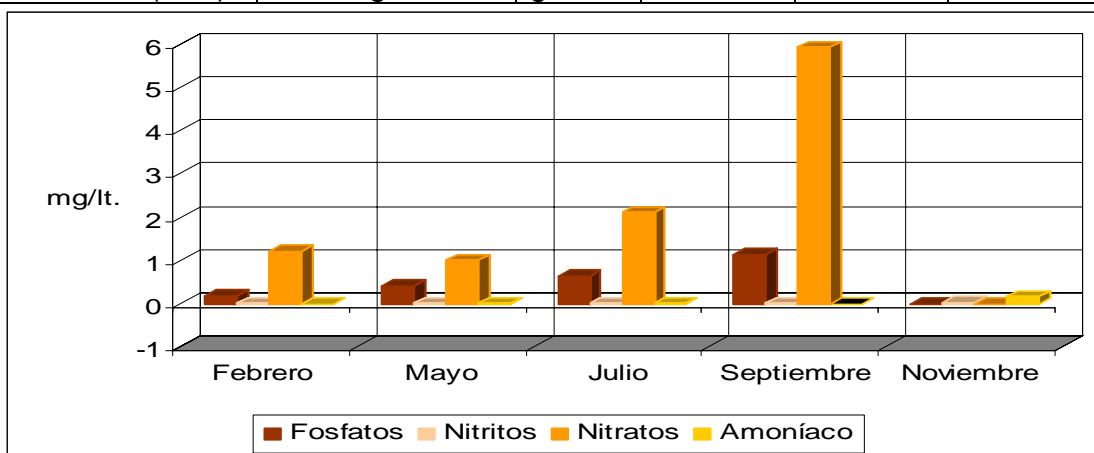


Figura 27. Esquematización de nutrientes presentes en el agua del río Zarco.

### i) Fosfatos

El fósforo es de origen natural, proviene de la disolución de los compuestos de suelo y de la materia orgánica en descomposición.

Las concentraciones en promedio de este nutriente para la época seca en el río Zarco fueron aproximadamente del 490% según los límites máximos permisibles; para la época lluviosa tales concentraciones representaban el 1,670% lo cual significa un incremento de tres veces en relación a las concentraciones de la época seca.

Tales concentraciones aunque sobrepasan los límites establecidos por la Agencia de Protección Ambiental, son los limitantes en el proceso de eutrofización de las microcuencas y el cauce principal; estas concentraciones clasifican al río Zarco como eutrófico, lo cual significa que el estado de nutrición que presentan permite un exceso de fitoplancton que provoca la disminución del oxígeno en el agua y consecuentemente altera el medio acuático, acelerando el metabolismo de la fauna y provocando el estrés de los peces.

Según los monitoreos realizados, durante todo el año este parámetro químico incremento en promedio 0.31 mg/lit cada dos meses, dándose el caso de que el monitoreo de noviembre presentó altas concentraciones que no pudieron ser detectadas por el espectrofotómetro utilizado.

### ii) Nitritos

Las concentraciones de nitritos en el río Zarco clasifican este cuerpo de agua en oligotrófico, debido a que las concentraciones que presenta no elevan la producción de fitoplancton.

Tales condiciones probablemente se deben a que los caudales que presentó este río en los monitoreos es superior a los que mostró el río Pueblo Viejo; sin embargo, los cuadros 12 y 13 muestran una disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto y un alza en el pH del agua del río; esto significa que existió actividad microbiana, precisamente de las bacterias del género *Nitrobacter* las cuales se encargaron por medio del proceso de nitratación en convertir el nitrito presente en nitrato, y de ahí las bajas concentraciones de nitritos.

### iii) Nitratos

Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de unos pocos miligramos por litro. En muchas aguas subterráneas, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas.

El caso del río Zarco no presenta condiciones de contaminación excesiva que manifieste daños irreversibles a la fauna y flora acuática; aunque es el principal contaminante de los nutrientes y por tal motivo su estado trófico ubica a este cauce como mesotrófico debido a que esta en un nivel intermedio y las condiciones medianamente nutritivas no incrementan voluminosamente la cantidad de plantas acuáticas.

Es indiscutible que las aguas subterráneas o subsuperficiales aportan pequeñas concentraciones de este nutriente y se incrementan cerca de un 300% de la época seca a la lluviosa.

Las concentraciones de nitrato deben ser controladas en el agua potable principalmente porque niveles excesivos pueden provocar metahemoglobinemia, o ‘la enfermedad de los bebés azules’.

Podemos considerar que el origen de los nitratos en aguas subterráneas durante la época de estiaje, es principalmente de fertilizantes, sistemas sépticos y almacenamiento de estiércol u operaciones de extensión.

Los fertilizantes nitrogenados no absorbidos por las plantas, volatilizados o arrastrados por la escorrentía superficial acaban en las aguas subterráneas en forma de nitratos; esto tiene sentido si observamos que durante los meses de julio y septiembre el caudal del río aumentó su volumen en un 70% en relación al mes de mayo; esto permite determinar que el nitrógeno procedente del estiércol o de los abonos pudo perderse de manera similar de los prados, corrales, o lugares de almacenamiento.

### iv) Amoníaco

Las concentraciones de este forma de nitrógeno son realmente insignificantes, podemos determinar a partir de los resultados del cuadro 14, que en el río Zarco ocurre constantemente un proceso de nitrificación el cual conjuntamente con los abundantes caudales permiten una mejor limpieza y purificación del recurso en este sector de la

subcuenca. Podemos concluir entonces que el estado trófico del río lo clasifica como oligotrófico.

g) Fuentes de agua

**Cuadro 93. Ubicación geográfica de las fuentes de agua**

Comunidad	Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
	Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
Tierra Linda	0221175	1690101	89° 35' 46''	15° 16' 26''
Concepción I	0222761	1690560	89° 34' 53''	15° 16' 42''
Concepción II	0221220	1690101	89° 35' 45''	15° 16' 26''
San Antonio Panacté	0220469	1690978	89° 36' 10''	15° 16' 55''

Solamente en las comunidades de Concepción 1 y San Antonio Panacté, nombraron a las fuentes de agua; tales denominaciones son Setul y San Rafael respectivamente.

En el 75% de las comunidades la fuente es propiedad de la comunidad excepto en la comunidad Concepción I donde el propietario es el señor José Ángel Chang Bonilla.

La mayor parte de las fuentes dista de las comunidades en promedio de 1.25 kilómetros; los tipos de fuentes son riachuelos y manantiales que tienen un tiempo de uso de aproximadamente 15 años siendo el más antiguo el de la comunidad San Antonio Panacté y el más reciente el de la comunidad Concepción II.

g.1) Tanques de distribución

**Cuadro 94. Ubicación geográfica de los tanques de distribución**

Comunidad	Coordenadas UTM	
	Longitud	Latitud
Tierra Linda	0220793	1691364
Concepción I	0222724	1690924
Concepción II	0221528	1691705
San Antonio Panacté	0220472	1691138

Las cuatro comunidades cuentan con tanques de distribución. Son tanques elaborados con block de forma trapezoidal en la mayoría de ocasiones para tener una mejor estabilidad por el tipo de pendiente del terreno donde están construidos (cuadro 94).

