



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**



BALANCE DE CONSTITUYENTES QUÍMICOS EN EL EMBALSE DE PAO CACHINCHE

Autor:
Rosimel B. Recca E

Naguanagua, Abril de 2.013



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN DE POSTGRADO**



BALANCE DE CONSTITUYENTES QUÍMICOS EN EL EMBALSE DE PAO CACHINCHE

**Trabajo Especial de Grado presentado ante el área de Estudio de Postgrado de la
Universidad de Carabobo para Optar al Título de Magister en Ingeniería Ambiental**

Tutor:
Dr. Edilberto Guevara

Autor:
Rosimel B. Recca E

Naguanagua, Abril de 2.013

ÍNDICES

	CONTENIDO	Pág.
	Índice General	
	Índice de Tablas	
	Índice de Figuras	
	Dedicatoria	
	Agradecimiento	
	Introducción	
	Capítulo I	
	El Problema de la Investigación	
1.1	Planteamiento del Problema	1
1.2	Formulación del Problema	8
1.3	Objetivos de la Investigación	9
1.3.1	Objetivo General	9
1.3.2	Objetivos Específicos	9
1.4	Justificación de la Investigación	9
1.5	Alcance y limitaciones	11
	Capítulo II	
	Marco Referencial	12
2.1	Antecedentes	12
2.2	Bases Teóricas	16
2.2.1	El Agua. Generalidades	16
2.2.2	Agua Potable	21
2.2.3	Calidad del Agua	21
2.2.4	Alcalinidad	23
2.2.5	Oxígeno Disuelto	24
2.2.6	Demanda Bioquímica de Oxígeno	25
2.2.7	Demanda Química de Oxígeno	26
2.2.8	Constituyentes y Efectos sobre su Uso	27
2.2.9	Sólidos. Importancia Ambiental	31
2.2.10	Constituyentes Inorgánicos en Trazas	31
	Balance de Constituyentes	34
	Balance Hídrico	38
	Precipitación	39
	Evaporación	40
	Transpiración	41
	Evapotranspiración	41
	Esguerrimiento o Caudal	42
	Balance Hidrológico	43
2.3	Bases Legales	44
2.3.1	Marco Legal Ambiental Venezolano	44

	CONTENIDO	Pág.
	Leyes	44
	Decretos	45
2.4	Definición de Términos	48
	Capítulo III	50
	Marco Metodológico	50
3.1	Nivel de la Investigación	50
3.2	Unidad de Estudio	50
3.3	Fases de la Investigación	52
3.3.1	Fase 1. Recolección de Datos	52
3.3.2	Fase 2. Caracterización del Embalse (Subsistema I y II)	53
	Fase 3. Realización de Tomas de Muestra en tiempo de sequía y en tiempo de lluvia	58
3.3.4	Fase 4. Balance Hídrico y de Constituyentes	60
3.3.5	Fase 5. Análisis de la Situación Ambiental del Embalse	69
	Capítulo IV	75
4.1	Resultados y Discusión	75
4.1.1	Caracterización de los Tributarios y del Embalse (subsistema I, II y III)	75
4.1.1	Tributarios	80
4.1.2	Realización de Tomas de Muestras en Tiempo de Lluvia	81
	Métodos utilizados para la captación de muestras	63
	Análisis de la Información sobre la calidad de las aguas del Embalse Pao Cachinche y Tributarios	82
4.1.3	Balance Hídrico y de Constituyentes	116
	Determinación de las variables hidrológicas que van a requerirse en desarrollo del Balance Hídrico	116
	Balance Hídrico	137
	Determinación de los constituyentes químicos involucrados en desarrollo del Balance de Constituyentes	140
4.1.4	Análisis de la Situación Ambiental del Embalse Pao Cachinche	163
4.2	Propuesta de Saneamiento	169
	Capítulo IV	175
	Conclusiones y Recomendaciones	175
5.1	Conclusiones	175
5.2	Recomendaciones	180
	Referencia Bibliográfica	181
	Apéndices	
	Apéndice A	185
	Apéndice B	201

ÍNDICE DE TABLAS

CONTENIDO	Pág.
2.1 Distribución de Agua en Nuestro Planeta	18
2.2 Capacidad de Almacenamiento de Agua en América Latina (Venezuela)	18
2.3 Reservas Totales Aproximadas de Agua a base de pozos profundos (1999-2000)	19
2.4 Principales Fuentes Antropogénicas de Nitrógeno Inorgánico en los Ecosistemas	28
2.5 Principales Efectos Ecológicos y toxicológicos de la Eutrofización Cultural	30
2.6 Principales Efectos Toxicológicos de los Constituyentes Inorgánicos	35
2.7 Parámetros Fisicoquímicos de las Descargas a Cuerpos de Agua según Decreto 883	36
Parámetros Fisicoquímicos de las Descargas a Cuerpos de Agua Sub Tipo 1A y 1B.	
2.8 Decreto 883	46
Límites de los Parámetros Fisicoquímicos de los Cuerpos de Agua Sub Tipo 1A y 1B	
2.9 según Decreto 883	47
3.1 Coordinadas de los sitios de Muestreo	59
3.2 Parámetro de Transferencia para cada Tributario que aporta al Embalse	61
3.3 Coeficiente de Partición Sólido Líquido en el Suelo	66
3.4 Tasa de Biodegradabilidad	68
3.5 Tiempo de Vida Media de Cada Elemento	68
3.6 Tiempo Requerido para Alcanzar el Estado Estable	70
3.7 Tabla Metodológica de la Investigación	71
4.1 Principales Tributarios Pertenecientes al Sistema Hidrológico del Embalse Pao Cachinche	79
4.2 Caudales de los Tributarios Pertenecientes al Sistema Hidrológico del Embalse Pao Cachinche, de los vertidos Industriales provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y del Trasvase del Lago de Valencia	85
Parámetros de la DBO ₅ y DQO pertenecientes a los afluentes del Embalse Pao Cachinche	88
4.3 Parámetros de DBO ₅ y DQO de los afluentes al Embalse Pao Cachinche emitido por	
4.4 Hidrocentro	89
4.5 Parámetros de la DBO ₅ de los Tributarios al Embalse en el periodo 2000-2010, en Kg/día	93
4.6 Parámetros de la DQO de los Tributarios al Embalse en el periodo 2000-2010, en Kg/día	94
Parámetros de NA, NT y P pertenecientes a los afluentes al Embalse Pao Cachinche	
4.7 año 2010	99
Evaluación Parámetros Fisicoquímicos Bacteriológicos y Químicos Sanitarios del	
4.8 Embalse Pao Cachinche y Desembocaduras	110
4.9 Parámetros de la Conductividad en los Tributarios al Embalse y en el Embalse en el periodo 2010, en $\mu\text{mohs/cm}$	111
4.10 Precipitación media por tributarios en mm	117
4.11 Precipitación Promedio Mensual y Anual (mm) del Embalse Pao Cachinche	118

