

# ESTUDIO HIDROLÓGICO DE LA SUBCUENCA DEL RIO NUNUAPA

Documento No. 480  
Serie Técnica No. 1/2005

## RESUMEN EJECUTIVO



Convenio de colaboración entre  
DGFCR/MAG – Alcaldía de La Palma – Alcaldía de San Ignacio y PASOLAC

San Salvador, El Salvador marzo de 2005



## Ejecución y Desarrollo

Equipo Técnico del DGFCR: Ingenieros José Roberto Handal, Mario Ernesto Lobo, y Rafael Eduardo Ruiz

### Colaboradores:

- ✓ DGFCR: Ing. Hugo Arsenio Lone Bonifacio, Lic. Ramón Melara, Ing. Baltazar Rivera, Gonzalo Rivera.
- ✓ ANDA: Lic. Miguel Ángel Rodríguez
- ✓ Unidad de Salud de La Palma y San Ignacio específicamente a los promotores y promotoras de los cantones y caseríos Jupula, Jupulita, Jupulon, Tosinte, Santa Rosa, Los Pozos, El Rosario, Río Chiquito, Las Duanas, El Gramal, San José Sacare y El Tune, etc
- ✓ Alcaldía de La Palma: Administración anterior: Lic. Rolando Erroa, y Sr. Gerardo Aguilar, en administración actual Señor Héctor Alcides y sindico Gerber Mata
- ✓ Alcaldía de San Ignacio: Administración anterior, Ing. Adin Posada y de la administración actual Lic. Eleazar Guillen, Fancisco Erazo.

Encuestadores: Estudiantes del Instituto Nacional de La Palma y San Ignacio

### Revisión Técnica:

Unidad de Apoyo de PASOLAC: Heriberto Sosa, Xenia Marin

1. Introducción.	1
2. Objetivos	1
2.1. Objetivo General	1
2.2. Objetivos específicos.	1
3. Aspectos Generales	2
4. METODOLOGÍA.	3
5. RESULTADOS DEL ESTUDIO	4
5.1. Demanda del Agua	7
5.2. Balance Hídrico.	8
5.2.1. Generalidades.	8
5.2.2. Precipitación.	8
5.2.3. Escorrentía o Corrientes Superficiales de Agua.	8
5.3.1. Características Físicas del Agua.	10
5.3.2. Características Químicas.	10
a) Oxígeno Disuelto (OD).	11
b) Salinidad.	11
c) pH.	11
d) Otras sustancias.	11
5.3.3. Características Biológicas.	11
a) Coliformes Fecales.	11
b) Coliformes Totales.	11
6. Conclusiones.	13
7. Recomendaciones.	15



## **1. Introducción.**

El presente resumen ejecutivo es dar a conocer los principales resultados del Estudio Hidrológico de la Subcuenca del río Nunuapa, ubicada en la parte Norte del departamento de Chalatenango y incluye mayoritariamente los municipios de La Palma y San Ignacio

Es claro que un estudio hidrológico en una cuenca hidrográfica se constituye en la base técnica necesaria para planificar uso, manejo y desarrollo de los recursos hídricos, con una visión de sustentabilidad en beneficio del desarrollo social y económico, de los grupos humanos y otros seres vivos, que habitan en ella. Como corolario, se espera que la conducta de la población con relación al uso y manejo, del recurso hídrico, sea de aprovechamiento eficiente, oportuno y que, además, responda a una planificación, gestión, ejecución y control, del agua, a efecto de garantizar un incremento en la calidad de vida de las comunidades y la sostenibilidad del ciclo hidrológico en la zona, teniendo como eje principal la participación ciudadana.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

- Dar a conocer los resultados obtenidos del estudio entre los cuales están la evaluación de la oferta y la demanda del recurso hídrico, en función del tiempo, y con la visión de un aprovechamiento sostenido que permita el desarrollo integral del recurso, para beneficio económico, social y ecológico, de los pobladores de los municipios de San Ignacio y La Palma.

### **2.2. Objetivos específicos.**

- Determinar la cantidad y calidad del recurso hídrico en puntos estratégicos de la subcuenca del río Nunuapa.
- Determinar la demanda actual y futura del recurso agua para los diferentes usos en la subcuenca del río Nunuapa, orientada a la planificación de los PSA
- Recomendar las obras y acciones necesarias para iniciar el aprovechamiento sostenido del recurso hídrico, para suplir las necesidades domésticas, turísticas, agropecuarias y de todo tipo, que se tengan en la subcuenca.

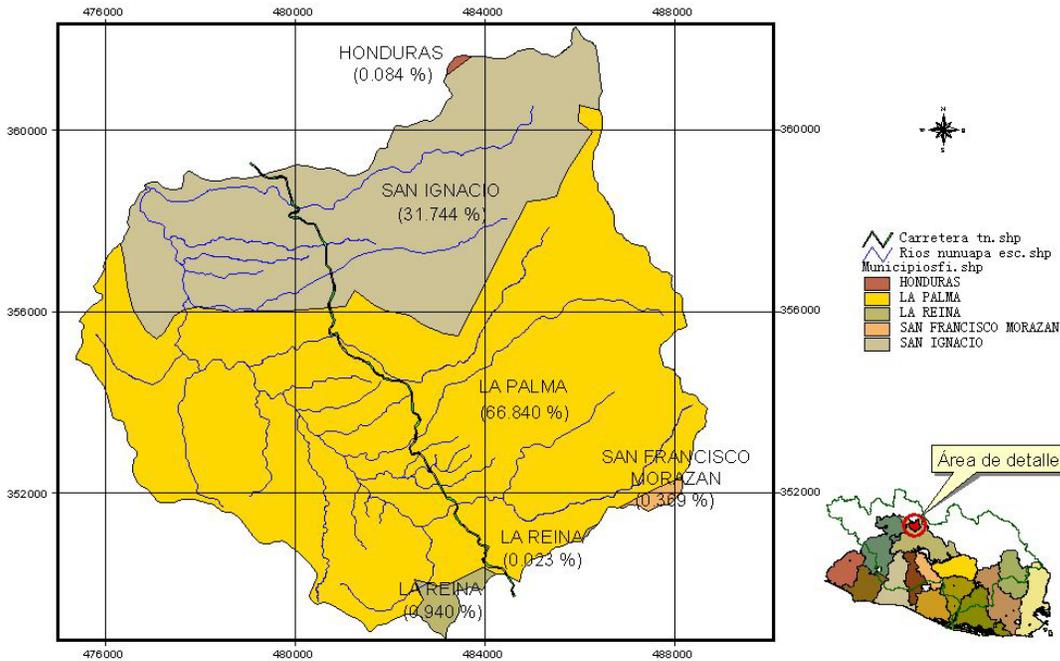
### 3. Aspectos Generales

El área de estudio está ubicada en la zona Norte del país, en el Departamento de Chalatenango e incluye una superficie de 112.186 Km<sup>2</sup>, pertenecientes, mayoritariamente, a los municipios de San Ignacio y La Palma, como puede verse en el Mapa 1:

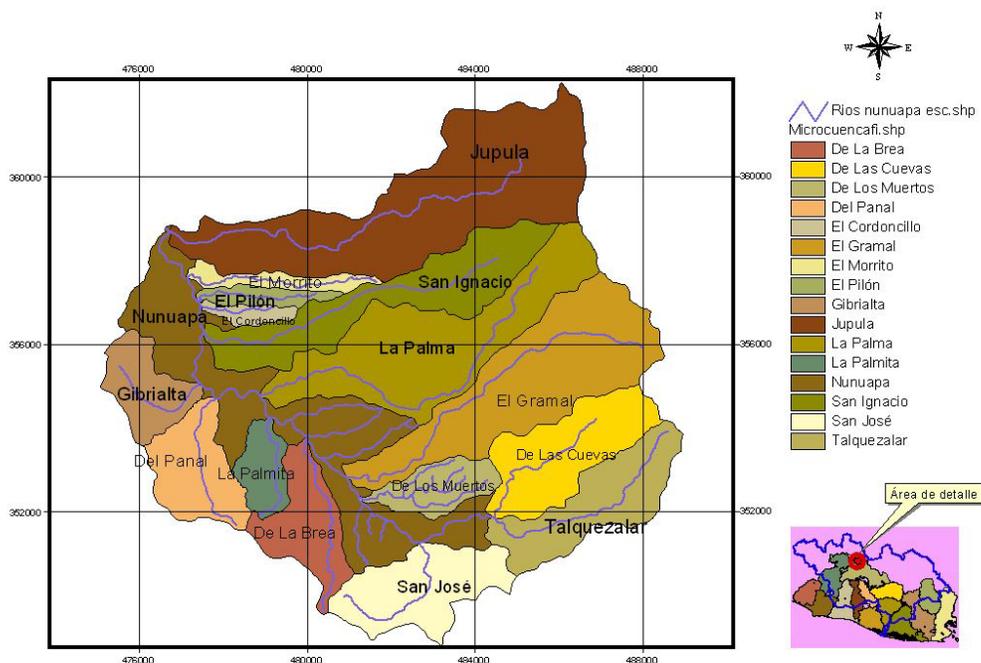
Cuadro 1  
Distribución del área de la sub cuenca del río Nunuapa, por municipio.