Estos tanques están conectados a los tanques de captación ubicados en las fuentes de agua, por medio de tubería de PVC de 2 pulgadas de diámetro, la ubicación de

los tanques de las comunidades en promedio es de 750 metros, esto nos permite determinar que el sistema de tuberías tiene una longitud en promedio de 1.30 kilómetros por los distintos niveles de la topografía de la trayectoria.

Al igual que las comunidades de la subcuenca Pueblo Viejo, los sistemas de tuberías no tienen un diseño que permita mejorar la eficiencia del traslado de agua de los tanques de captación a los de distribución, esto repercute en que la presión necesaria para impulsar el líquido no es la suficiente, con lo cual los volúmenes que se pueden tener en los tanques de distribución son mínimos y consecuentemente no se puede realizar un eficiente suministro a los pobladores.

g.2) Aforo de las fuentes de agua

**Cuadro 95. Relación disponibilidad-demanda de agua en las comunidades**

Comunidad	Población	Dotación per-capita litros	Demanda/día Litros	Caudal fuentes LPS	Capacidad tanques distribución litros	Tiempo eficiente de servicio Horas
Tierra Linda	129	98	12,642	3	7,260	1.2
Concepción I	304	98	29,792	4	8,120	2.1
Concepción II	236	98	23,128	5	11,760	1.3
San Antonio Panacté	395	98	38,710	3	12,000	3.6

Los caudales medidos en las fuentes de las comunidades evaluadas son más homogéneos que en la subcuenca Pueblo Viejo. Dicha condición permite que aunque las poblaciones en éstas comunidades sean superiores a las de la otra subcuenca monitoreada, se pueda cumplir la demanda para toda la población en tiempos más reducidos.

Sin embargo, se comprueba que el problema del suministro es que las capacidades que tienen los tanques de distribución no son las adecuadas para poder solventar esta necesidad, porque es más que obvio que no existe déficit de agua en estas comunidades.



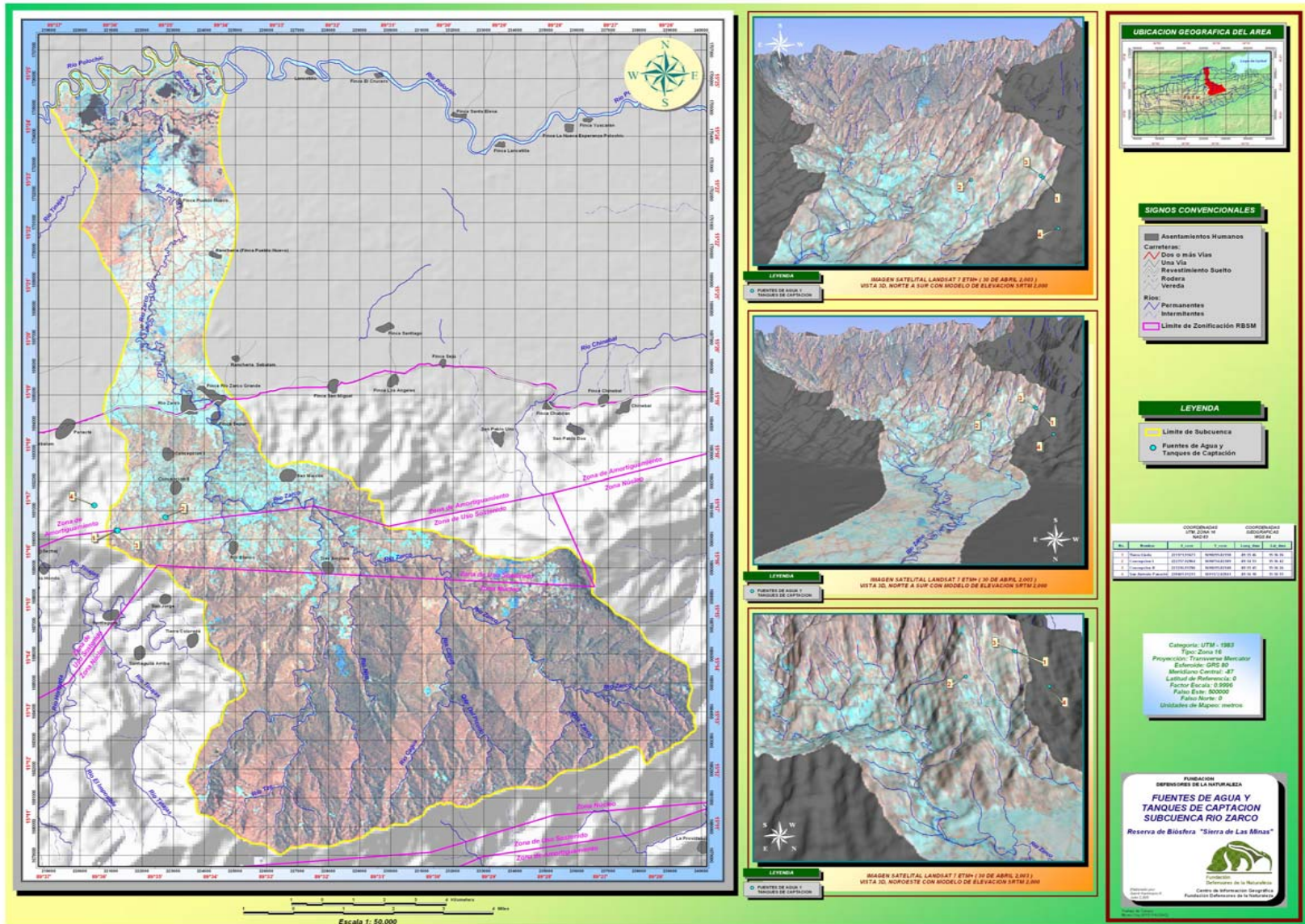


Figura 28. Ubicación de las fuentes de agua en la subcuenca Zarco.

h) Principales usos del agua

h.1) Agua Domiciliar

**Cuadro 96. Características de los sistemas de agua potable en las comunidades de la subcuenca Zarco**

Comunidad	Familias conectadas	Tipo de sistema	Tiempo de funcionamiento	Eficiencia del servicio (horas)		Tipos de tratamientos	Dosis utilizadas
				-años-	Verano		
Tierra Linda	211	Gravedad	10	6-12	24	Cloracion	0.5
Concepción I	55	Gravedad	17	24	24	Cloracion	0.5
Concepción II	27	Gravedad	1	24	24	Cloración	1.5
San Antonio Panacté	51	Gravedad	25	3-6	24	Cloración	2

Todas las comunidades diagnosticadas en la subcuenca Zarco, contemplan un sistema de agua potable, el funcionamiento de cada uno de los sistemas tiene un máximo de 25 años de estar trabajando, estando el sistema más nuevo en la comunidad Concepción II; estos sistemas fueron gestionados por los habitantes de las comunidades y donados por instituciones como FONAPAZ entre otras.