CONTENIDO	Pág.
4.12 Intensidad Máxima para distintas duraciones y periodos de retorno. Estación San Francisco Pao	120
4.13 Precipitación a escala volumétrica (m ³)	121
4.14 Temperatura por tributarios en °C	122
4.15 Evapotranspiración Potencial (mm/mes)	122
4.16 Evapotranspiración Actual (mm)	123
4.17 Evapotranspiración del Embalse (m ³)	125
4.18 Factores explícitos inherentes a cada Tributario que desemboca en el Embalse Pao Cachinche	126
4.19 Factores explícitos inherentes a cada Tributario que desemboca en el Embalse Pao Cachinche. Continuación	126
4.20 Precipitación media Efectiva tributarios Método Soil Conservation en mm	127
4.21 Escorrentía media por tributarios provenientes de la precipitación media anual de las estaciones en mm	127
4.22 Escorrentía media por tributarios Método Soil Conservation en m ³	127
4.23 Escorrentía media efectiva de los tributarios en mm	128
4.24 Aporte de los tributarios al embalse en m ³ .	128
4.25 Valores de Caudales obtenidos por Tributario m ³ /s	129
4.26 Valores de Caudales obtenidos por Tributario adicionando en Paíto Trasvase y PTAR m ³ /s	132
4.27 Producción de Sedimentos por el Método LANGBEIN- SCHUMM acumulado anual ton/millas ² /año	134
4.28 Producción de Sedimentos por el Método LANGBEIN- SCHUMM promedio anual ton/Km ² /año	135
4.29 Producción de Sedimentos por el Método de Fleming promedio anual ton/año	135
4.30 Volumen extraído Mensual del Embalse m ³	137
4.31 Balance Hídrico en el Embalse Pao Cachinche m ³	138
4.32 Balance Hídrico en el Embalse Pao Cachinche mm	138
4.29 Parámetros de Calidad de las Aguas de los Tributarios y de las Vertidos al Embalse Pao Cachinche en mg/l	123
4.33 Evaluación de los Parámetros Fisicoquímicos de la Planta de Tratamiento los Guayos Enero – Julio 2010	147
4.34 Evaluación de los Parámetros Fisicoquímicos de la Planta de Tratamiento La Mariposa Enero – Julio 2010	149
4.35 Parámetros de Calidad de las Aguas de los Tributarios y de las Vertidos al Embalse Pao Cachinche en Kg/mes	148
4.36 Parámetros de Calidad de las Aguas de los Tributarios y de las Vertidos al Embalse Pao Cachinche en Kg/mes	148
4.37 Parámetros de Calidad de las Aguas de los Tributarios y de los Vertidos al Embalse Pao Cachinche	150

CONTENIDO	Pág.
4.38 Concentración de Adsorción pluma estable estado estacionario	153
4.39 Concentración de Adsorción pluma estado no estacionario	154
4.40 Parámetro DBO ₅ y DQO. Comparación con Decreto 883	158
4.41 Balance de Constituyentes Químicos en el Embalse Pao Cachinche en Kg / mes	160
4.42 Comparación de los Constituyentes Químicos Acumulados en el Embalse Pao Cachinche con la Gaceta 5.883. Decreto 883	162
A.1 Caudales medidos en el Embalse Pao Cachinche desde el período 1993 al 2010	186
A.2 Valores de la Varianza obtenida de los Caudales tomados de la Torre toma en el Embalse Periodo 1983 al 2010	187
A.3 Tablas de Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia del Embalse Pao Cachinche	188
A.4 Cálculo del Parámetro J para la Evapotranspiración Potencial	190
A.5 Cálculo del Parámetro a para la Evapotranspiración Potencial	190
A.6 Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Paíto m ³	191
A.7 Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Cabréales m ³	192
A.8 Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Chirgua m ³	193
A.9 Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Pirapira m ³	194
A.10 Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Paya m ³	195
A.11 Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río S. P. La Arenosa m ³	196
A.12 Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Caño la Yuca m ³	197
A.13 Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada de la Qda. José Leonardo m ³	198
A.14 Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Trasvase del Lago al Embalse m ³	199
A.15 Volumen Promedio Mensual de la Entrada de la PTAR La Mariposa a la Convergencia del Paíto m ³	199
A.16 Volumen Promedio Mensual de la Entrada de la PTAR Los Guayos a la Convergencia del Paíto m ³	200
B.1 Coeficiente de Escorrentía para la Formula Racional	202
B.2 Evaluación Parámetros Fisicoquímicos Bacteriológicos y Químicos Sanitarios Embalse Pao Cachinche y Desembocaduras	203
B.3 Evaluación Parámetros Fisicoquímicos y Bacteriológicos Captación a la Entrada PPAZ	204
B.4 Parámetros de Dispersividad por cada Río según la longitud de Cauce	205
B.5 Parámetros requeridos para la aplicación del método Doménico en estado estacionario	205
B.6 Concentración final obtenida mediante la aplicación del Método de Doménico en estado no estacionario	206

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pág.
2.1 Cambios en la Materia Orgánica durante la Oxidación Biológica de aguas Contaminadas en condiciones Aerobias	26
2.2 Esquema General del ciclo del nitrógeno en los Ecosistemas Acuáticos, y los Principales Problemas Medioambientales derivados de la Contaminación	28
2.3 Esquema General del ciclo del Fósforo en los Ecosistemas Acuáticos, y los Principales Problemas Medioambientales derivados de la Contaminación	29
2.4 Esquema del Ciclo Hidrológico	39
3.1 Croquis de los Ríos, reservorios y Lago del Edo. Carabobo	50
3.2 Ubicación Geográfica del embalse Pao Cachinche	51
3.3 Croquis de los Afluentes del Embalse Pao Cachinche	51
3.4 Croquis del Sistema Regional del Centro I y II	55
3.5 Crecimiento de Bora alrededor de la Torre Toma	56
3.6 Concentración de Algas Microscópicas en el Parámetro de Captación del Embalse Pao Cachinche	57
3.7 Visita de la Comisión Coordinadora Ambiental al Embalse Pao	58
4.1 Río Torito	76
4.2 Río Los Guayos	76
4.3 Río Chirgua	77
4.4 Quebrada la Arenosa	77
4.5 Río Paíto	77
4.6 Río Cabriales	77
4.7 Transvase Lago a Embalse	78
4.8 Embalse Pao Cachinche	78
4.9 Embalse Pao Cachinche	78
4.10 Embalse Pao Cachinche	78
4.11 Ubicación de los tributarios dentro del Embalse Pao Cachinche	80
4.12 Recorrido de Distribución del Agua Sistema regional del Centro I (SRCI)	81
4.13 Caudales de los Ríos Tributarios al Embalse Pao Cachinche	86
4.14 Planta la Mariposa II sin mantenimiento actualmente parada año 2011	87
4.15 Sedimentador de la Planta La Mariposa II. Año 2010	87
4.16 Reactor de la Planta la Mariposa II. Año 2010	87
4.17 Sector Unión Lago de Valencia con Río los Guayos y la salida de la PTAR de los Guayos	90
4.18 Fluctuación de la DBO ₅ en el Embalse Pao Cachinche año 2000-2009	92
4.19 Fluctuación de la DBO ₅ el Embalse Pao Cachinche en el periodo 2000-2009	95
4.20 Fluctuación de la DQO en cada tributario que desemboca a el Embalse Pao Cachinche en el periodo 2000-2009	96