Municipio	Área en la sub cuenca (Km <sup>2</sup> )	Observaciones
San Ignacio	31.744	Incluye los ríos San Ignacio, Jupula y la parte baja del Nunuapa.
La Palma	66.840	Incluye los ríos La Palma, El Gramal, San José y la parte alta y media del Nunuapa.
La Reina	0.963	Incluye dos áreas ubicadas al Sur de la subcuenca
San Francisco Morazán	0.369	Incluye una pequeña porción ubicada al Sur y en la parte alta de la subcuenca.
Honduras	0.084	Incluye una pequeña porción territorial ubicada al norte de la microcuenca del río Jupula
Total	100.000	

Mapa 1: División política administrativa en la subcuenca del río Nunuapa



Mapa 2: Microcuencas del río Nunuapa



#### 4. METODOLOGÍA.

Las acciones que comprende la realización del estudio incluyen la búsqueda, recopilación, selección, procesamiento y análisis, de la información existente (mapas cartográficos, fotografías aéreas, estudios recientes e información pedológica, geológica, ambiental, meteorológica e hidrológica) la que ha sido integrada con los trabajos de campo, a efecto de editar y elaborar el documento sobre la base de toda la información obtenida, se procedió al análisis y procesamiento de la misma, para realizar el presente estudio, el cual fue complementado con las actividades siguientes:

Cabe mencionar que parte de la metodología incluye:

- Recorridos de campo del toda el área de la subcuenca.
- Fotointerpretación del área de la sub cuenca, con el fin de obtener información de interés (uso actual y futuro del suelo, deslizamientos existentes, sistema vial, drenajes y otros)
- Colecta de muestras de agua, con el fin de determinar en el laboratorio de Calidad del Agua de ANDA, parámetros físico químicos y bacteriológicos. (temperatura, pH, oxígeno disuelto, nitratos, nitritos y hierro total) en aguas superficiales y de algunos manantiales.

## 5. RESULTADOS DEL ESTUDIO

Cuadro No. 2: Resumen de la demanda del recurso hídrico por Municipio y Cantones, en la Subcuenca del río Nunuapa, para los distintos usos actuales (2003).

Municipio	Cantón	Población	Centros Educativos	Área Cultivada (Mz)	Aves	Ganado Bovino	Ganado Equino	Perros	Demanda de Agua (m <sup>3</sup> /día)	Demanda Anual (m <sup>3</sup> /año)	Caudal Requerido (l/s)
San Ignacio	Casco Urbano	1,488	3	0	650	300	50	410	406.845	148,498.425	4.709
	Santa Rosa	955	3	60	2112	170	150	109	2,045.779	193,317.189	23.678
	El Pinar	1,000	2	60	1820	115	23	190	2,034.496	189,199.040	23.547
	El Rosario	987	1	60	2895	200	30	106	2,038.599	190,696.453	23.595
	El Carmen	818	2	65	2280	289	44	169	2,168.829	192,114.585	25.102
	Río Chiquito	20		40	40	20	40	40	1,219.812	76,303.380	14.118
Totales San Ignacio		5,268	11	285	9,797	1,094	337	1,024	9,914.359	990,129.072	114.750
La Palma	Casco urbano	4,067	4	0	1830	600	25	606	975.479	356,049.835	11.290
	San José Sacare	1,204	3	20	4125	50	40	220	864.138	130,946.188	10.002
	Los Horcones	1,283	3	40	2832	600	100	312	1,545.810	195,292.504	17.891
	Los Planes y El Aguacatal	1,659	9	125	3467	175	75	301	4,160.945	365,844.962	48.159
	Las Granadillas	1,676	2	80	3349	120	40	317	2,777.790	276,037.241	32.150
	El Gramal	1,839	3	35	3326	250	30	447	1,464.633	211,778.972	16.952
	El Túnel	759	1	12	2235	75	50	119	530.846	83,080.208	6.144
Totales La Palma		12,487	25	312	21,164	1,870	360	2,322	12,319.639	1,619,029.908	142.588
Total ambos Municipios		17,755	36	597	30,961	2,964	697	3,346	22,233.998	2,609,158.980	257.338

Fuente: Elaboración propia en base al trabajo de campo y censos del sistema de salud local.

Gráfico 1

Consumo de agua San Ignacio (m<sup>3</sup>)