El caudal promedio genera alrededor de 4 litros por segundo; esto significa que en una hora de servicio existe un volumen de agua aproximadamente 14,400 litros suficiente para llenar 72 toneles de 200 litros y repartir 13.5 litros de agua para cada uno de los habitantes de la subcuenca.

La desinfección del líquido la realizan con Cloro a razón de 0.5 a 1.5 litros en el tanque de captación y/o distribución, utilizan tubería de Polivinilo (PVC) con diámetros de 2 pulgadas para transportar el agua desde las fuentes hasta los tanques de distribución que se ubican en las partes altas de las comunidades, puesto que utilizan un sistema de gravedad para la distribución del líquido.

El uso principal que se determinó que le dan al agua es para consumo domiciliar del cual se desglosa las siguientes actividades que pueden realizar con el vital líquido:

- Beber
- Cocinar
- Bañarse
- Lavar ropa y utensilios de cocina
- Para regar los huertos familiares

Solamente en dos comunidades se cobra por el servicio de agua potable; se paga el consumo por familia las cantidades de cinco y dos quetzales, los cuales deben cancelarse mensualmente y sirven para darle mantenimiento al sistema de agua que en la época lluviosa tiende sufrir fisuras en la tubería lo que provoca fugas, para mantener desinfectante, realizar las limpiezas tanto del tanque de captación como distribución; sobre todo el de captación que es el que está más expuesto a la sedimentación y contaminación del agua porque en algunos casos no tienen una infraestructura apropiada y se encuentran descubiertos permitiendo el ingreso de cualquier tipo de organismos que pueden contaminar el agua o por la misma descomposición de la materia orgánica que está alrededor de la fuente.

La vegetación alrededor de las fuentes de agua ha ido desapareciendo porque las personas han estado talando los árboles que están cercanos y han cambiado el uso por la siembra de algún cultivo como el cardamomo, lo cual ha perjudicado los caudales que en un tiempo aproximado de 5 años ha disminuido considerablemente provocando en algunos sitios que se seque la fuente.

Este tipo de circunstancias ha generado en que se tengan que realizar acuerdos con las comunidades vecinas para poder agenciarse del líquido, es por demás decir que los bosques de galería en las riberas de los ríos casi han desaparecido, en su lugar se puede observar áreas de guamiles, los pocos espacios que logran observarse no sobrepasan los 15 metros de espesor; estos problemas aunados con el crecimiento demográfico que presentan las comunidades y la cantidad de personas en edad reproductiva y con necesidad de algún lugar donde vivir, definitivamente agravara la situación provocando con ello un déficit hídrico en un tiempo no mayor de quince años.

En relación con la calidad y el saneamiento del recurso, aun no se han presentado casos de problemas de salud en los habitantes, puesto que si el líquido no es desinfectado con cloro, los mismos habitantes se encargan de hervir el agua que consumen.

Todavía no se han realizado análisis de calidad de agua pero sería conveniente que alguna institución se hiciera cargo de esta actividad porque según los comentarios de algunas personas, la calidad ha ido en detrimento, lo cual según los comunitarios ha disminuido las concentraciones de fauna acuática.

Las aguas servidas no tienen ningún tipo de tratamiento, por lo general se dejan correr a flor de tierra, que durante la época seca se absorbida o evaporada pero durante la época lluviosa forma parte de la escorrentía que se forma por la poca capacidad que tienen los suelos de infiltrar la cantidad de agua de las precipitaciones pluviales muy intensas.

### 3.3.4 EVALUACIÓN

A) Se realizó el análisis morfométrico de las subcuencas donde se determinó que la distribución de la red hidrográfica de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco por su misma ubicación fisiográfica presenta relieves más homogéneos en la subcuenca Zarco; esto permite que la respuesta hidrológica ante una precipitación pluvial sea en cierta forma más lenta que lo que se observa en la subcuenca Pueblo Viejo.

B) Una extensa sección del cauce principal del río Zarco presenta mayor sinuosidad que el río Pueblo Viejo; pero, la cantidad de corrientes efímeras e intermitentes son mayores en la subcuenca Zarco que en Pueblo Viejo; esto repercute en los grandes volúmenes de agua que drenan al río Zarco y permiten la expansión del cauce por la cantidad de sedimentos que arrastra en su trayectoria.

C) Las características físico-químicas determinan que las posibles fuentes de contaminación son los residuos orgánicos, fertilizantes, excretas humanas y del ganado bovino; que han incrementado las concentraciones de nitrógeno y fósforo, elevando los niveles de este último por encima de los recomendados pero debajo de los niveles de las concentraciones de nitrógeno; de seguir a ese ritmo provocará la eutrofización de los ríos principalmente el Zarco por presentar mayores secciones trenzadas lo que disminuye la velocidad y aumenta la sedimentación de estos nutrientes.

D) Se delimitaron y ubicaron geográficamente nueve fuentes hídricas que corresponden a las nueve comunidades monitoreadas, conjuntamente con los tanques de captación y distribución para poder estimar la relación disponibilidad-demanda que actualmente presentan los pobladores respecto a este recurso.

E) Se generó un mapa por subcuenca, que permite determinar las áreas que se deben conservar si no se desea sufrir de déficit hídrico en el futuro, puesto que los caudales de las fuentes en la actualidad satisfacen las demandas de los pobladores en las comunidades.

F) El principal uso que se le da al recurso hídrico en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco es el domiciliario; el cual se utiliza para las actividades de beber, cocinar, bañarse, limpieza de utensilios domésticos, riego de huertos familiares.

### **3.4 ELABORACIÓN DEL MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO EN LAS SUBCUENCAS PUEBLO VIEJO Y ZARCO.**

#### **3.4.1 OBJETIVOS**

##### **General**

- Elaborar el mapa de uso actual del suelo de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.

##### **Específicos**

- Ubicar a nivel de subcuenca los sectores destinados en los distintos usos del suelo, georeferenciando tal ubicación.
- Determinar los principales usos del suelo que actualmente mantienen las comunidades de las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco.
- Determinar el avance de la frontera agrícola en ambas subcuencas.
- Elaborar un mapa que sirva de base para la implementación de cualquier tipo de proyecto.

### 3.4.2 METODOLOGIA

Para la elaboración de los mapas de uso actual del suelo en las subcuencas Pueblo Viejo y Zarco se determinó en la primera fase de gabinete, que se tenía en el Sistema de Información Geográfica una imagen satelital del año 2003; con esta imagen se podía elaborar los mapas sin realizar un reconocimiento en campo, sin embargo, algunos factores como la nubosidad, las áreas destinadas para realizar las rozas, las asociaciones vegetales etc., no permitieron que se realizara una interpretación lo suficientemente fiel a la realidad.