CONTENIDO	Pág.
4.21 Fluctuación de la DBO5 y DQO en el Embalse Pao Cachinche en el periodo 2000-2009	96
4.22 Río Cabriales. Zona Canal del Cementerio año 2010	97
4.23 Río Cabriales. Zona Canal del Cementerio año 2010	97
4.24 Zona Traslase. Converte el Río Paíto y las Plantas de Tratamiento	98
4.25 Salida de las Planta la Mariposa Año 2010	98
4.26 Parámetros de Nutrientes vertidos al tributario Paíto que desemboca en el Embalse Pao Cachinche. Año 2010	101
4.27 Fluctuación del Nitrógeno Amónico al Embalse Pao Cachinche. Año 2000 – 2009.	102
4.28 Fluctuación del Fosforo vertido al Embalse Pao Cachinche. Año 2000 – 2009.	103
4.29 Fluctuación del Fitoplancton producido a causa del excedente de nutrientes en Embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010.	103
4.30 Parámetro del Nutriente Fósforo como Fosfato en los tributarios que vierten al embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010	106
4.31 Parámetro del Nutriente Nitrógeno como Nitrato en los tributarios que vierten al Embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010	107
4.32 Parámetro del Nutriente Fosforo como Fosfato en la Plantas el Traslase del Lago de Valencia que descargan al embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010	108
4.33 Parámetro del Nutriente Nitrógeno como Nitrato en la Plantas el Traslase del Lago de Valencia que descargan al embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010	108
4.34 Producción de Sedimentos Mensuales por Tributarios. Método Langbein- Schumm. Año 1993 – 2009	112
4.35 Producción de Sedimentos. Promedio mensual. Método Langbein- Schumm. Año 1993 – 2009	113
4.36 Evaluación Bacteriológica- Sanitaria realizada al Embalse Pao Cachinche y sus Desembocaduras. Año 2010.	117
4.37 Gráfico de la Precipitación Media mensual perteneciente al Embalse Pao Cachinche	119
4.40 Curvas de Intensidad – Duración- Frecuencia. Estación San Francisco Pao	121
4.41 Evapotranspiración por Tributario Método de Thorthwaite en mm	124
4.42 Caudal aportado por cada tributario que drenan al Embalse Pao Cachinche.	130
4.43 Volumen aportado por cada tributario que drenan al Embalse Pao Cachinche.	131
4.44 Comparación del Volumen aportado por el Río la Yuca en función del Volumen del Embalse	133
4.45 Curva de Sedimentación del Embalse Pao Cachinche Método Fleming ton/mes	136
4.46 Curva de Sedimentación del Embalse Pao Cachinche Método Fleming Ton/año	136
4.47 Balance Hídrico del Embalse Pao Cachinche en Carabobo - Venezuela	139
4.48 Descarga de los Lodos Residuales de Sulfato de Aluminio al Embalse Pao Cachinche	145
4.49 Evaluación del Fosfato en sequía	151
4.50 Evaluación del Fosfato en lluvia	151
4.51 Evaluación del Nitrato En Sequía	151

CONTENIDO	Pág.
4.52 Evaluación del Nitrato En Lluvia	151
4.53 Evaluación del Sulfato En Sequía	152
4.54 Evaluación del Sulfato En Lluvia	152
4.55 Evaluación de Cromo En Sequía	152
4.56 Evaluación de Cromo En Lluvia	152
4.57 Balance de Constituyentes Químicos en el Embalse Pao Cachinche tiempo de Sequía	165
4.58 Balance de Constituyentes Químicos en el Embalse Pao Cachinche tiempo de Lluvia	166
A.1 Curvas de IDF. Provenientes de las precipitaciones recopiladas por HIDROCENTRO con Duración de 24 horas y período de Retorno de 29 años Del Embalse Pao Cachinche. (mm/h)	189
A.2 Curvas de Intensidad Máxima para distintas duraciones y Períodos de Retornos. Estación INAMEH (mm/h)	189
A.3 Curva de Secuencia de Picos del Embalse Pao Cachinche período evaluado 1983 al 2010	201
Valores obtenidos del Parámetro pH en los diferentes puntos de muestreo a la Red de	
B.1 Distribución de la Población	208
Valores obtenidos del Parámetro Aluminio en los diferentes puntos de muestreo a la Red	
B.2 de Distribución de la Población	209
Valores obtenidos del Parámetro DQO en los diferentes puntos de muestreo a la Red de	
B.3 Distribución de la Población	210
Valores obtenidos de los Parámetros Calcio y Sílice en los diferentes puntos de muestreo a	
B.4 la Red de Distribución de la Población	211
Valores obtenidos de los Parámetros Sodio + Potasio y Dióxido de Carbono en los	
B.5 diferentes puntos de muestreo a la Red de Distribución de la Población	212
Valores Reportados de Detergente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de los	
B.6 Guayos	213

DEDICATORIA

A Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo, son los tres uno y son en mí uno, con ellos todo me fue posible, fueron momentos gratos y también difíciles los que pase, pero en todos estos, Su Palabra fue la que me sustentaba, y me daba fuerzas para vencer cada situación y lograr esta meta.

A mi amado esposo Marcial Ochoa, que con amor, paciencia y comprensión me apoya; tus opiniones o comentarios son muy certeros, es una bendición tenerte a mi lado, este logro es también tu logro.

A todas aquellas personas que realmente se sienten afectadas por esta situación y buscan una solución.

La Autora

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer al Ing. Edilberto Guevara, Tutor de este Proyecto de Grado, por su orientación, paciencia, amistad, confianza y el apoyo incondicional en la realización del mismo, son contados los Profesionales como usted, mi más completo agradecimiento.

Al Ing. Orzón Mora Jefe del Departamento de Captación de la Empresa HIDROCENTRO, realmente contar con personas tenaces, arriesgadas por establecer principios éticos y morales dentro de todo un sistema es para mí de gran admiración, muy agradecida por su disposición en todo momento.

A la Ing. Marina Estaba y el Ing. Manuel Fernández, por permitirme ser partícipe del equipo de HIDROCENTRO y facilitarme toda la información histórica necesaria para el desarrollo del Proyecto.

Al Diputado Germán Benedetti por su confianza, su disposición de ayudarme sin restricción alguna, con toda la información facilitada y hacerme participe como miembro del equipo de mesa técnica creada buscar la solución de la Problemática del Embalse Pao Cachinche.

A INSALUD, bajo la persona de la Ing. Ana Medina, por su ayuda al facilitarme toda la información obtenida durante los recorridos de muestreos que eran cruciales para el desarrollo de este Proyecto.

A la Secretaria de Ordenación del Territorio, Ambiente y Recursos Naturales (SOTARN) bajo la dirección del Ing. Iván Acares y la Bióloga Yilda Paredes gracias por el apoyo brindado.

También agradezco a Profesores, Empleados, demás compañeros, que de una u otra forma contribuyeron en esta meta alcanzada.

La Autora

ABSTRACT
BALANCE OF CHEMICAL CONSTITUENTS IN
PAO RESERVOIR CACHINCHE –CARABOBO STATE

Author: Rosimel Recca
Edilberto Tutor Guevara
Date: May 2012

Given the environmental problems that has been taking place globally and nationally on water resources, it is essential to the preservation and proper management of surface water reservoirs for human consumption is considered necessary, the current knowledge of the amount of constituents chemicals, which can aggravate the most important reservoir for the central region such as Pao river Basin, which has two reservoirs that supply water to the populations Carabobo, Cojedes. That is why the aim of this research is to realize a balance Chemical constituent in Cachinche Pao Reservoir through desk and field research, with analysis of the methods used, the data obtained from the information provided by HIDROCENTRO, National Health Institute, MPPS and MPPA on Cachinche Pao Reservoir.