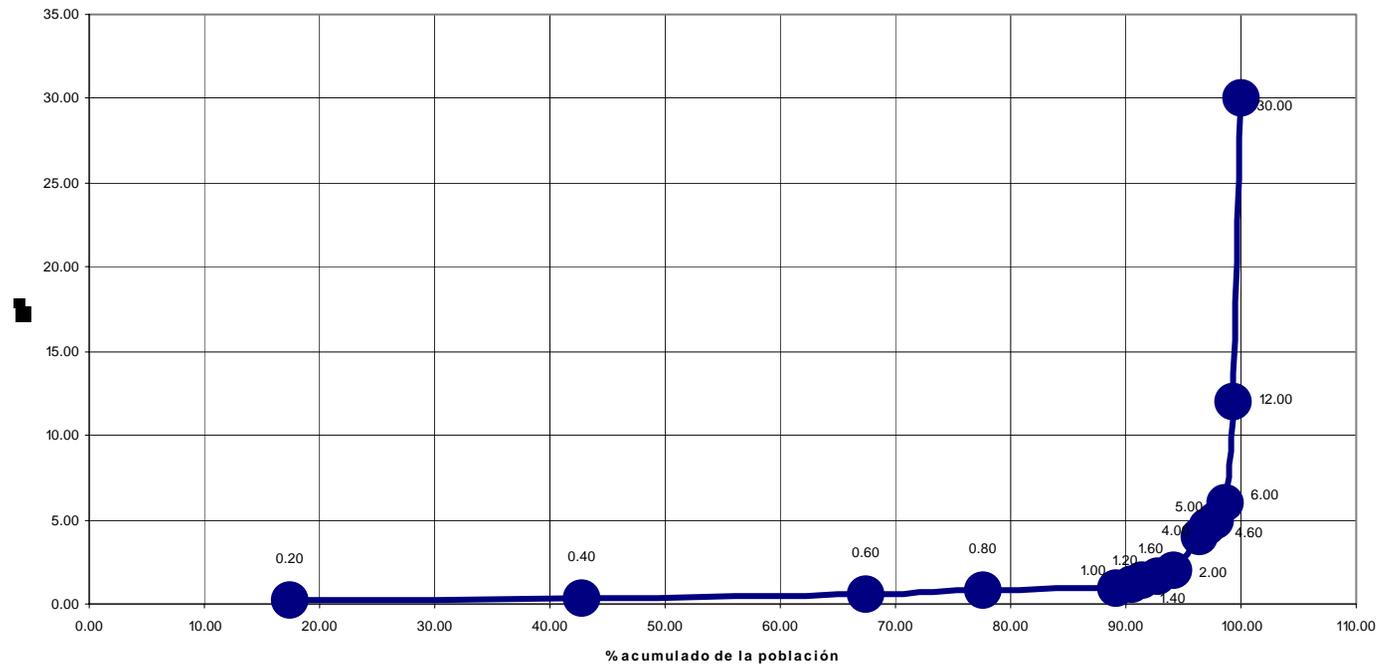
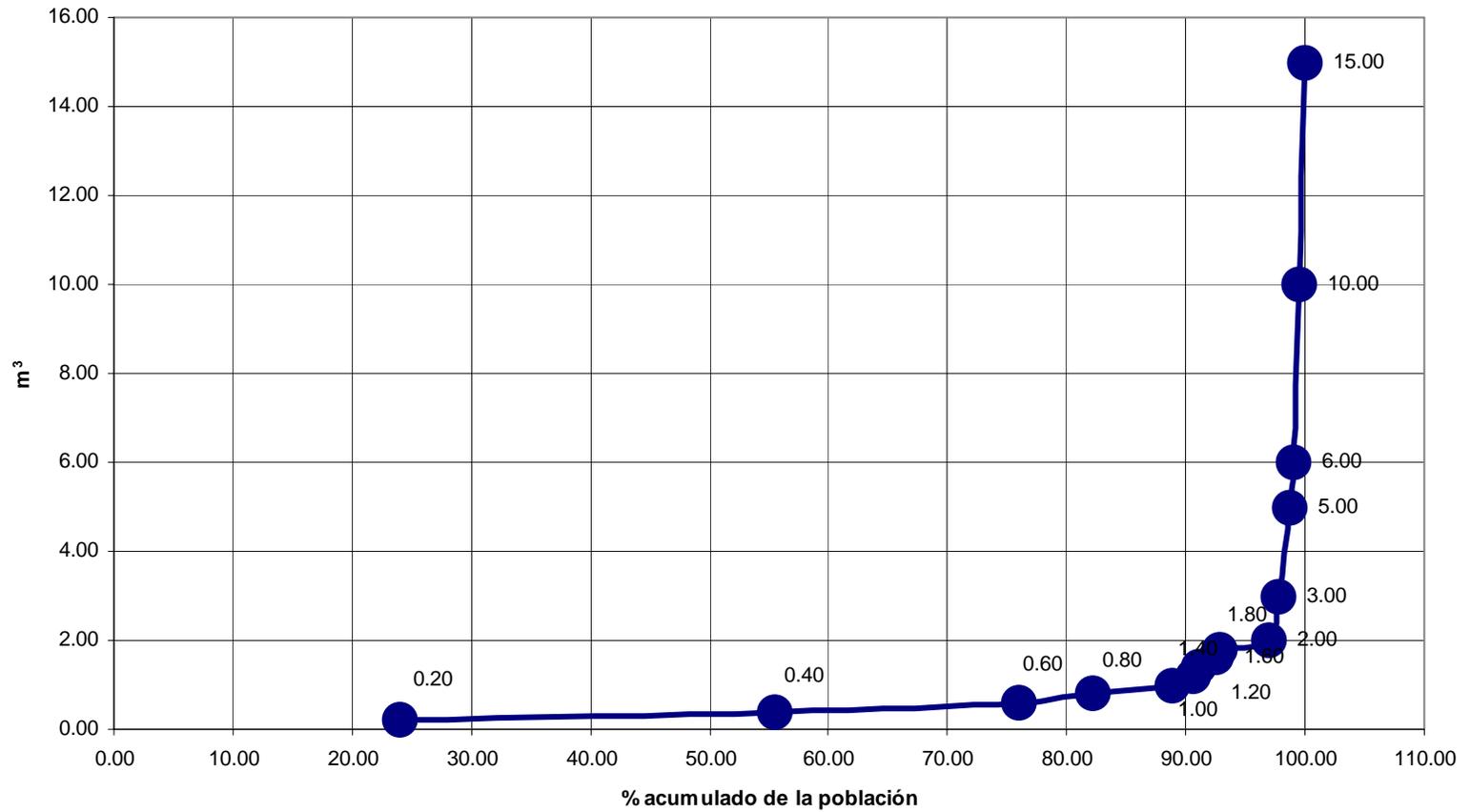


Gráfico 2

Consumo de agua La Palma (m<sup>3</sup>)



## 5.1. Demanda del Agua

Con relación al consumo de agua mensual destinada estrictamente al consumo humano, se ha podido observar que la mayor parte de la población de La Palma tiene un consumo mensual menor a los 20 m<sup>3</sup>, mientras que en San Ignacio, el consumo es de 18 m<sup>3</sup> mensual para el 70 % de la población. Lo anterior indica que la demanda por persona por día es menor a los 200 litros por día por persona, por lo que si adoptamos una dotación diaria del valor indicado, el cual supone un consumo adecuado para una persona, la demanda anual del recurso hídrico para todos los usos actuales en función del tiempo sería como se presenta en el cuadro 9, en el cual las otras variables que se incluyen mantienen, también, un crecimiento lineal.

Satisfacer la demanda futura es un reto importante para los Concejos Municipales de San Ignacio y La Palma, el cual sugiere, en un principio, la adopción de medidas relacionadas con la captación, almacenamiento, tratamiento y bombeo, del líquido vital; luego, y casi paralelamente, es imprescindible la ejecución de proyectos, programas y acciones, encaminadas, al incremento del agua disponible.

Cuadro 3  
Demanda anual de agua para todos los usos en el área de influencia  
de la sub cuenca del río Nunuapa desde 2003 al 2014.

Año	Población		Población Total	Demanda de agua (m <sup>3</sup> /año)
	La Palma	San Ignacio	Proyectada	
2003	12.487	5.268	17.755	2,609,158.98
2004	12.818	5.416	18.234	2,679,549.70
2005	13.149	5.564	18.713	2,749,940.41
2006	13.480	5.711	19.191	2,820,184.17
2007	13.811	5.859	19.670	2,890,574.89
2008	14.143	6.007	20.150	2,961,112.56
2009	14.473	6.155	20.628	3,031,356.32
2010	14.805	6.302	21.107	3,101,747.03
2011	15.135	6.451	21.586	3,172,137.75
2012	15.467	6.598	22.065	3,242,528.46
2013	15.797	6.746	22.543	3,312,772.23
2014	16.129	6.894	23.023	3,383,309.90

Es claro que mientras la demanda va en aumento, la única manera de satisfacerla será tomando las providencias pertinentes para el manejo de la misma dentro de la subcuenca, ya que actualmente se tienen serias limitaciones para satisfacerla durante la mayor parte de la época de estiaje, de tal manera que el servicio actual es deficitario a partir de mediados de enero y es crítico al final de la época seca, a finales de abril, como se ha comprobado en las visitas de campo durante los últimos tres años y en las encuestas utilizadas por este proyecto para sondear la situación del recurso hídrico.

El nivel de la demanda establecido en el cuadro 9 puede ser fácilmente cubierto con sólo asegurar un caudal de aducción de 166 litros por segundo durante el período que abarca la época lluviosa

de cada año, para cubrir las necesidades totales, tal como se encuentran las condiciones actuales, ya que sólo se necesita menos del 4 % de los recursos superficiales disponibles para cubrir la demanda global anual y en los próximos 12 años, sólo se requerirá alrededor del 5 % de los mismos.

Lo anterior implica estar preparados mediante la construcción de reservorios que en total no requieren ni el 1 % del área de la subcuenca, si se considera una profundidad media de 3.00 metros por estructura de captación. En tal sentido, la demanda de agua para todos los usos posibles requiere, al menos la construcción de 232 reservorios de 1,250.00 m<sup>2</sup> en el 2003, hasta completar 301 en el 2014. De hecho, las necesidades de construcción de tales elementos son menores, ya que se cuenta con alguna infraestructura al respecto. Por el momento la necesidad de estas estructuras se resumen en 86 para San Ignacio y el resto para La Palma, de modo que para resolver las necesidades de abastecimiento de agua en las zonas urbanas es de 28 para San Ignacio (casco urbano y El Pinar) y 29 para La Palma (casco urbano).

## **5.2. Balance Hídrico.**

### **5.2.1. Generalidades.**

Cuando hablamos de balance hídrico lo hacemos en el amplio sentido de la palabra, por lo que se considera la interrelación que existe entre los diferentes procesos del ciclo hidrológico, con las características físicas, químicas, biológicas y socioeconómicas, imperantes en la zona donde interviene el ciclo. Por ello, un balance hidrológico, implica, necesariamente, el análisis exhaustivo de las condiciones y posiciones, que presenta el agua en un determinado momento en su ámbito de acción, lo que incluye a la corteza terrestre y la atmósfera.