Estos aspectos nos hicieron ver que era indispensable realizar un trabajo de campo a nivel de subcuenca en el que se georeferenciara los distintos usos que para el año 2005 se localizaban en cada subcuenca.

Para la ubicación de estos puntos se contó con el apoyo del técnico de la Fundación Defensores de la Naturaleza del distrito polochic y con los guardarecursos encargados de cada subcuenca.

Previo a realizar los distintos caminamientos se elaboró una boleta en la cual se anotaron las coordenadas UTM, la altura sobre el nivel del mar, el uso actual del suelo y una referencia para la ubicación del punto registrado.

Posteriormente nos trasladamos en un vehiculo de dos ruedas hasta las distintas subcuencas; para la ubicación de los distintos usos del suelo nos ayudamos de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS).

La realización de estos caminamientos se programaron en función de los patrullajes que tenían que realizar los guardarecursos de cada subcuenca; durante el trayecto se ubicaron las áreas destinadas a la agricultura anual, la agricultura perenne, las asociaciones vegetales, las áreas destinadas para vivienda, las fuentes de agua, los bosques de galería, bosques latifoliados, guamiles, quemas etc., para el efecto se coordinaron las actividades para los días en los cuales la nubosidad fuera mínima y de esta forma poder hacer una mejor interpretación de la imagen satelital.

Con los puntos de uso actual de la tierra; se coordino con el encargado de Sistemas de Información Geográfica de la Fundación, la realización de los mapas de uso actual y la ubicación de las fuentes de agua en ambas cuencas; los cuales fueron presentados y entregados a la coordinadora del Fondo del Agua.

### 3.4.3 RESULTADOS

A) Subcuenca Pueblo Viejo

a) Georeferenciación

**Cuadro 97. Georeferenciación del uso actual del suelo en la subcuenca Pueblo Viejo**

Comunidad	Coordenadas UTM	Latitud	Altitud	Uso actual del suelo
	Longitud		msnm	
Raxon San Marcos	0204250	1686173		Maíz
Raxon San Marcos	0204472	1688235		Maíz
Raxon San Marcos	0221175	1690101		Bosque latifoliado
Chajomja	0202767	1685094	935	Asocio cardamomo-café
Chajomja	0203283	1686355	989	Asocio café catuaí-cardamomo; madrecaao; bambú; banano; guarumo.
Samaritana	0202230	1685664	795	Guamil
Samaritana	0202764	1684125	915	Asocio cardamomo-maíz
Samaritana	0203207	1684974	862	Maíz
Santa Rita	0205183	1687688	755	Café caturra
Santa Rita	0204484	1687758	849	Bosque de galería
Río Chiquito II	0210509	1684568	1104	Cardamomo-bosque de galería
Río Chiquito II	0210651	1685151	1051	Guamil-café Borbón
Río Chiquito II	0211262	1686116	948	Maíz y guamiles
Río Chiquito II	0212850	1690417		Hule, guamil y maíz.
Paraíso Privado	0200781	1685691	1290	Bosque latifoliado
Monja Blanca	0202199	1687049	1109	Cardamomo
Cancoy	0209380	1685951		Bosque de galería, guamiles y pastos.
Raxon Banderas	0204309	1685815		Bosque de galería, guamiles, maíz y pastos.
Pueblo Viejo	0212161	1694523		Bosques de galería, ganado bovino, bosque latifoliado.

El cuadro 97 muestra en forma resumida los principales usos que se ubicaron en las tres zonas de manejo de la cuenca; es necesario mencionar que la mayor superficie de bosque latifoliado se ubica en la zona núcleo, aunque también pueden localizarse pequeños sectores en la zona de uso sostenido.



El cultivo del hule es otro de los que abarcan una gran área, se localiza principalmente en los alrededores de la Finca Pueblo Viejo y la comunidad Cancoy; básicamente ese sector de la cuenca esta destinado a cultivos anuales, ganado mayor, cría y engorde de aves de corral, algunos guamiles altos entre otros.

La producción de cardamomo se realiza en áreas arriba de los 500 metros sobre el nivel del mar, y por ser un cultivo que se adapta a condiciones de poca profundidad de suelo; ha sido la principal fuente de ingreso económico de las comunidades ubicadas en la zona de uso sostenido.

#### b) Uso Actual

**Cuadro 98. Uso actual del suelo de la subcuenca Pueblo Viejo en el año 2005**

No.	Categoría de uso	Superficie (ha)
1	Bosque latifoliado	7,953.48
2	Bosque de galería	232.47
3	Arbustos	2,874.51
4	Agricultura Perenne	779.94
5	Cultivos anuales	2,400.57
6	Cultivos Mixtos	186.84
7	Guamil	262.17
8	Helechos	27.27
9	Área Inundable	0
10	Áreas expuestas.	179.55
11	Deslaves	133.65
12	Quemas	171.45
13	Cuerpos de agua	22.50
	TOTAL	14,864.40

Posterior al trabajo de campo y la elaboración del mapa del uso actual de suelo, se determinó que en la subcuenca Pueblo Viejo son trece los principales usos que se le dan a este recurso.

Según la información del cuadro 98 el 54% de la subcuenca está cubierto por bosque latifoliado; entre las especies que se pueden ubicar están el almendro, el palo volador, la caoba, el carboncillo, el cedro, jocote fraile, madrecaao, guarumo etc., cabe resaltar también que de las 7,953 hectáreas de bosque latifoliado 6,882 hectáreas se ubican en la zona núcleo; esto quiere decir que solamente el 7% esta ubicado en la zona de uso sostenido y que en la misma, el 52% de su superficie ha sido deforestado.

Los bosques de galería han sido muy afectados, tanto así que solamente se estimó que se conserva el 1.5% de la superficie total de la subcuenca; esto significa que menos de la mitad de los cauces presentan en sus riveras fajas de cobertura forestal que superen los 25 metros de ancho. Por su parte el cauce principal con una longitud de 35 kilómetros presenta aproximadamente 1.5 kilómetros de bosque de galería distribuidos por guamiles altos y pequeños sectores de especies latifoliadas, así como de arbustos.

Estos constantes cambios en el uso del suelo y pérdidas de superficies de bosque se deben básicamente al incremento de las áreas de cultivos anuales y perennes así como las áreas destinadas para viviendas e infraestructura; la cuales en conjunto representan el 23% de la superficie de la cuenca y están distribuidas principalmente en las zonas de amortiguamiento y uso sostenido; esto significa que el 45% de la superficie de estas zonas de manejo esta dedicado a estos tres usos del suelo.