This research provided results that led to the main conclusions presented below:

- ✓ Excessive use of fertilizers, water pollution generated essentially by the contribution of nitrogen (as nitrate and ammonium salts) and phosphorus (as phosphate), generating the phenomenon of eutrophication in the reservoir, which has precluded the process of photosynthesis, and production of free oxygen, making the reservoir in an anaerobic system and plague water, generating bioaccumulation of toxic substances.
- ✓ Water balance obtained is positive upward flow entry presenting a large impact that rises sharply from 2005 and significantly in 2007 by the contribution of Lake Valencia
- ✓ The comparison between the obtained values accumulated in the reservoir and the parameters established in Decree 883 of the Rules for the Classification and Quality Control of Water Bodies and Liquid Effluent Discharges or; shows that for this type of water (Classification 1B) the results are outside the rules.

Finally, the recommendations raised in the research are:

- ✓ Perform a Pao Reservoir bathymetry within Cachinche in both arms to corroborate the level of the reservoir sediments presented as calculated in this research.
- ✓ Are urged to implement Sanitation Plan Proposed Cachinche Pao Reservoir in this research.

Keywords: Hydrology, Balance, Environmental Quality Constituents, Cachinche Pao Reservoir.

INTRODUCCIÓN

El agua es una de las sustancias necesarias para el sostenimiento de la vida; durante muchos años, la consideración más importante fue la creación de abastecimientos de agua adecuados, higiénicos y seguros. Sin embargo, las fuentes de agua se han venido contaminando cada vez más debido al aumento de la actividad industrial y agrícola, así como el depósito de residuos de origen humano en ríos, quebradas los cuales son focos de contaminación y el mal funcionamiento de los tratamientos respectivos en las plantas de aguas residuales, las cuales no se encuentran ejecutando con eficiencia el tratamiento, sacando las aguas de color gris a los reservorios de agua dulce.

Esto empezó a ser evidente en los últimos años de la década de 1990, ya que se observan las variaciones físicas y químicas que presenta el agua de consumo humano llamada también agua potable. Para nadie es un secreto que las plantas procesadoras de agua potable en Venezuela han requerido elevados suministros de desinfectantes entre ellos el uso del cloro, ya que es el método más apropiado en términos de costo – efectividad, esto ha provocado que se originen una serie de subproductos tóxicos de la desinfección como ejemplo los trihalometanos (THM) y los ácidos haloacéticos (HAA).

Este uso de desinfectantes, se debe a la gran contaminación que presentan estos sitios de abastecimiento de las plantas potabilizadoras, como es el caso del embalse Pao Cachinche, ubicado en los estados Carabobo y Cojedes. Esta contaminación del Embalse se divide en dos grandes categorías: contaminación microbiológica y la contaminación química.

La contaminación microbiológica provoca efectos agudos (enfermedades infecciosas como cólera tífus, malaria, fiebre amarilla, síntomas gastrointestinales, etc.). La contaminación química se puede asociar a efectos crónicos como el cáncer, efectos neurológicos o efectos reproductivos.

Las aguas del Embalse Pao Cachinche presentan características de hipereutroficación, la cual es definida como la carga muy elevada de nutrientes y contaminantes en un cuerpo de agua, al mismo tiempo, presenta desechos químicos, metales pesados, micro algas, etc.

Durante la cumbre de JOHANNESBURGO en agosto del 2002, Venezuela conjuntamente con otros países se comprometieron en presentar una gestión ambiental, sobre el buen uso de sus recursos naturales, específicamente sobre la protección y suministro de los recursos de agua dulce. Sin embargo en la actualidad presenta una serie de situaciones por el mal manejo de los recursos; en especial el del agua, la cual se está viendo afectada por el bajo rendimiento de acciones gubernamentales propias del caso, aunada a la falta de concienciación de la población para los usos dados al vital líquido.

Este es el panorama que debe evitarse en sitios de reservorio de agua dulce, con el fin de garantizar un agua acorde con los parámetros establecidos en el Decreto 883.

La necesidad de optimizar la calidad de las aguas, motivado a su relevancia en el suministro de agua potable para la Región Central del país, principalmente para el estado Carabobo, origina la ejecución de este proyecto.

Este proyecto de grado es el producto de la aplicación de metodologías y criterios de monitoreo de parámetros hidrológicos como de calidad ambiental, para establecer el balance de constituyentes químicos en el embalse Pao Cachinche, ubicado en la región Centro Norte e Venezuela. Para tal fin, esta monografía se estructura en cinco (5) capítulos que se detallan a continuación.

En el capítulo I se plantean las situaciones y las necesidades que originan la realización de esta investigación, aquí se encuentra el alcance al cual está limitado el proyecto; de igual forma se ubican detalladamente los objetivos tanto generales como específicos y la justificación del proyecto.

El capítulo II se enfoca al marco teórico del proyecto; está compuesto por los antecedentes a esta investigación; así como los fundamentos teóricos, los cuales incluyen los métodos o formulas matemáticos a aplicar para la obtención del balance hídrico y de constituyentes, además de los principios legales que enmarcan la investigación.

La metodología a aplicar se encuentra desarrollada en el capítulo III; en él se explica los pasos a seguir desde la búsqueda de información hasta el desarrollo de los cálculos y/o operaciones matemáticas necesarias para la obtención de los objetivos específicos hasta llegar al objetivo general del proyecto.

En el capítulo IV se muestra claramente los resultados obtenidos tabulados y graficados con sus respectivos análisis acorde a la metodología descrita en el capítulo III.

Finalmente, se hace presente en el capítulo V las conclusiones y recomendaciones hechas en este proyecto.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua en su forma líquida, es el medio que hace permisible la vida en la tierra. Todos los organismos vivientes están compuestos por células que contienen al menos 60% de agua. Las actividades metabólicas se realizan dentro de una solución acuosa. Los organismos pueden existir sólo donde tengan acceso a suministros adecuados de agua.

La propiedad del agua para actuar como solvente y de almacenar calor es consecuencia directa de su naturaleza polar. Esta capacidad hace que el recurso sea valorado para las actividades industriales y sociales, ya que disuelve y transporta sustancias que van desde los nutrientes hasta los desperdicios industriales y domésticos; así mismo esta habilidad para retener calor también modifica las condiciones climáticas locales en áreas cercanas a grandes cuerpos de agua. Por otra parte debido a que el agua se calienta y se enfría con más lentitud que la mayoría de las sustancias, es muy utilizada para el enfriamiento de las plantas de generación eléctrica y para otros propósitos industriales.

Para la mayoría de los seres humanos así como para algunos usos industriales y comerciales, la calidad del agua es tan importante como su cantidad. ***“El agua debe estar libre de sales disueltas, de desechos animales o de plantas, y de contaminación de bacterias a fin de ser adecuada para el consumo humano”***. (Enger &Smith 2004).

Los océanos, que cubren casi toda la tierra, contienen más del 97% de agua presente en el planeta. Pero esta no sirve para el consumo humano ni mucho menos a los propósitos industriales. El agua dulce está libre de la sal encontrada en los

océanos, pero de la cantidad que se encuentra solo una pequeña porción está disponible para usarse.