### **5.2.2. Precipitación.**

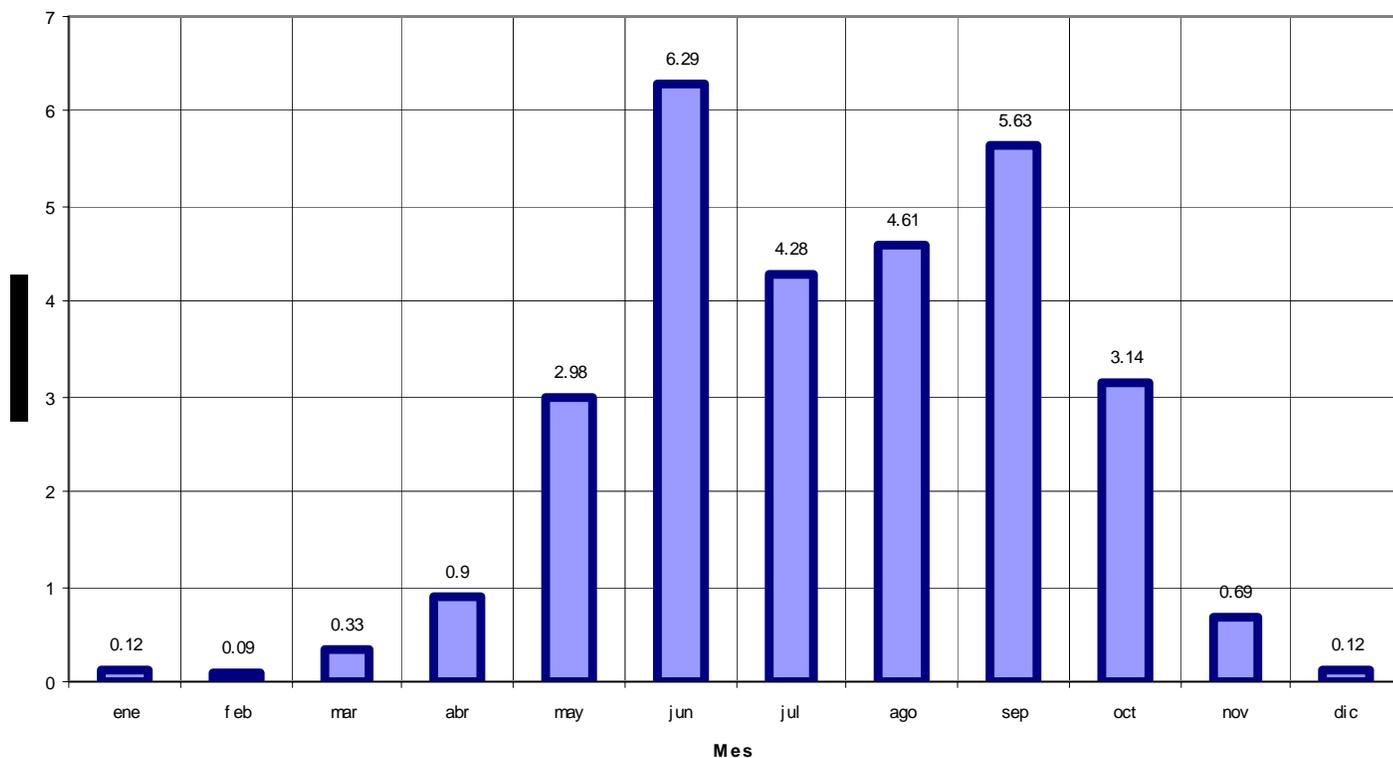
Como se había mencionado, en la estación lluviosa se concentra más del 92 % de la lámina anual de precipitación. Los datos de las distintas muestras, también, que más del 70 % de la lluvia anual cae entre las 6 de la tarde de un día y las 6 de la mañana del día siguiente, concentrándose alrededor del 92 % de la lluvia total anual en el rango de quince horas (de las 3 de la tarde de un día, hasta las 6 de la mañana de día siguiente), siendo el mes más copioso septiembre, aunque en el promedio resulta ser junio, de acuerdo con los datos de 29 años de registro.

### **5.2.3. Escorrentía o Corrientes Superficiales de Agua.**

Las corrientes superficiales de agua de la Subcuenca del río Nunuapa presenta incrementos muy importantes, como ya ha quedado establecido. Los datos recabados en las visitas de campo mediante aforos y el análisis de las huellas del cauce, permiten asegurar que los caudales en la parte baja, oscilan entre los 20 litros por segundo hasta un poco más de los 140 m<sup>3</sup>/s, bajo condiciones normales de precipitación. No obstante, en la mayor parte del tiempo de la estación lluviosa el caudal excede los 2000 l/s y, en avenidas pico, durante precipitaciones excepcionales, puede exceder los 200 m<sup>3</sup>/s, como se ilustra en los gráficos de Caudal instantáneo mensual y caudal del río Nunuapa en función del tiempo.

El gráfico Caudal instantáneo mensual es una representación de los caudales instantáneos medios mensuales y el caudal del río Nunuapa en función del tiempo la variación de los caudales en función del tiempo. Este ultimo gráfico nos da una idea precisa de las características del drenaje de la subcuenca, el cual es rápido y de escasa retención.

**Caudal instantáneo promedio mensual ( $m^3/s$ )**



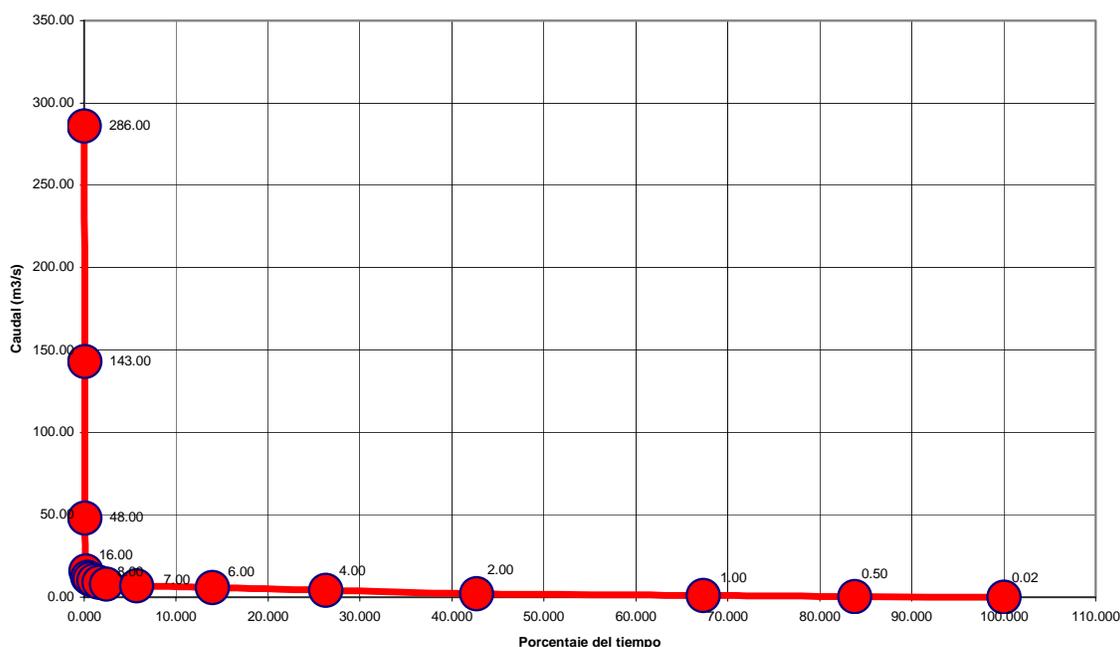
Los gráficos anteriormente mencionados, nos dan la pauta para las recomendaciones sobre el tipo de aprovechamiento del recurso hídrico disponible, el cual debe concentrarse en poco tiempo y en grandes volúmenes

### 5.3. Análisis de la Calidad del Agua

Cuando se habla del análisis de la calidad del agua, se hace referencia a una serie de variables relacionadas con el color, olor y sabor, de la misma. Estas variables son, por tanto, resultado de aspectos físicos, de la composición química y de la actividad microbiana o de vida existente en el cuerpo o corriente de agua en cuestión.

El río Nunuapa, en general es muy consistente en el comportamiento de todas las variables que se puedan cuantificar y cualificar, tal como se ha comprobado en las diferentes inspecciones y evaluaciones de campo, realizadas como base de este estudio, particularmente durante la estación lluviosa.