Otro uso de importancia son los cultivos mixtos o asociaciones vegetales que tienen como fundamento la utilización de técnicas agroforestales; estas asociaciones vegetales han surgido por la necesidad que han visto los comunitarios de evitar la erosión de los suelos, de mejorar la productividad de la agricultura, de proyectar la agricultura orgánica sostenible, de producir especies de crecimiento rápido para utilizar como leña, de conservar el recurso hídrico etc.; sin embargo, debido al crecimiento poblacional de las comunidades estas se han visto en la necesidad de ir ampliando las áreas destinadas para la agricultura con lo cual han afectado nichos ecológicos y por ende la flora y fauna propia del lugar ha desaparecido o emigrado a sitios mas altos de la sierra.

En conclusión podemos determinar que el principal uso del suelo en la subcuenca Pueblo Viejo en la actualidad es el forestal esto debido principalmente a la topografía que presenta, lo cual permite deducir que se le esta subestimando su uso potencial debido a que el 67% de su extensión posee pendientes mayores de 17 grados y que la tendencia en este sector de la reserva, es el de realizar proyectos agrícolas de tipo agroforestal que permita mantener la cobertura vegetal arbórea y mejorar el rendimiento de los cultivos que surjan de este tipo de asociaciones.

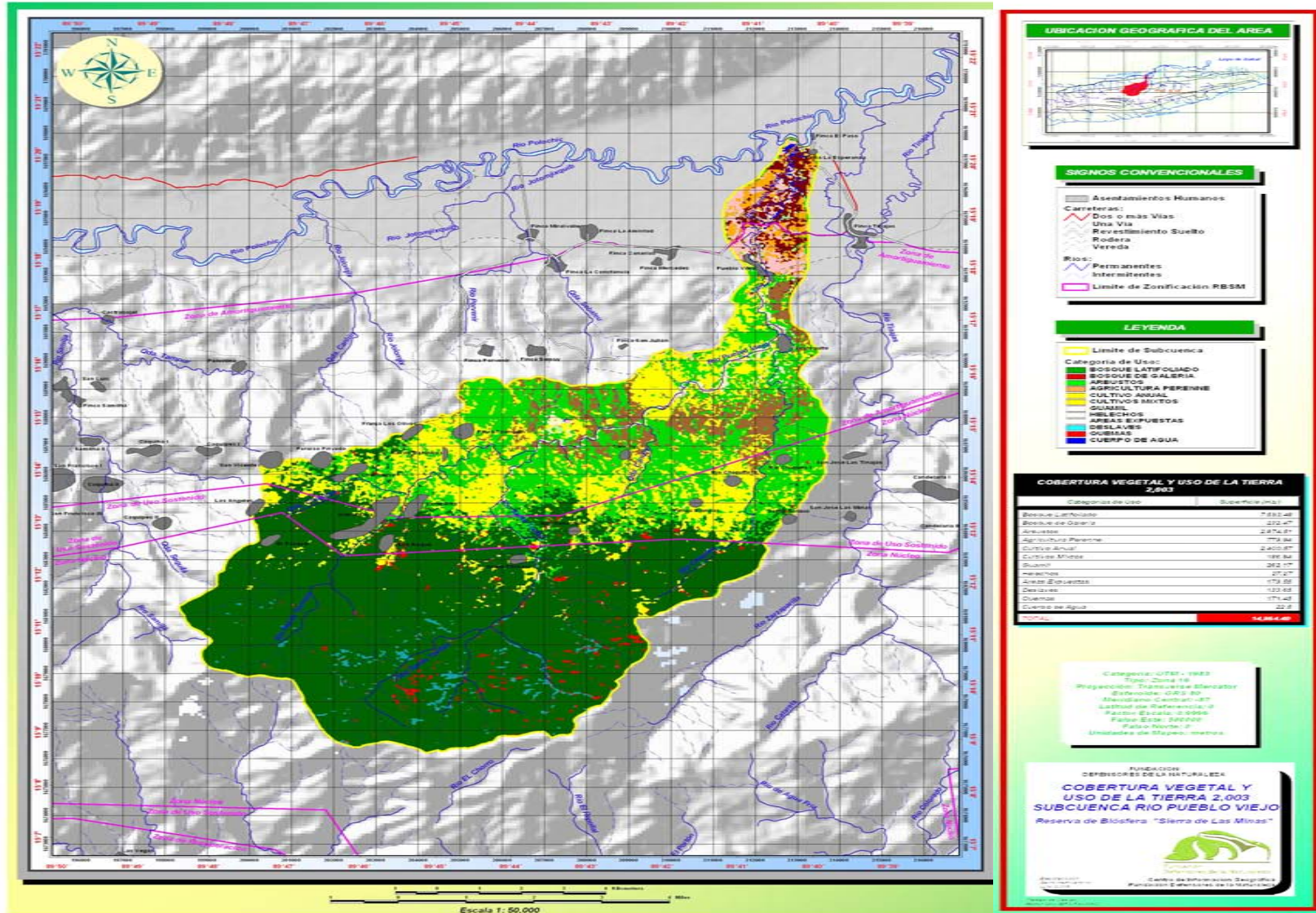


Figura 29. Mapa del uso actual del suelo en la subcuenca Pueblo Viejo en el año 2005.

## c) Avance de la frontera agrícola

**Cuadro 99. Avance de la frontera agrícola en la subcuenca Pueblo Viejo**

Categorías de uso	Superficie (ha)	
	2001	2005
Agricultura anual y pastos	2,196	2,587.41
Agricultura perenne, arbustos y matorrales	2,119	3,916.62

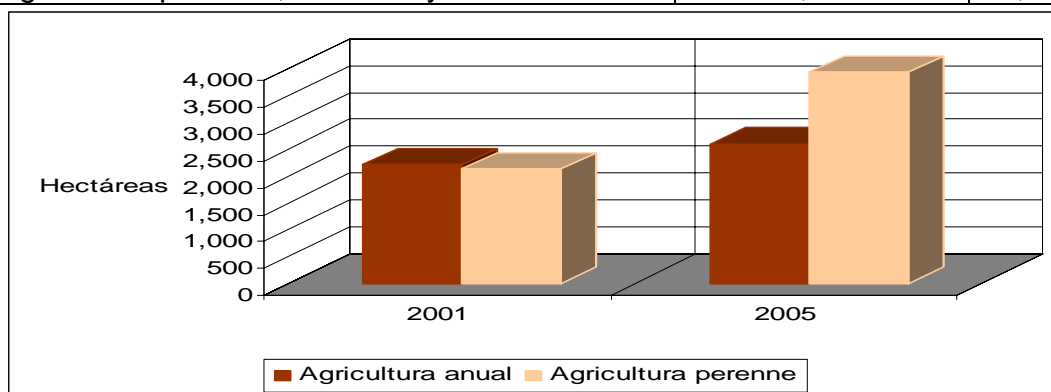


Figura 30. Avance de la frontera agrícola en la subcuenca Pueblo Viejo.