La OMS en las Guías para la Calidad del Agua Potable en 1985 define el agua potable como ***“El agua dulce que no debe contener ningún microorganismo considerado patógeno; debe estar libre de bacterias indicadoras de contaminación fecal”***.

Las rutas matrices de migración humana y el establecimiento de sitios fueron fijados en gran medida por la disponibilidad de agua potable. Para los años 1925 era considerada una fuente inagotable. ***“El hombre es sedentario en todos los tiempos y solo se traslada cuando es obligado por alguna fuerza exterior”*** (H.P. Fairchild, 1925).

Hoy día, a pesar de los avances en perforación, irrigación y purificación, del agua, los problemas de cantidad, calidad, propiedad y control de las aguas potables se han incrementado de forma significativa. Algunas partes del mundo gozan de abundantes fuentes de agua dulce, mientras que en otras el vital líquido es muy escaso. Esta escasez de agua potable se puede atribuir directamente al abuso humano en forma de contaminación. Según información de la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2000), cerca del 40% de la población humana no tiene acceso a agua potable segura. Así mismo se afirma en las Estadísticas Sanitarias Mundiales emitidas por la OMS en el 2010, que la proporción de la población mundial con acceso a fuentes “mejoradas de agua potable” aumentó un 10% entre 1990 y 2008.

En el tercer foro Mundial del Agua de las Naciones Unidas celebrado en mayo del 2003 en Japón, se afirmó que actualmente 450 millones de personas en 29 países carecen de agua. Hoy día se establecen mecanismos de gestión a nivel internacional y en cada país para el buen uso de este recurso.

En los países industrializados el consumo de agua potable alcanza los 380 litros per cápita al día (el caso de Estados Unidos) y a 129 litros per cápita diarios en

Alemania, mientras que en los países en desarrollo, se considera que un consumo entre 20 y 30 litros per cápita al día son suficientes para satisfacer las necesidades básicas (Unesco, 2005). En Venezuela, la cifra más reciente de consumo de agua data de 2004, correspondiente a 440 litros por habitante por día (PNUD, 2009).

Ahora bien, este problema de contaminación de las aguas dulces también se ha ido incrementando en Venezuela hasta hacerse una situación alarmante que requiere de una solución inmediata.

A finales de agosto del año 2002 se llevó a cabo la **Cumbre de Johannesburgo**, donde se trató el desarrollo sostenible, abordando temas como la gestión sostenible de los recursos naturales y el agua entre otros; Venezuela está dentro de los países que asistieron a esta cumbre y se comprometieron a presentar una gestión ambiental, sobre el buen uso de sus recursos naturales.

Sin embargo en la actualidad presenta una serie de situaciones por el mal manejo de los recursos; en especial el del agua, la cual se está viendo afectada por la baja eficacia gubernamental, aunada a la falta de concienciación de la población para los usos dados.

En este caso se encuentra el Embalse Pao Cachinche, ubicado en la región centro norte de Venezuela (9°53'N, 68°08'W), en el límite entre los estados Carabobo y Cojedes, cerca de la ciudad de Valencia, aguas debajo de la confluencia de los ríos Paíto y Chirgua, aproximadamente hacia el centro de la Cuenca del río Pao (Ginez & Olivo, 1984). En él convergen los principales cursos de agua que son los ríos Chirgua, Paíto, Parapira, Paya, San Pedro, La Arenosa y Torito. Sus aguas se utilizan para la agricultura de subsistencia y uso pecuario intensivo y extensivo, además de suministrar agua potable al área metropolitana de Valencia y otras poblaciones de los Estados Carabobo, Cojedes y Aragua que en conjunto abarcan más de 4 millones de habitantes.

El río Paíto transporta aguas residuales de diversos orígenes, está contaminado por la gran cantidad de coliformes fecales, desechos industriales y productos químicos que generan una alta cantidad de espuma producto de desechos tipo alcalinos; una de las vertientes del río Paíto es el río Torito, por todo su caudal presenta espuma blanca de apariencia de detergente, su olor se compara al de desinfectante y el color de sus aguas es marrón. (Basarte, 2010).

Otro río que drena sus aguas al Paíto es el río Cabriales, en época de invierno crecía y dividía sus aguas. En 1974 vertía una parte cercana al 40 por ciento hacia el río El Paíto, y la restante, equivalente a un 60 por ciento, hacia el Lago de Valencia fundamentalmente a través de los caños El Charal y La Negra. El crecimiento todavía descontrolado de la cota del lago (desde la década de los 70 al 2004, habría ascendido casi 10 metros) motivó una criticada decisión, tomada por el Ministerio del Ambiente con miras a disminuir el nivel. ***"Irresponsablemente desviaron las aguas del Cabriales (el cual presenta en su aspecto físico aguas de color gris oscuro a negro con olor pestífero) y el Maruria hacia la cuenca de El Paíto, cuyo curso es el embalse Pao Cachinche"***. Volvió una remesa de aguas no saneada al embalse Pao-Cachinche. (Pabón 2011).

Los ríos Chirgua, Paya, Pira Pira, transportan las aguas provenientes de granjas avícolas y porcinas, estas actividades son renglones de producción agropecuaria del estado Carabobo y utilizan cantidades considerables de agua para retirar los desperdicios que generan los animales de cría, como son la excreta y la orina, generando un volumen considerable de efluente líquido con alto contenido de materia orgánica biodegradable, los cuales se vierten directamente a los cuerpos de agua de los ríos mencionados. (Basarte 2010).

Así mismo, a partir del 24 de enero del 2005 el Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MINAMB), declara situación de emergencia a la Cuenca del Lago, ante la elevación de sus aguas de 1,64 m por encima de la cota 408,50 msnm

la cual fue fijada por el MINAMB como cota máxima permisible de crecimiento; esto conlleva que para el mes de septiembre del 2007 mediante el Decreto Presidencial 3.498 alrededor de 28 mil toneladas diarias de agua del Lago de Valencia sean drenadas al embalse.

Hasta este entonces el Lago de Valencia era un cuerpo endorreico recibiendo desechos industriales y domésticas ; mencionando además que en los alrededores del Lago, todavía existen casas que cuentan con pozos sépticos ubicados a nivel freático, generando entonces que el Lago presente características de hipereutroficación, la cual es definida como la carga muy elevada de nutrientes y contaminantes en un cuerpo de agua, al mismo tiempo, presenta desechos químicos, metales pesados, micro algas, etc.

La Comisión de Ambiente de la Asamblea Nacional en Octubre del 2009 realiza un informe en lo que respecta a los lixiviados del vertedero la Guásima, el cual se encuentra ubicado en la carretera vieja de Tocuyito estado Carabobo, indicando que estos caen en la quebrada el León, la cual surte al río la Arenosa y finalmente este desemboca en el Embalse.

Por otra parte, en Venezuela para la década de los 40 y 50 se adoptó como parte del plan de la Reforma Agraria el uso del DDT, pesticidas, herbicidas, fungicidas; ya que garantizaban el incremento de la producción, además el Ministerio de Sanidad y Asistencia Social, para la época, hace uso del DDT en los Programas de Control Malarico. Una vez establecido por parte de PNUMA la erradicación del DDT motivado a las consecuencias que conducía su uso, Venezuela hace un alto en sus importaciones y en la utilización de estos biocidas, los mismos se almacenan sin el adecuado manejo.