Caudal del río Nunuapa en función del tiempo (m<sup>3</sup>/s)



Las características físicas, químicas y bacteriológicas, son consistentes en el sentido que muestran escasa variación, independientemente de los caudales escurridos. Esto se explica por la escasa presencia de personas que habitan en la parte alta de su área de influencia. Se tienen variaciones importantes sólo en las proximidades de los centros urbanos, muy especialmente en San Ignacio.

### 5.3.1. Características Físicas del Agua.

Cuando hablamos de características físicas del agua, necesariamente se debe pensar en aquellos aspectos relacionados con el agua superficial de los cursos fluviales que conforman la red de drenaje del río en cuestión. Así, entre las variables más importantes que se han considerado al respecto, se pueden mencionar las siguientes:

- Turbidez.
- Temperatura del ambiente.
- Temperatura del agua.
- Conductividad.

### 5.3.2. Características Químicas.

Las características químicas de las aguas del río, son también resultado de evaluar una serie de variables, ya estandarizadas tanto en el procedimiento de la toma de muestras, como en la evaluación y comparación de los resultados.

Entre los aspectos que determinan una calidad aceptable del agua, están el contenido de elementos extraños a ella (sea en forma de sales o de elementos o de compuestos), el pH y la cantidad de oxígeno disuelto.

- a) Oxígeno Disuelto (OD).
- b) Salinidad.
- c) pH.
- d) Otras sustancias.

### **5.3.3. Características Biológicas.**

Como se sabe, del análisis bacteriológico de las muestras de agua, se obtiene uno de los parámetros de calidad más sensibles, relacionados con la aptitud de la misma para el consumo humano. Para este efecto se analizaron los Coliformes Fecales y Totales, de las muestras

- a) Coliformes Fecales.

Los resultados de los análisis practicados en tres puntos próximos a obras de paso sobre la carretera Troncal del Norte (Nunuapa, La Palma y San Ignacio), son categóricos con relación a este parámetro. En todos los casos se exceden los límites permitidos para aguas destinadas al consumo humano, ya que para este propósito los contenidos de este indicador deben ser nulos en 100 ml.

De los resultados se puede inferir que son coherentes con las condiciones de ubicación, uso y accesibilidad, ya que se utilizan como depósitos de basura y se vierten todo tipo de desechos, incluyendo aguas servidas.

- b) Coliformes Totales.

Los resultados de este indicador bacteriológico, también es coherente con las condiciones planteadas para los Coliformes Fecales, ya que se tiene una cantidad muy elevada de Coliformes Totales en el punto que presenta el valor más alto de los Fecales, lo que es coherente por los desechos de los animales que abrevan en el río y el tipo de abonos que se utilizan en la parte alta (gallinaza en estado orgánico). No obstante, el mayor número de bacterias coliformes se tiene en un punto aguas abajo de las obra de paso sobre la carretera Troncal del Norte, lo que es coherente por la mayor presencia de ganado, tanto en el río como en los terrenos adyacente de la margen izquierda del mismo.

A manera de comparar los resultados obtenidos de las aguas del río Nunuapa, con los correspondientes límites de tolerancia aceptados en las aguas utilizadas para el consumo humano y de las aguas residuales vertidas a las alcantarillas o cauces naturales, de acuerdo con la Norma Salvadoreña Obligatoria para la Calidad del Agua Potable y el Decreto 50, respectivamente.

Cuadro 4: EJEMPLO de Datos comparativos de las aguas superficiales del río Nunuapa (Km 80 carretera Troncal del Norte), con los límites establecidos en la norma salvadoreña para aguas utilizadas en el consumo humano y con los límites establecidos por el Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental Decreto 50.

Característica/Indicador	Muestras del río Nunuapa	Límite Recomendado para el consumo humano	Límite admisible para Cuerpo Receptor art. 19 Decreto 50
<b>Física</b>			
Temperatura (° C)	20	18 - 30	± 5° C del cuerpo receptor
Color (UUC)		NR (Incoloro)	
Olor		NR (Inoloro)	
Sólidos Disueltos (ppm)		300	
Sólidos Totales (ppm)		300	
Turbidez (UNT)	11.55	1	
Conductividad (µmho/cm)	87.1	500	
Salinidad (%)		-	
<b>Química</b>			
pH	7.93	6.0 – 8.5	± 0.5 Unidades del cuerpo receptor
Oxígeno Disuelto	8.9	-	>= 5 ppm
Alcalinidad Total como CaCO <sub>3</sub> (ppm)		30	
Dureza Total (ppm)	28.62	100	
Nitratos (ppm)		10	
Nitritos (ppm)		1	
Nitrógeno Amoniacal (ppm)		0	
Cloruros (ppm)		25	
Fosfatos (ppm)		-	
Fósforo Total (ppm)		-	
Sulfatos		25	
<b>Detergentes</b>			
Grasas y Aceites (µg/l)		No Detectable	
Arsénico		0.01	
Mercurio		0.001	
Cromo		0.05	
Plomo		0.01	
DBO5			
DBO21			
DQO			
<b>Microbiológicas</b>			
Coliformes Fecales (UFC/100ml)	500	0	1000
Coliformes Totales (UFC/100ml)	24000	0	5000

## 6. Conclusiones.

- ✓ Los cálculos realizados muestran que el consumo real del año 2003 es sólo alrededor del 85 % de los proyectado para el uso estrictamente domiciliario y apenas el 42 % del requerido para todos los usos posibles en toda la subcuenca.
- ✓ Por otra parte, la zona se caracteriza por tener altas precipitaciones, áreas muy pronunciadas, suelos poco profundos, escasa vegetación en las zonas de recarga y usos inadecuados de los terrenos, incluyendo trazos inconvenientes de la red de caminos.
- ✓ Al relacionar estos índices con la clasificación agrológica de los suelos, se tienen más de 90 km<sup>2</sup> del área total de la Subcuenca, que presentan serias restricciones para cultivos de temporada o cultivos extensivos e intensivos.
- ✓ Las lluvias interactuando con las actividades humanas, provocan que en las áreas deforestadas se generen surcos de erosión y éstos eliminan las partes bajas que soportan las partes altas, originándose después los deslizamientos y corrimientos.
- ✓ Los deslizamientos de las partes altas hacen más crítica la recarga acuífera, de modo que existe una clara tendencia a que el régimen permanente de los ríos se convierta en estacional, es decir, en lugar de ríos tendremos quebradas, de no modificar el patrón de desarrollo socioeconómico actual.
- ✓ La disponibilidad del agua en la zona tiene claras tendencias a concentrarse como escorrentía superficial.
- ✓ La parte alta de los ríos El Gramal y Nunuapa (De Los Muertos y Talquezalar) se constituyen como las fuentes potenciales de abastecedor del agua para consumo humano de la zona. No obstante ya se tienen indicios de contaminación.
- ✓ Existe posibilidad de agua subterránea hacia el sur de la subcuenca en la zona definida por una falla tectónica que se prolonga hasta el Cantón El Jardín, cuyo recurso no puede obviarse para el futuro inmediato.
- ✓ La calidad de las aguas es buena, aguas arriba de las concentraciones urbanas de San Ignacio y La Palma; pero muy contaminadas aguas abajo de las mismas.
- ✓ La distribución anual de la lluvia en la Subcuenca del río Nunuapa se caracteriza por mayores valores de lámina de agua en las montañas, disminuyendo hacia la parte baja hasta un valor de 1900 mm. En total, el volumen de precipitación media anual es mayor a los doscientos treinta y nueve millones de metros cúbicos (239,128,814 m<sup>3</sup>) de los cuales alrededor del 28 % queda como recurso disponible (67,403,158 m<sup>3</sup> de agua), sea como agua superficial o como agua subterránea. De esa disponibilidad del recurso hídrico sólo se aprovecha menos del 5 %, lo que significa un superávit de los recursos hídricos y mal manejo de los mismos.
- ✓ Tal como se aprovecha actualmente el recurso hídrico, se tienen y se tendrán dificultades para el abastecimiento domiciliario a partir de la segunda quincena de enero de cada año, hasta el establecimiento de la siguiente estación lluviosa. Se puede afirmar que, con esas cantidades de agua, es posible aprovechar aún más el recurso disponible, lo que puede hacerse mediante la ejecución de programas que incluyan cambios en el uso del suelo, forestación y mediante la construcción de obras para el control torrencial y para la captación de aguas superficiales.
- ✓ Las corrientes superficiales de agua de los ríos afluentes al Nunuapa presentan incrementos importantes durante la estación lluviosa. Los datos recabados en las visitas de

campo mediante aforos y el análisis de las huellas del cauce, permiten asegurar que los caudales en la parte baja, oscilan entre los 0.02 metros cúbicos por segundo hasta un poco más de los 100 m<sup>3</sup>/s, bajo condiciones normales de precipitación. No obstante, el caudal de las avenidas máximas excede los 200 m<sup>3</sup>/s, los que suceden durante precipitaciones excepcionales. En consecuencia, el caudal del río permite un uso sostenido del recurso hídrico durante la mayor parte del año, para casi toda la Subcuenca, ya que el caudal base es aportado por los acuíferos de los Cerros Miramundo y Malcotal, por un lado; y, por el complejo de El Pital, por otro.