El incremento en la superficie destinada a la agricultura anual, en cuatro años es de 391 hectáreas que representa un aumento del 15% de la superficie total; es decir que se han destinado aproximadamente 98 hectáreas de vocación forestal por año, para estas actividades.

El sector de la subcuenca que está siendo utilizado para este fin es el sector oeste en la zona de uso sostenido y algunos sectores centrales de esa misma zona de manejo; esto se debe principalmente porque en ese lugar están asentadas el 67% del total de las comunidades de la cuenca.

Es por demás mencionar que la zona de uso sostenido, está clasificada por su capacidad de uso, según la metodología del INAB; para la realización de agroforestería con cultivos permanentes, sistemas silvopastoriles y tierras forestales de protección, y no para la producción de monocultivos debido a que la profundidad de los suelos en ese sector no sobrepasa los 25 centímetros; con lo cual debemos pensar que de continuar este tipo de actividades, se debe considerar que las poblaciones están en constante peligro de ser afectadas por algún desastre natural,

En el caso de la agricultura perenne, el incremento fue superior que el de la agricultura anual; esto significa que en el mismo periodo de tiempo se destinaron 1,797

hectáreas para esta actividad, lo cual representa un incremento del 85% en relación al año 2001 y la utilización de aproximadamente 450 hectáreas por año.

Desafortunadamente este tipo de agricultura se está ejecutando en la parte central de la zona de amortiguamiento; zona en la cual las condiciones edáficas y topográficas son relativamente más aptas para la realización de agricultura con mejoras, agroforestería, sistemas silvopastoriles y tierras forestales para producción y protección.

## B) Subcuenca Zarco

### a) Georeferenciación

**Cuadro 100. Georeferenciación del uso actual del suelo en la subcuenca Zarco**

Comunidad	Coordenadas UTM		Uso actual del suelo
	Longitud	Latitud	
Concepción II	0221220	1690631	Cardamomo
San Antonio Panacté	0220556	1693342	Hule
Concepción I	0222973	1991308	Maíz, guamil y pastos
Tierra Linda	0220648	1691767	Maíz, guamil y pastos

La razón por la cual en esta subcuenca se ubicaron menos puntos de uso actual que en la subcuenca Pueblo Viejo; se debe a que existe una mayor homogeneidad en las condiciones climáticas, fisiográficas y topográficas, así mismo la ubicación de la mayor parte de las comunidades es en la zona de amortiguamiento y es principalmente allí donde se puede observar una mayor variación en relación a los usos del suelo.

La zona de uso sostenido posee en aproximadamente un 60% de su superficie, bosque latifoliado y la zona núcleo tiene el mismo uso en toda su superficie; consecuentemente es el hule el cultivo con mayor extensión en la zona de amortiguamiento, las áreas destinadas para café, cardamomo y maíz se ubican en las orillas de las comunidades y cabe mencionar que las áreas para realización de rozas así como los guamiles son bastante extensas.

### b) Uso Actual

**Cuadro 101. Uso actual del suelo de la subcuenca Zarco en el año 2005**

No.	Categoría de uso	Superficie (ha)
1	Bosque latifoliado	13,220.20
2	Bosque de galería	1,510.20
3	Arbustos	1,172.88
4	Agricultura perenne	185.67
5	Cultivos anuales	1,319.67

6	Cultivos mixtos	852.84
7	Guamil	1,525.95
8	Helechos	279.54
9	Área inundable	339.84
10	Áreas expuestas	228.15
11	Deslaves	44.01
12	Quemas	126.72
13	Cuerpos de agua	347.49
	TOTAL	21,153.15

El uso del suelo que mayor superficie presenta es el bosque latifoliado; este representa el 62% del área total de la subcuenca (cuadro 101).

Este uso del suelo se encuentra distribuido principalmente en las zona núcleo, en la cual cubre las 11,575 hectáreas, que el la superficie total de esa zona de manejo; las otras 1,645 hectáreas restantes se ubican en la zona de uso sostenido, esto quiere decir que como esta zona de manejo tiene una superficie de 2,223 hectáreas; un área de 578 hectáreas en este sector están destinadas para la agricultura anual, agricultura perenne, vivienda etc.

Las especies forestales que se localizan en la subcuenca, son el palo volador, el guarumo, el cedro, la caoba etc., la mayor parte de estas especies llegan a tener diámetros superiores a los 0.5 metros y alturas promedio de 15 metros.

Por ser la Sierra de las Minas parte de la Cordillera Central de Guatemala y por tener la superficie más grande de bosque nuboso; las especies latifoliadas no varían en gran escala en las cuencas que se ubican en esta reserva de biosfera.

Los bosques de galería de esta subcuenca han sido mas conservados que en la subcuenca Pueblo Viejo, la superficie que cubren representa el 7% de toda la superficie de la cuenca; el mantenimiento de este recurso no ha sido muy afectado principalmente porque la mayor parte de la red hídrica se ubica en la zona núcleo, y las pequeñas corrientes intermitentes que drenan al cauce principal en las otras zonas de manejo son conservadas por los comunitarios.

La producción agrícola en esta subcuenca es realmente mas baja que en la subcuenca Pueblo Viejo; la superficie de la agricultura perenne representa aproximadamente el 400% menos que en la cuenca Pueblo Viejo así como la agricultura anual es superado por esta en aproximadamente 1,000 hectáreas; sin embargo, esta

disminución es compensada en la subcuenca Zarco por la elevada superficie de guamiles que presenta en relación a la otra subcuenca, debido a que en la subcuenca Zarco se estimó una área de mas del 500% de guamiles de los que se ubicaron en la subcuenca Pueblo Viejo.

Esta superficie de guamiles bajos, son las áreas que serán utilizadas para la producción de cultivos anuales y ubicación de viviendas e infraestructura por el crecimiento demográfico de la zona.

Aunque en la actualidad se puede determinar que la superficie destinada a este uso es mas que la que utilizan las comunidades en la otra subcuenca; esto se debe principalmente a que la ubicación de los sectores destinados a la viviendas no sobrepasa los 1000 metros sobre el nivel del mar, la accesibilidad a las comunidades es mas factible que en la subcuenca Pueblo Viejo porque la topografía en las zonas de manejo tiende a ser mas o menos ondulada; consecuentemente las condiciones climáticas imperantes son calidas húmedas que son aptas para la producción agrícola.

Del 35% de la superficie de la subcuenca, solamente el 11% pertenece a la zona de amortiguamiento; sin embargo, toda esa área así como la que se ubica fuera del área protegida que son aproximadamente 4,985 hectáreas, forman parte de la región natural Tierras de las Llanuras de Inundación del Norte y de acuerdo a esta clasificación son áreas destinadas para la agricultura tradicional, agricultura con mejoras, sistemas silvopastoriles y tierras forestales para producción.