En el 2006 MINAMB creó un Plan Nacional de Implementación (PNI), basándose en la Normativa de los convenios: Basilea, Estocolmo y Rotterdam; aplicando la Ley Sustancias, Materiales y Desechos Peligroso (Ley 55) bajo el Decreto

N. 2.635 (G.O. N. 5.245 03-08-98) Materiales Recuperables y Desechos Peligrosos para la recolección, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de dichos pesticidas; en su informe preliminar destaca los depósitos de Tocuyito, el Cenizo y Camatagua, donde se encontraron 41,1 Ton de DDT, Endrin y Toxafeno, de un total de 450,1 toneladas de plaguicidas almacenados. En el Cenizo 42,7 ton de COP de un total de 183 ton plaguicidas obsoletos. En Camatagua fueron 10,8 Ton de COP de 116,9 productos almacenados. Estos por encontrarse mal almacenados por más de 40 años, produjeron contaminación de suelo, que ha llegado al nivel freático de las aguas subterráneas que migran hacia El Embalse, aún se desconoce el grado de contaminación de estos suelos.

Aunado a esto, desde que se inauguraron las plantas de tratamiento de aguas servidas los Guayos y la Mariposa a finales del año 1998, hasta la presente fecha del 2010, no han podido entrar en funcionamiento a plena capacidad, y para este momento la Planta la Mariposa está en mal estado, los sistemas terciarios que son los tratamiento químico, (precipitación, desinfección) se encuentran sin funcionamiento; estas Plantas vierten sus aguas al embalse sin las especificaciones del Decreto N° 3.219.

Incluso, hay que mencionar los cambios climáticos que ha venido experimentando el Embalse con el incremento de la temperatura y la sequía como consecuencia del evento climatológico “El Niño”, generando hábitat para bacterias que se adecuan a climas templados y calientes.

Por otra parte, es de acotar que la Planta de Tratamiento de Agua Potable Alejo Zuloaga que trata el efluente proveniente del Embalse Pao Cachinche, está a la fecha febrero 2010 trabajando al 50% de su capacidad, en consecuencia el agua que consume la población presenta características como olor a cloaca, turbiedad, sedimentos, etc.; (González Landazábal, 2000). Esto ha generando múltiples enfermedades gastrointestinales presentes en la población como lo es la amibiasis y

las cutáneas; así como la evidencia de brotes de cóleras. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), cada año ocurren de 5 a 10 millones de muertes por enfermedades relacionadas con el agua. La presencia de nitratos puede causar la metahemoglobinemia o síndrome del bebé azul o cianosis (Mackensie L. Davies & Susan J. Masten 2004).

También es de mencionar, la presencia de metales pesados en el agua, ya que para el 2008 sale publicado en la Gaceta Medica de Caracas, la investigación que realizó la Facultad de Ciencias de la salud sobre los niveles de plomo en la sangre a 156 niños habitantes de la urbanización Michelena, en Valencia Estado Carabobo, este estudio concluyó que 66,7% de los niños evaluados presentaron concentraciones de plomo en la sangre superiores a los valores establecidos por el Centro de Control y Prevención de Enfermedades de Estados Unidos. En un 76,2% de las casas muestreadas se encontraron valores significativamente por encima del límite permisible del plomo en el agua establecido en Venezuela.

La intoxicación por plomo genera la plumbemia o enfermedad de saturnismo, y esta se presenta según el nivel de intoxicación, causando daños en el sistema nervioso central, disminución de la inteligencia, retarda el crecimiento de los huesos, deterioro de memoria, retraso en el desarrollo motor y problemas de audición y equilibrio.

Todo esto genera preocupación a nivel regional y nacional; Después de cinco años de haber sido presentado el informe de la UNESCO en el 2005, las deficiencias en materia de disponibilidad de agua en el país siguen vigentes, ya que la problemática descrita es aún más grave. Los estados Aragua Carabobo y Cojedes han visto disminuir en un 25% sus niveles de agua como consecuencia de una marcada sequía.

Este decrecimiento en la disponibilidad hídrica, aunado al alto crecimiento poblacional ha traído conflictos que se han comenzado a sentir y que tienden a

agravarse, si no hay medidas necesarias, como la regulación del uso del agua a través de mecanismos de planificación, saneamiento y distribución.

De persistir el trasvase del Lago de Valencia, y el río Cabriales al embalse Pao Cachinche, aumentaría a contaminación bacteriana, causando una situación de crisis a nivel regional antes del 2013 con miras a presentarse epidemias que se perciben con mayor frecuencia en infantes y personas de la tercera edad, entre ellas se destacan: la gastroenteritis infantil, disentería bacilar, fiebre tifoidea y la peste. La Red de Sociedades Científicas Venezolana indica que ***"Para el 2013 Las enfermedades de tipo hídrico más comunes son la diarrea, cólicos, hepatitis y dermatitis; actualmente se están presentando con mayor frecuencia las producidas por intoxicación de metales pesados, como los casos de autismo"***. (RSCMV, 2011).

En la Fundación Carabobeña Amigos del Niño Autista (FUNCANA), hace tres años se diagnosticaba un niño por mes con autismo, para el 2015 se estima que la cifra aumenta a once casos por mes. (RSCMV, 2011).

El Balance de Constituyentes Químicos permitirá obtener valores tangibles acerca de lo que contienen las aguas del embalse Pao Cachinche; con la finalidad de establecer la condición actual del agua del embalse que entra a la planta Alejo Zuloaga, así como de plantear una propuesta de saneamiento del embalse Pao Cachinche.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Se propone establecer un Balance de Constituyentes Químicos en el Embalse Pao Cachinche, de manera integrada, abarcando aspectos de calidad de las aguas superficiales de los tributarios aledaños al Embalse y del propio cuerpo de agua, con la finalidad de establecer la condición actual del agua del embalse que entra a la planta Alejo Zuloaga.

1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar el balance de constituyentes Químicos del embalse Pao Cachinche como componente del Acueducto Regional del Centro.

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar los parámetros hidrometeorológicos de los tributarios que aportan al embalse Pao Cachinche y del Embalse.
- ✓ Determinar la calidad del agua de los tributarios que llegan al embalse Pao Cachinche y del embalse Pao Cachinche.
- ✓ Establecer el balance hídrico en el embalse Pao Cachinche.
- ✓ Establecer el balance de constituyentes químicos en el embalse Pao Cachinche.
- ✓ Plantear una propuesta de saneamiento del embalse Pao Cachinche.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Esta investigación involucra aspectos que justifican su realización; en lo que respecta a lo ambiental, son múltiples las actividades humanas que producen degradación de la calidad en las aguas naturales como lo son actividades agrícolas, aguas de desechos de establecimientos agroindustriales, vertidos de origen humano, como las aguas de origen doméstico, además de la erosión, infiltraciones, etc. La importancia de conservar los recursos hídricos superficiales es estrategia para el desarrollo de un país, por lo cual es una labor inaplazable el manejo sustentable de los mismos, tanto superficiales como subterráneos.

En Venezuela se consigue el 54% per cápita de disponibilidad de agua a nivel suramericano, esto lo hace uno de los países con mayor recurso hídrico disponible ante la escasez que actualmente se vive. De todo este recurso, una parte de reservorio la representa la Cuenca del Lago de Valencia y el Embalse Pao Cachinche, este último es el que surte a Carabobo, Cojedes y Aragua. Su reserva de abastecimiento está siendo afectada por la interacción de factores ya mencionados.