- ✓ Considerando los valores determinados in situ y por el Laboratorio de Calidad del Agua de ANDA, se puede concluir que los problemas de los ríos que componen la red de drenaje secundaria del río Nunuapa (El Gramal, La Palma, San Ignacio y Jupula) se deben básicamente al aporte de desechos sólidos, al vertido de aguas residuales domésticas sin tratamiento y a la reducción paulatina del caudal mínimo de estiaje. Esto último disminuye la capacidad de dilución y autodepuración de los ríos. Los muestreos de campo y los resultados de los análisis (particularmente el OD, los coliformes totales y fecales y los indicadores biológicos) confirman que la mayor degradación en la calidad ambiental de los ríos se debe a la introducción de carga orgánica y bacteriana, lo que disminuye la vida acuática y la productividad de peces y crustáceos, limitando así la cadena alimenticia. Asimismo se incrementa el riesgo de enfermedades para el ser humano y se restringe el uso múltiple del recurso hídrico.
- ✓ El mayor impacto negativo de origen antrópico a los ríos, se identifica aguas abajo de los núcleos poblacionales, siendo los ríos que presentan el mayor grado de relevancia del impacto indicado, en su calidad, La Palma y San Ignacio. Estos ríos al confluir al Nunuapa, deterioran la calidad estética y sanitaria, del último.
- ✓ En general los afluentes del río Nunuapa, aguas arriba de las concentraciones urbanas, presentan aguas de buena calidad para el consumo humano, por lo que pueden aprovecharse durante la mayor parte del año y particularmente durante la época lluviosa.

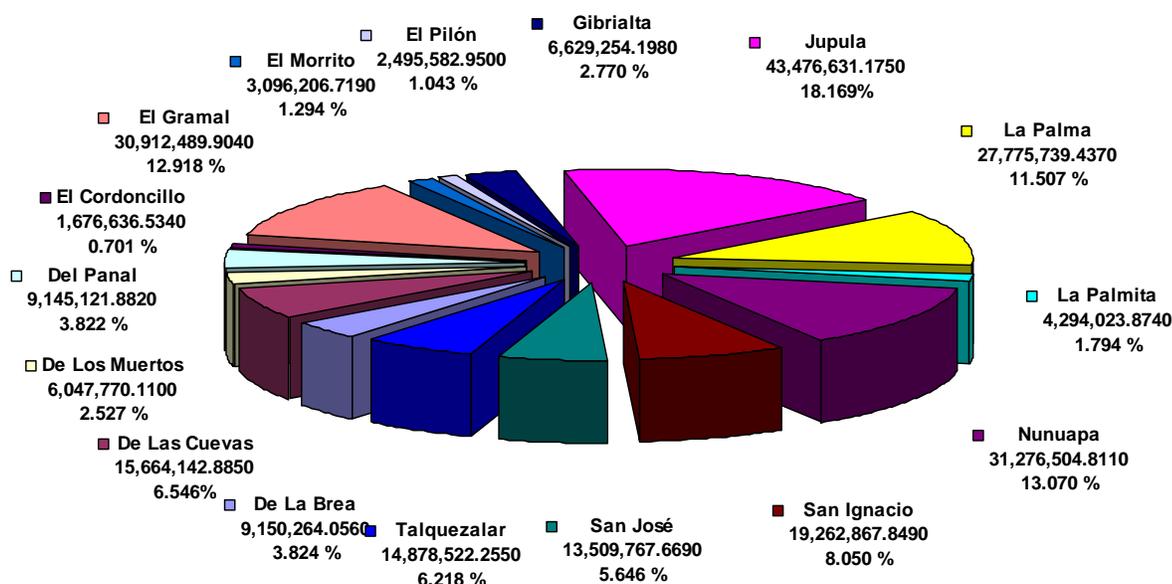
## 7. Recomendaciones.

- ✓ Es recomendable que la mayor parte de la Subcuenca sea utilizada con cultivos de carácter permanente, a los cuales se les puede añadir opciones de cultivos para la existencia de la población que habita en su área de influencia, de modo de compatibilizar el uso del suelo con su capacidad natural. La plantación de frutales, maderables y leña, es una opción que debe de integrarse a la vida económica de la población de la zona.
- ✓ El uso de las aguas para el riego de pastizales y hortalizas, en los terrenos de la parte baja y media de la Subcuenca, prácticamente no requiere tratamientos costosos, ya que la aireación en los canales garantiza una calidad aceptable, siempre que las obras de conducción se protejan de los peligros de la contaminación con excretas de los animales u otros elementos existentes en el ambiente. Asimismo, el cultivo de granos básicos y de forrajes, es viable realizarlo en parcelas de pequeñas dimensiones y haciendo uso de tecnologías conservacionistas (cultivos agroforestales).
- ✓ Es imperioso crear un programa de forestación que incluya especies nativas de la zona, muy particularmente de Roble, Encino y Guachipilín, los que son muy resistentes y son una garantía para la estabilidad de las laderas, la absorción y la retención de agua. Es un hecho constatado y la experiencia así lo demuestra que el Roble es uno de los árboles que hay que recuperar, ya que si bien necesita mucha agua (como dice la canción), no la implora, sino que la succiona desde donde se encuentra.
- ✓ Es conveniente realizar un estudio relacionado con el control torrencial, a efecto de regularizar los caudales del río, sobre todo de los caudales pico. Pero lo más importante de la regularización de los caudales lo constituye el hecho de crear saltos artificiales capaces de airar el flujo y de incrementar la cantidad de Oxígeno Disuelto en las aguas, lo que, en definitiva, incidiría en la calidad estético-sanitaria del líquido vital y en la posibilidad de favorecer la acuicultura, el turismo, y el incremento de la oferta para el consumo humano, al tiempo de crear las condiciones para descomponer los desechos orgánicos de una manera más eficiente. Las obras deben incluir, particularmente, la protección de márgenes.
- ✓ A efecto de evitar la reducción de Oxígeno en las aguas del cauce y de evitar la amplificación de los efectos de sustancias que consumen cantidades importantes del mismo, es recomendable la eliminación, al máximo posible en la práctica, del uso de detergentes, aceites y grasas, dentro del cauce del río; asimismo, es importante controlar el abrevado del ganado de una manera directa en el cauce, ya que esto redundaría en la reducción de estiércol y otros contaminantes naturales que incrementan la demanda de Oxígeno para su descomposición total.
- ✓ Para eliminar la contaminación con sustancias tóxicas, es conveniente realizar un monitoreo permanente en varios puntos del cauce de los ríos San Ignacio y La Palma, sobre todo en aquellos puntos cuyos resultados de los análisis fueron adversos. Del resultado del estudio de estas sustancias deberán salir las recomendaciones pertinentes para el tratamiento de las aguas. Aquí, es conveniente eliminar el vertido directo de desechos sólidos sobre los cauces naturales; asimismo, es necesario contar con un plan de manejo integral de los desechos sólidos, para los dos municipios, lo que incluye la selección y separación de desechos, programas de concientización y de educación ambiental y la selección del sitio y diseño de plantas de tratamiento sanitario.