Podemos concluir entonces que la utilización de esos suelos en esos sectores de la subcuenca es el adecuado puesto que no se esta dañando los otros recursos naturales y se conserva la cobertura boscosa en la parte alta de la subcuenca.



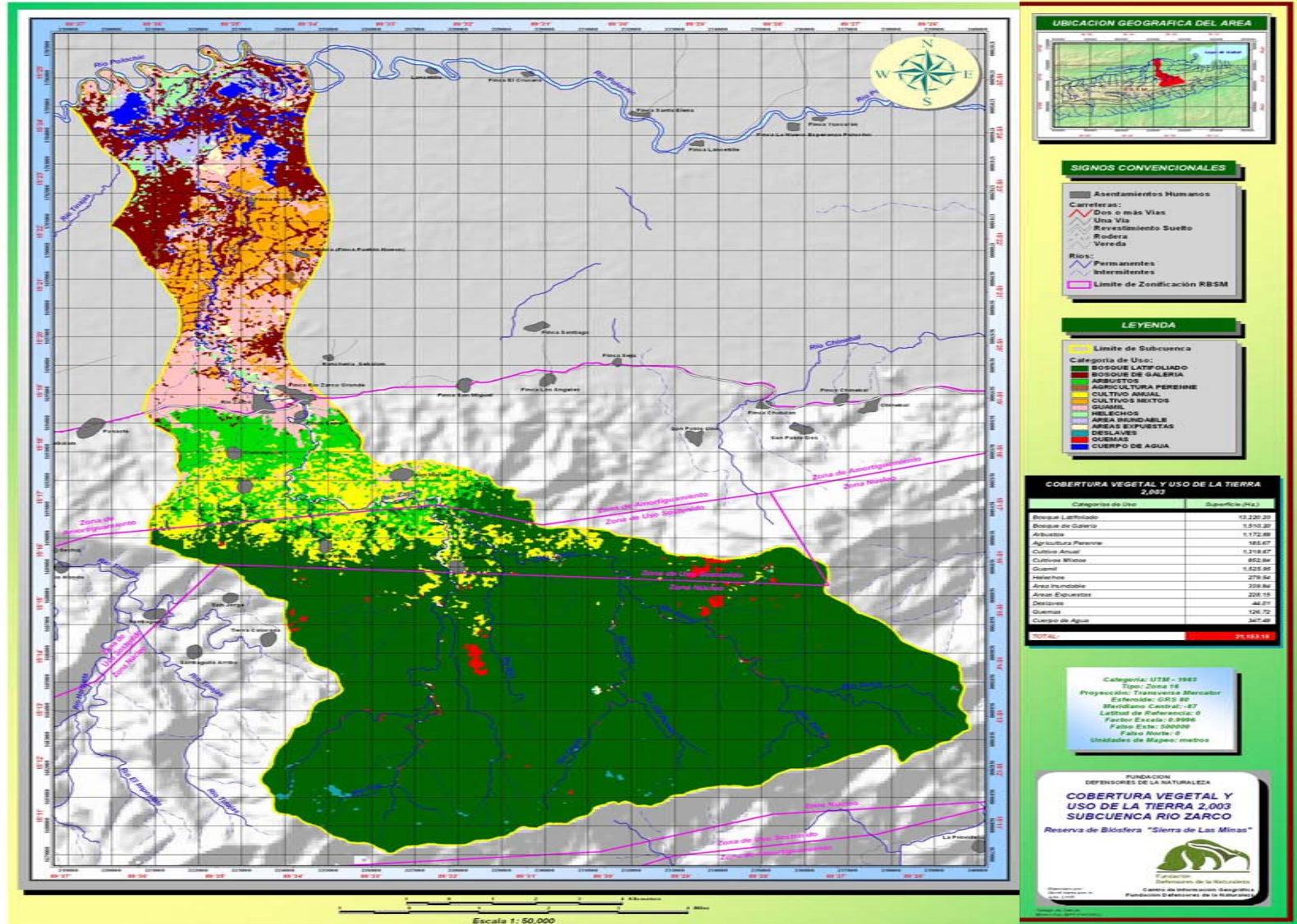


Figura 31. Mapa de uso actual del suelo de la subcuenca Zarco en el año 2005.



## c) Avance de la frontera agrícola

**Cuadro 102. Avance de la frontera agrícola en la subcuenca Zarco**

Categorías de uso	Superficie (ha)	
	2001	2005
Agricultura anual y pastos	1,861	2,172.51
Agricultura perenne, arbustos y matorrales.	1,079	2,884.50

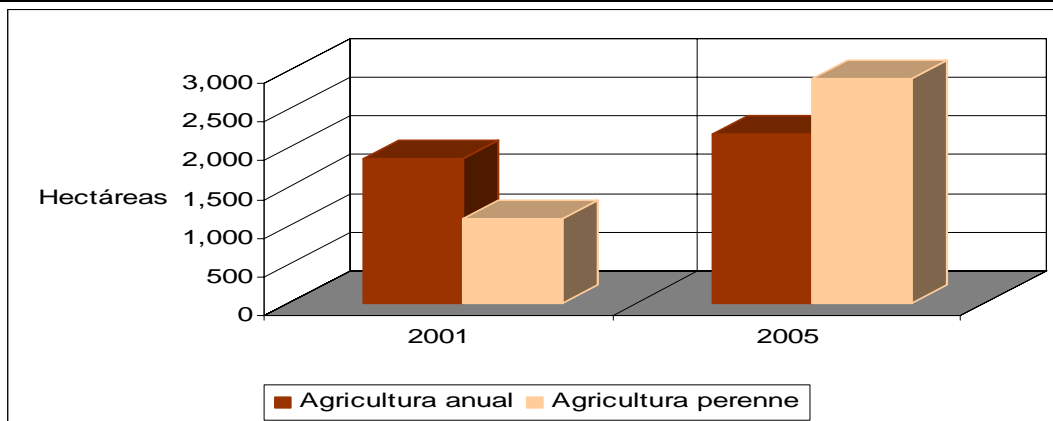


Figura 32. Avance de la frontera agrícola en la subcuenca Zarco.

En la subcuenca Zarco el incremento de la agricultura anual es de 311 hectáreas, que representa la utilización de 78 hectáreas por año; ubicadas en la parte sur de la zona de amortiguamiento y la parte central de la zona de uso sostenido; siendo esta última la más utilizada en los últimos cuatro años.

Sin embargo, por sorprendente que pueda parecer este incremento de la agricultura anual; se considera que la utilización de los suelos en la zona de amortiguamiento son de vocación agrícola debido a que presentan una topografía suave, con relieves ondulantes menores del 15% y por estar este sector del área protegida en la región natural de las Tierras de las Llanuras de Inundación del Norte, lo cual significa que la profundidad de los suelos es de 20 a 70 centímetros, pudiendo ubicar en las riveras del cauce principal, suelos relativamente jóvenes debido a la constante sedimentación aportada por las corrientes de las microcuencas,

Para la zona de uso sostenido el panorama es un poco distinto. Este sector de la subcuenca, presenta relieves del 15 al 30%; esto quiere decir que la producción agrícola debe realizarse utilizando técnicas silvopastoriles y de agroforestería, que permitan la conservación de suelos.