Actualmente, aunque existen esfuerzos e investigaciones de diferentes entidades encaminadas a la protección y preservación del recurso hídrico, no hay una evaluación de la cantidad del medio hídrico actual, así como su proyección a futuro integrada a nivel nacional, que permita establecer lineamientos a seguir para su protección, y que sirva de base a los usuarios del recurso, para considerar sus uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros.

Desde el año 2000 hasta la fecha, han existido cambios en el acervo hídrico en los argumentos de cantidad y calidad; el caudal de los ríos a nivel del embalse ha presentado una reducción gradual y en algunos casos de forma drástica en los últimos cinco años, motivado a la interacción de fenómenos antrópicos, como cambios en el uso del suelo y la crecida del consumo poblacional, así como del evento “el Niño” y el de evapotranspiración, agravados por el aumento de los niveles de contaminación del agua superficial del embalse, que ocasionan la disminución de la disponibilidad del agua.

En el aspecto social se justifica, porque permitiría dar a conocer con exactitud cuáles son los constituyentes presentes en el embalse y la cantidad de los mismos; de esta manera, poder emitir resultados que evaluará el tratamiento que emplea actualmente la planta Alejo Zuloaga para el consumo del agua y asimismo erradicar la incertidumbre en el tema; además de permitir según los resultados microbiológicos, que se tomen acciones por parte del Ministerio Popular para la Salud (MPPS) al respecto de casos de brotes de enfermedades como la amibiasis, cólera, etc.

Un Balance de Constituyentes en el Embalse Pao Cachinche, forjará el exponer por parte del MINAMB y el MPPS soluciones efectivas para la recuperación del mismo, así como el estimar nuevos desvíos de cursos de agua que son focos latentes de contaminación; de igual manera, el establecer el valor per cápita con el que

cuenta la población dependiente de este recurso hídrico y realizar una buena planificación del uso del acervo, así como un diseño óptimo de las obras de aprovechamiento.

Además de aportar a la ciencia hidrológica y ambiental a través del conocimiento que se obtenga de los análisis de las variables hidrológicas y ambientales, sobre la base de las observaciones y resultados realizados por los organismos competentes al nivel nacional. Adicionalmente, se prevé divulgar los resultados de la investigación que se propone de un modo descriptivo amplio, de tal manera que sirva como documento referencial para posteriores estudios de Balances de Constituyentes en Cuencas, Suelos, etc.; así como a profesores y estudiantes de la cátedra de Hidrología en el pregrado y del programa de postgrado sobre Ingeniería Ambiental.

Por otra parte, esta investigación sería la primera en establecer valores puntuales sobre la situación actual que afecta a la zona centro norte de Venezuela, permitiendo constituir a la Universidad de Carabobo como ente precursor en pro de la mejora del ambiente, velador social y facilitador de respuesta científico – técnicas.

1.4. ALCANCE

La investigación se limita a las variables hidrológicas ambientales concebidas dentro del sistema del Balance Hídrico y de Constituyentes. El alcance espacial se extiende al el territorio geográfico del embalse Pao Cachinche y Tributarios: los ríos Chirgua, Paíto, Parapira, Paya, San Pedro, La Arenosa y Torito, así como la entrada de agua del río Cabriales y la del Lago de Valencia al Embalse; el alcance temporal comprende toda la información disponible, económicamente adquirible en el segundo tercero y cuarto trimestre del año 2010.

CAPITULO II

MARCO REFERENCIAL

2.1. ANTECEDENTES

Una de las fuentes de agua dulce lo representa un embalse, el cual es surtido por tributarios aledaños a él, bien sea de forma superficial o subterránea. En el caso del Embalse Pao Cachinche, éste presenta tributarios de ambas rutas, por tanto su contaminación está asociada a la migración de constituyentes presentes en las mismas. Entre las fuentes de polución de un acuífero figura el flujo difuso proveniente de desarrollos urbanos, mucho de los cuales carecen de sistemas de recolección de aguas de lluvias y servidas, otro origen de suciedad lo constituye los lixiviados provenientes de los sitios de disposición final de desechos sólidos mal manejados.

Actualmente la quebrada el León que surte el río la Arenosa, el cual desemboca en Pao Cachinche es foco de contaminación, ya que los lixiviados del Vertedero la Guásima son arrastrados hasta la quebrada. Para el año 2001, se realizó un estudio de la contaminación de acuíferos por efecto de los lixiviados en el área adyacente al vertedero de desechos sólidos en la Guásima, cuyo objetivo fue el de conocer la calidad del agua subterránea en el área adyacente al vertedero; la metodología que se empleó fue de campo durante los meses mayo, julio y agosto del 2000, y se realizaron pruebas a 5 pozos para analizar los parámetros fisicoquímicos, sanitarios, metales, plaguicidas y grupo coliformes, encontrándose valores por encima de lo permisible en el Decreto 883 incluyendo presencia de plaguicidas como el Aldrin y los Hepta-cloro-benceno (BHC), las concentraciones más altas de evidenciaron en los pozos 2 y 4 donde ya pasa el flujo de agua subterránea. Entre sus conclusiones, resalta que ***“en virtud de que en el área se utilizan pozos de agua como fuentes de abastecimiento para la población, se requiere estudiar los pozos que se encuentran ubicados en los sectores aguas***

debajo del vertedero, sobre todo en la dirección del flujo de agua, a fin de decidir sobre su uso o clausura y así evitar riesgos de exposición de la población a estos contaminantes.” (Guevara Edilberto y Polo Mirna 2001).

Esta investigación es la única que se tiene al respecto del contaminante de lixiviados por parte del vertedero la Guásima, donde existen resultados sobre el tributario la Arenosa, es por ello que se hace mención en el antecedente de la investigación ya que permitirá establecer comparación de grado de contaminación a una década del estudio.

En Octubre del 2001, se publicó un estudio de la modelación estocástica de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y el Oxígeno Disuelto (OD) en el río Cabriales, cuyo objetivo fue el de modelar el comportamiento de la DBO y OD en el río Cabriales utilizando métodos estocásticos y los datos de análisis químicos de sus aguas a lo largo de su recorrido. La metodología aplicada fue descriptiva y evaluativa, ya que en primer lugar se presentó una descripción de la situación actual del río para la época, así como los datos de DBO y OD en el río Cabriales, utilizando los métodos estocásticos (Método de Montecarlo, Método de Ecuaciones de Momento, Método de la función de Densidad de Probabilidad Método de Zielinski, Análisis FOALE aplicado a ecuaciones lineales y no lineales) para modelar el comportamiento de la DBO y OD en el río. Entre sus discusiones establece ***“el comportamiento de la distribución de los contaminantes en el río Cabriales según el método de la función de densidad de probabilidad (PDF) muestra una tendencia a disminuir el valor de la DBO y OD en forma rápida. El OD y DBO alcanzan valores de cero a pocos km., de producida la descarga. La carencia de oxígeno en las aguas del río altera la vida acuática y el ecosistema”***. Entre sus conclusiones indica que los modelos estocásticos permiten conocer la posible distribución de los contaminantes en el río Cabriales y el agotamiento a lo largo del tiempo. (Guevara Edilberto y Carrasco Marco 2001). Este estudio es el único que se tiene al respecto, que

permite conocer la distribución de contaminantes y del agotamiento de un recurso hídrico a lo largo del tiempo; en este trabajo se aprovechará la metodología empleada para conocer los valores de DBO y OD en el embalse Pao Cachinche durante el período de estudio.