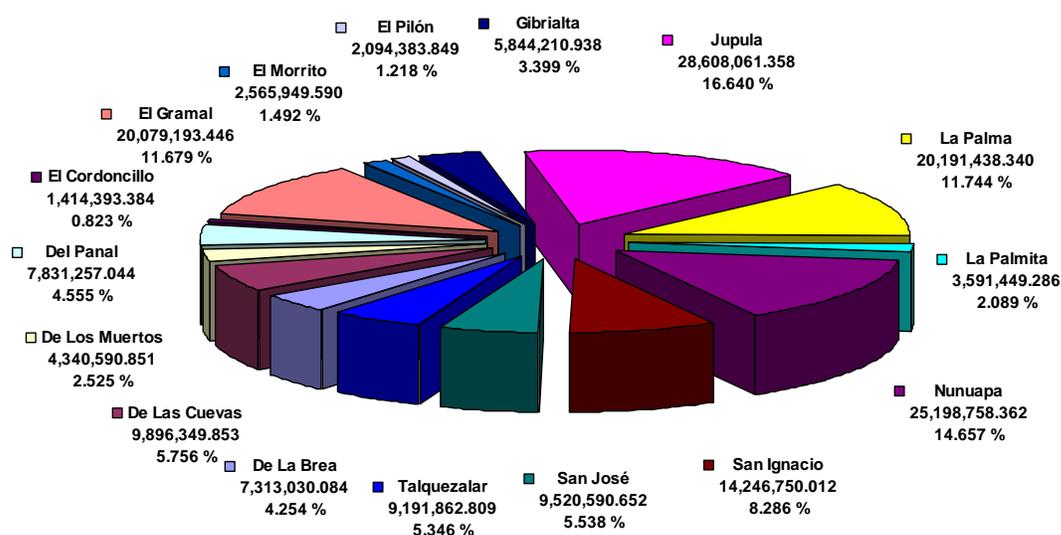
- ✓ A efecto de controlar la contaminación bacteriológica existente en las aguas del río, es imperiosa la necesidad de crear e implementar un proyecto de letrinitización masiva y el tratamiento previo al vertido de las aguas residuales provenientes de los centros urbanos. El programa de letrinitización debe de acompañarse de los programas de educación necesarios. En este aspecto ya existen una diversidad de modalidades probadas a lo largo y ancho del mundo y del país, por lo que iniciar este proceso de saneamiento no será muy difícil en la zona de influencia de la Subcuenca.
- ✓ Para mantener las condiciones del clima dentro del cauce, favorecer la fotosíntesis en el medio acuático, ampliar la capacidad de producción de oxígeno y garantizar una cadena alimenticia amplia, es recomendable mantener y extender, los bosques de galería existentes, lo que es un verdadero reto para la población y las futuras generaciones, sobre todo por el alto consumo de leña como combustible básico en la zona. Esto sugiere el mantenimiento de zonas de protección lateral a lo largo de los cauces naturales de la zona, lo que hay que extenderlo a los manantiales o afloramientos de agua.
- ✓ Finalmente, es recomendable apoyar a los gobiernos locales en la elaboración de la normativa correspondiente, relacionada con el uso, protección conservación y manejo, de los recursos disponibles, particularmente de los recursos agua y suelo. Al respecto, con los resultados del presente estudio se pueden elaborar, en conjunto con los Concejos Municipales, sendas Ordenanzas Municipales, para garantizar, hasta donde sea posible, la cantidad y calidad del recurso agua en la Subcuenca del río Nunuapa, como resultado de incorporar en la normativa aspectos de interés relacionados con la conservación de suelos, el control torrencial y medidas de protección de manantiales.

Volumen precipitado = 239.3 millones de m<sup>3</sup>/año

**Volumen de precipitación media anual por microcuencas (m<sup>3</sup> y %)**



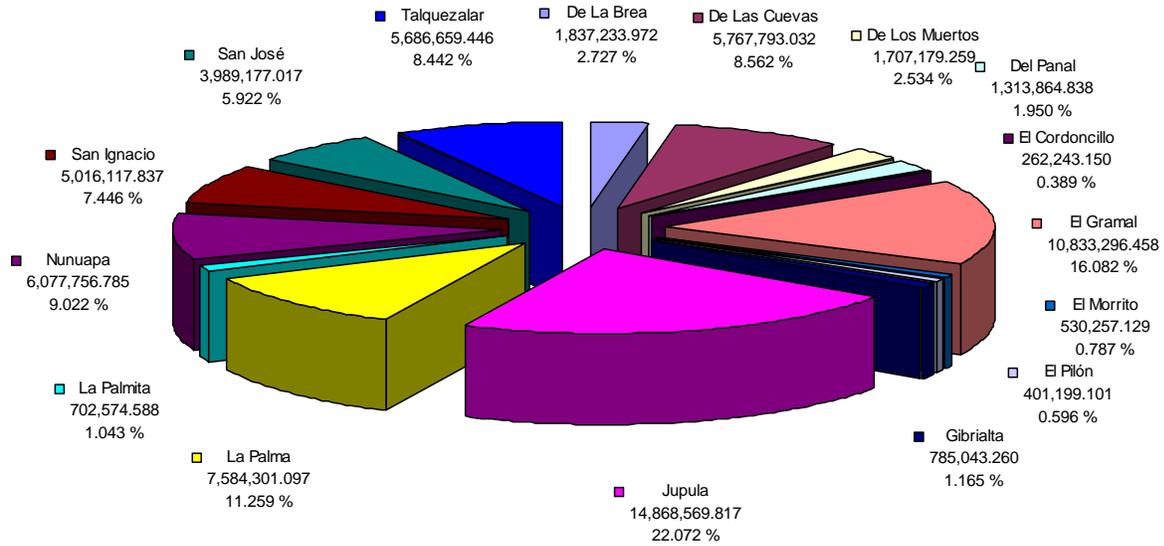
**Volumen de Evapotranspiración media anual por microcuencas (m<sup>3</sup> y %)**



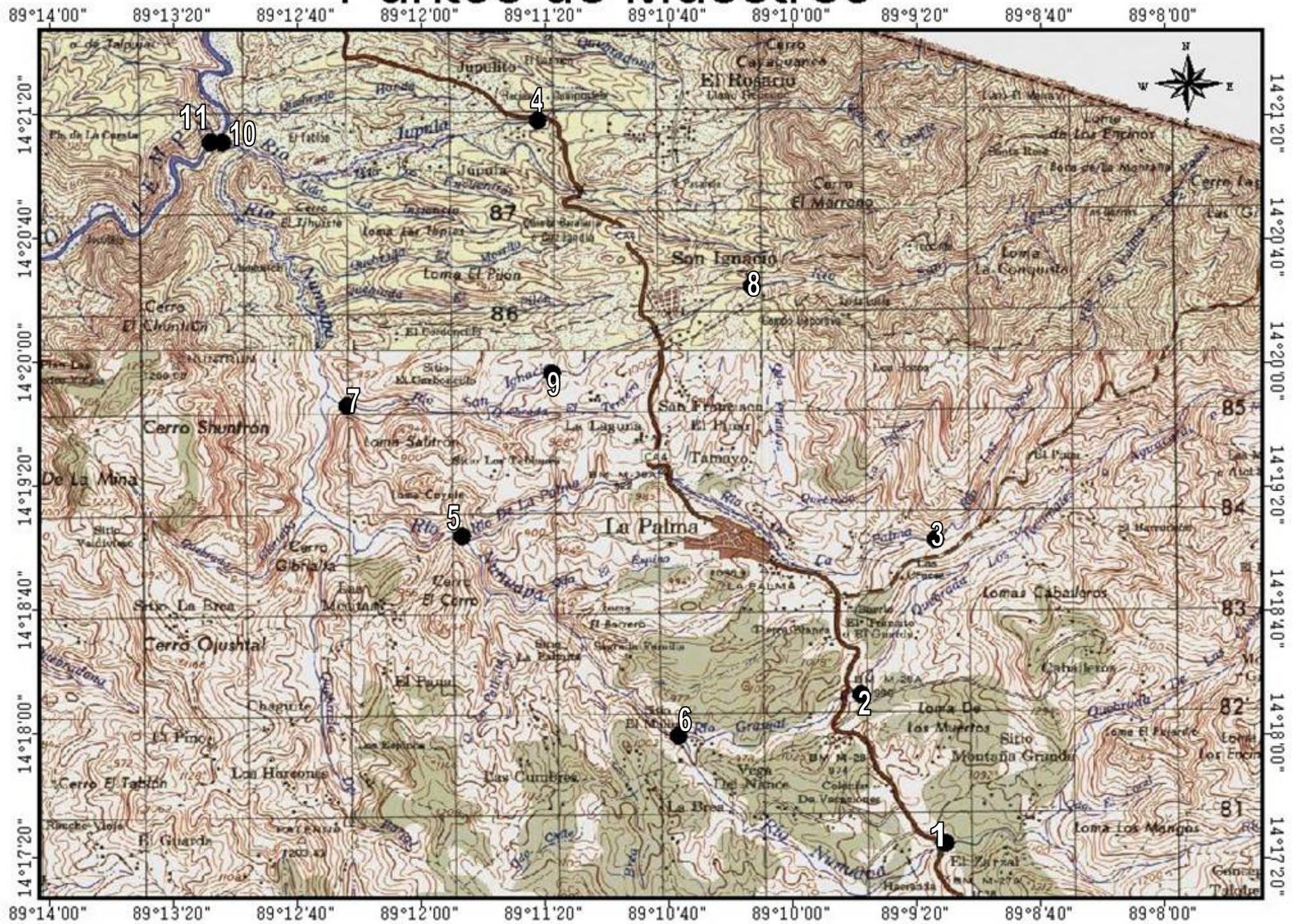
Volumen evapotranspirado = 171.9 millones de m<sup>3</sup>/año