La agricultura perenne tuvo un incremento de 1,805 hectáreas, distribuidas en 451 hectáreas por año aproximadamente; este incremento del 170% en relación al año 2001, es el doble de lo que presenta la subcuenca Pueblo Viejo; pero esta distribuido

en su mayor parte fuera del área protegida, es decir que solamente en la zona de amortiguamiento podemos localizar un pequeñísima superficie destinada a este tipo de agricultura.

#### **3.4.4 EVALUACION**

A) Se realizaron dos mapas de uso actual del suelo para el año 2005, utilizando imágenes satelitales del 2003.

B) Los mapas generados están a escala 1:50,000 y muestran tres vistas tridimensionales de las distintas subcuencas esto con la finalidad de tener una mejor interpretación del detalle de estos mapas.

C) Se ubicaron 23 puntos geográficos de distintos usos del suelo entre ambas subcuencas, localizando una mayor heterogeneidad en la subcuenca Pueblo Viejo debido principalmente al crecimiento demográfico que repercute en una mayor presión hacia los recursos naturales.

D) En la subcuenca Zarco se georeferenciaron un mínimo de usos porque una superficie bastante amplia se ubica fuera de el área protegida y porque la ubicación de las comunidades no afecta a los recursos en la parte alta de dicha subcuenca; debido a que los usos agrícolas se realizan en los sectores con mejor potencial para tales actividades.

E) Dentro de los principales usos que se determinaron en ambas subcuencas están la agricultura anual, agricultura perenne, bosque latifoliado, bosque de galería y los asentamientos humanos.

F) De estos usos aun se conserva el 54% del bosque latifoliado en la subcuenca Pueblo Viejo y el 62% en la subcuenca Zarco; en ambas subcuencas cerca del 85% de este uso se ubica en las zonas núcleo y el porcentaje restante distribuido en pequeñas porciones en las otras zonas de manejo.

G) Los bosques de galería, es un uso muy afectado en la subcuenca Pueblo Viejo, debido a que por falta de conocimiento de parte de los comunitarios, esas superficies

son destinadas para la producción de cultivos agrícolas anuales, esto aumenta el riesgo de erosión en esas zonas.

H) En la subcuenca Zarco, las amplias superficies de bosques de galería se localizan en la parte baja de la subcuenca; específicamente aquella que esta fuera de el área protegida. En las áreas ubicadas dentro de la reserva que sirven para tal finalidad, se ubican sectores de guamiles que serán utilizados para la producción agrícola, infraestructura etc.

I) El avance de la frontera agrícola en la subcuenca Pueblo Viejo ha tenido un incremento del 15% a partir del año 2001; es decir que se han eliminado 98 hectáreas de superficie forestal para la Implementación de cultivos anuales y 450 hectáreas para cultivos perennes que significa un aumento del 85% en este tipo de agricultura.

J) En la subcuenca Zarco también existe un incremento en la agricultura anual del 17% en relación al estimado del año 2001; la superficie destinada para este uso es de 311 hectáreas que significa 78 hectáreas/año. En la agricultura perenne se destinaron 451 hectáreas anuales, quiere decir que al término de los cuatro años se tiene una extensión de 1,805 hectáreas destinadas para cultivos perennes y que representan un incremento del 170% en esta subcuenca.

K) En conclusión el avance de la frontera agrícola en la subcuenca Pueblo Viejo es en promedio del 50% y en la subcuenca Zarco del 93.5%.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Cruz S, JR De la. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 41 p.
2. Curso sobre la elaboración de planes de manejo para una cuenca hidrográfica (1, 2003, GT). Memorias. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, Fundación Defensores de la Naturaleza. 15 p.
3. Dix, M. 2000. Informe anual reserva de vida silvestre Bocas del Polochic: el impacto de la cuenca del río Polochic sobre la integridad biológica del lago de Izabal. Guatemala, Fundación Defensores de la Naturaleza. 140 p.
4. FAUSAC (USAC, Facultad de Agronomía, GT). 1997. Criterios para recomendar el manejo de la fertilidad del suelo: curso nacional de postgrado. Guatemala, F&G Editores. p. 51, 53, 54, 62, 67.
5. FDN (Fundación Defensores de la Naturaleza, GT). 2003. III plan maestro 2003-2008 reserva de biosfera Sierra de las Minas. Guatemala. 81 p.
6. González Escobar, CG. 1999. Estudio cualitativo de la composición forestal remanente de 400 a 1,200 msnm de la subcuenca del río Raxon Tzunun, reserva de la biosfera Sierra de las Minas, Panzos, Alta Verapaz, Guatemala. Tesis Ing. Forestal. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 41 p.
7. Herrera Ibáñez, IR. 1995. Manual de hidrología. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 223 p.
8. IGM (Instituto Geográfico Militar, GT). 1987. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja El Cimiento, no. 2261 -III. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
9. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Pueblo Viejo, no. 2261-1. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
10. \_\_\_\_\_. 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja La Tinta, no. 2261 -IV. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
11. \_\_\_\_\_. 1973. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Sierra de Las Minas, no. 2361-1V. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
12. \_\_\_\_\_. 1974. Mapa topográfico de la república de Guatemala: hoja Río Hondo, no. 2261-II. Guatemala. Esc. 1:50,000. Color.
13. INAB (Instituto Nacional de Bosques, GT). 2000. Manual para la clasificación de tierras por capacidad de uso. Guatemala, Instituto Nacional de Bosques. 96 p.
14. INE (Instituto Nacional de Estadística, GT). 2005. XI censo de población, VI de habitación 2002. Guatemala. 1 CD.

15. Linsley, RK. 1988. Hidrología para ingenieros. Trad. Alejandro Deeb, Jaime Iván Ordóñez, Fabio Castrillon. 2 ed. México, McGraw-Hill. 386 p,
16. Palma Espina, E. 1997. Como hacer un diagnóstico rural participativo (DRP). Catholic Relief Services Guatemala. Guatemala. 47 p.
17. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación, GT); Médicos del Mundo, GT; CARE, GT; Unión Europea, GT; Municipalidad de Panzós, GT). 2003. Estrategia para la reducción de la pobreza del puerto fluvial de Panzós, A.V. Guatemala. 137 p.
18. Simmons, C; Tárano T, JM; Pinto Z, JH. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la republica de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
19. Tot Coy, CL. 2000. Caracterización de los recursos naturales suelo, agua y flora en la subcuenca del río Tinajas, reserva de la biosfera Sierra de las Minas. Tesis Ing. Agr. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala USAC, Centro Universitario del Norte. 90 p.