Volumen disponible = 67.4 millones de m<sup>3</sup>/año

Recurso Hídrico Medio Anual Disponible por Microcuencas (m<sup>3</sup> y %)

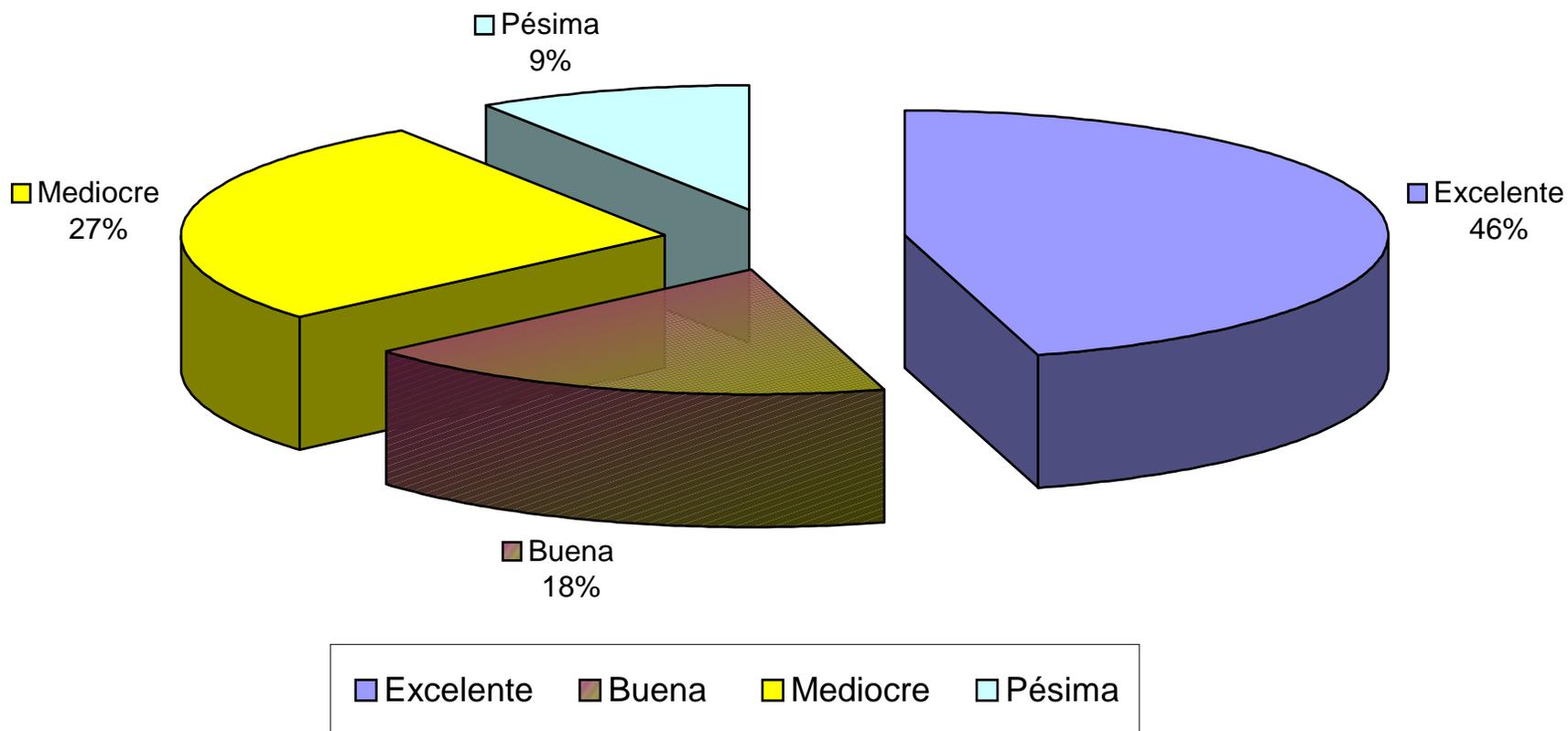


# Puntos de Muestreo



PUNTO MUESTREADO	UBICACION	FECHA DE MUESTREO	ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO	ANÁLISIS BACTEREOLÓGICO	RECOMENDACION
1	Río Nunuapa, 20 m aguas arriba de puente TN	18/12/02	MEDIOCRE	PESIMA	Debe haber saneamiento básico (manejo adecuado de desechos sólidos, excretas y aguas residuales), así como buenas prácticas agrícolas en la cuenca. Identificar posible tratamiento para remoción de manganeso si se utilizará para consumo humano.
2	Río El Gramal, 100 m aguas arriba del puente TN.	18/12/02	EXCELENTE	EXCELENTE	Proteger la cobertura arbórea y mantener el desarrollo urbano de forma planificada
3	Captación Las Cruces, Río La Palma.	18/12/02	MEDIOCRE	BUENA	Diagnostico orientado a identificar la oferta hídrica y posible tratamiento para Manganeso.
4	Río Nunuapa, 25 m. Aguas abajo de puente TN.	09/01/03	EXCELENTE	BUENA	Debe priorizarse como una futura fuente de abastecimiento para consumo humano, lo que implica una adecuada intervención y planificación dentro de la cuenca.
5	Río Nunuapa, 50m. abajo de la confluencia del río la Palma.	09/01/03	BUENA	MEDIOCRE	De identificarse el uso del agua para actividades domésticas y agropecuarias, se deberá corregir la fuente de mayor contaminación del río La Palma.
6	Río Nunuapa, 25m. Aguas debajo de confluencia del río El Gramal	09/01/03	BUENA	PESIMA	Debe haber saneamiento básico rural orientado a prevenir que las actividades domésticas y agropecuarias sean fuentes de contaminación en la cuenca.
7	Río San Ignacio, 200 m. Aguas arriba de la confluencia con río Nunuapa	23/01/03	EXCELENTE	PESIMA	Debe hacerse un buen manejo de las aguas residuales y los desechos sólidos del casco urbano de San Ignacio
8	Río San Ignacio, 500m. aguas arriba del Vado Pié de la Cuesta.	24/01/03	EXCELENTE	BUENA	Debe priorizarse como una futura fuente de abastecimiento para consumo humano, lo que implica una adecuada intervención y planificación dentro de la cuenca.
9	Río San Ignacio, 1 Km. aguas abajo del puente de Carretera TN, Hotel Entrepinos	24/01/03	PESIMA	PESIMA	Debe hacerse un buen manejo de las aguas residuales y los desechos sólidos del casco urbano de San Ignacio
10	Río Nunuapa, 15m. antes de confluencia con río Lempa	11/03/03.	EXCELENTE	BUENA	De considerarse como posible fuente de abastecimiento humano implica una adecuada intervención y planificación dentro de la cuenca.
11	Río Lempa, 25m aguas abajo confluencia con río Nunuapa	11/03/03	MEDIOCRE	PESIMA	De considerarse como posible fuente de abastecimiento, se deberán de identificar los correspondientes tratamientos para garantizar la calidad físico-químico y bacteriológica.

### Calidad Físico - Química del agua (% de las muestras)



### Calidad Bacteriológica del agua (% de las muestras)