En el año 2007, se realizó un estudio bacteriológico del embalse Pao Cachinche, en el cual incluía los efectos que originaba la aireación artificial y la desviación de tributarios. En este estudio, se tomaron muestras de agua en varias zonas del embalse en mayo de 2005 y octubre de 2007. Realizaron la determinación de los títulos bacterianos y coliformes totales. En las muestras tomadas del año 2005 observaron cepas, como la *Pseudomona putida*, mientras que para el año 2007 indicaron que era predominante las cepas de la familia *Enterobacteriaceae*. Los títulos que encontraron más elevados fueron en el brazo este del embalse en el año 2007, con valores entre 5×10^2 y $1,27 \times 10^3$ UFC/ml. Además indican que para el 2007, posterior a la desviación del Río Cabriales, se encontraron de forma predominante enterobacterias, con un elevado título de coliformes, significativamente mayores a los registrados en el 2005, en especial hacia ese lado este del embalse, punto donde desemboca el Río Pao. El resultado de esta investigación, concluyó que existe en el Embalse Pao Cachinche una contaminación en crecimiento. (Alonso Guillermina, Mendoza Ana y Pérez Indira. 2007.) El aporte de este trabajo a la presente investigación, es de relevancia, ya que establece evidencia de contaminación del embalse, aparte de ser punto de partida para evaluar el crecimiento bacteriano desde el desvío del río Cabriales hasta el presente, así mismo, el tomar la metodología aplicada para la determinación de las cepas ambientales.

Ahora bien, en cuanto a la hipereutroficación que presenta el embalse Pao Cachinche, en el año 2007, el Dr. Ernesto González realiza un estudio de sobre la abundancia de biomasa en el embalse, titulado Fitoplancton de un Embalse tropical Hipereutrífico Pao Cachinche, Venezuela. Aquí establecieron dos estaciones de

muestreos de la siguiente forma: Estación 1 (E1), ubicada en el brazo oeste del embalse al lado de la torre-toma y frente al dique. Su profundidad promedio fue de 23,9m y la Estación 2 (E2), ubicada en el brazo este del embalse. En esta zona desembocan las aguas de los tributarios Paya, Parapira y San Pedro. Su profundidad promedio fue de 17,5m. En esta región no existe aliviadero de las aguas.

Entre los resultados encontrados, determinaron que las cianobacterias dominaron el fitoplancton del embalse Pao-Cachinche durante todo el período de estudio, con proporciones relativas siempre superiores al 75% en ambas estaciones, con la excepción los meses de mayo y agosto de 1998 en E1, cuando representaron poco más del 60% del total; adjudicaron esto a lo siguiente: Las altas temperaturas superficiales ($>28^{\circ}\text{C}$) y la estratificación térmica permanente permiten que se presenten altas tasas de descomposición en el hipolimnion, restringiendo a los peces y a otros organismos aeróbicos a vivir en los estratos superficiales, por otra parte describieron que en el hipolimnion se encuentran, permanentemente, productos metabólicos de desecho (como el amonio y sulfuro de hidrógeno) debido a las condiciones de anoxia imperantes. Las concentraciones de nitratos fueron mayores en el epilimnion que en el hipolimnion, probablemente debido al aporte por las precipitaciones, la escorrentía desde áreas agrícolas y las aguas de desecho, La intensa descomposición orgánica fue evidente, dadas las altas concentraciones de amonio en el hipolimnion del embalse. El embalse puede ser considerado Hipereutrófico, debido a sus altas concentraciones de nutrientes y a su elevada productividad biológica. (Dr. Ernesto J. González, Lic. Mario Ortaz, Tec. Proy. Carlos Peña Herrera y Msc. María L. Matos. 2004.) El aporte de este estudio a la presente investigación, implica tanto la metodología dentro de la captación de muestras en el embalse, pudiéndose tomar las mismas estaciones y el tiempo (meses) estacionario de muestreo.

Para el 2007 Dr. Edilberto Guevara desarrolló una investigación sobre la modelación de caudales ecológicos en ríos de Venezuela, cuyo objetivo era el determinar los caudales mínimos de ríos de Venezuela, el análisis se basó en la información histórica de caudales diarios de tres estaciones de la cuenca del Caroní, las lecturas de niveles del Orinoco en la estación Ciudad Bolívar, lecturas de niveles de 40 estaciones limnimétricas ubicadas en la cuenca del Río Apure y los resultados del análisis de caudales mínimos de 12 estaciones de la región andina, realizado por MINAMB. Utilizó modelos probabilísticos para el análisis de frecuencia de los caudales mínimos, modelos de determinación de persistencia.

Los resultados de la investigación proporcionaron criterios para establecer magnitud de caudales ecológicos en cada cuenca para el mantenimiento del ecosistema fluvial aguas debajo de los sitios de aprovechamiento, además de aportar información sobre las intensidades o niveles de flujo para evitar cambios drásticos de temperatura y calidad de los cuerpos de agua DBO y DQO; así como los requerimientos de caudales para la dilución de las aguas servidas que disponen en los drenajes naturales, sin o con algún nivel de tratamiento. (Guevara 2007.) El aporte de este trabajo a la investigación es sobre los modelos probabilísticos para el análisis de frecuencia de los caudales mínimos que se requieren para la determinación del balance hídrico del embalse.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. EL AGUA. GENERALIDADES

El agua ha resistido una migración constante en la superficie de la Tierra desde tiempos antiguos. Cuando las corrientes del Golfo de México y de Humboldt circulan en continuidad en los mares del Atlántico y Mediterráneo, regulando el clima de la tierra proporcionan trabajo a marineros, de los cuales gran población espera ansiosamente para establecer su mercado, producción, abastecimiento, etc.

Pero cuando éstos son detenidos por las barricadas o el mismo mar, liberan su vapor de agua para que se condense y caiga en alguna parte, tierra adentro como lluvia para atacar la barrera terrestre, este continuo movimiento de evaporación y condensación representa el ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico, ha sido y será influencia para la estimación de la distribución del agua en el planeta, ya que es la base para el desarrollo de un sistema de transferencia hídrica, que permite establecer estimaciones cuantitativas de forma precisa, sobre la cantidad total de agua en la hidrosfera y la cantidades involucradas en la circulación general en la tierra, la cual se pueden expresar en un balance hídrico. (Jiménez, 1994).

De esto se desprende un neto predominio de las aguas marinas (más del 97% del total) que evidentemente constituyen la reserva más importante para los usos corrientes del futuro (agua potable, riego, uso industrial). Lamentablemente, al presente, el costo de la desalación del agua de mar es muy elevado, por lo que sólo existen pocas plantas de tratamiento en el mundo, donde no hay otra alternativa para la provisión (Kuwait - Israel) o en sitios turísticos con alto poder económico (Islas Canarias).

La mayor concentración de agua dulce (1,9%) se ubica en los casquetes polares en forma de hielo, lejos de los ámbitos poblados. De las aguas continentales, el volumen almacenado hasta unos 1.000 m de profundidad (0,5%) supera con amplitud al que instantáneamente pueden contener los ríos y los lagos del mundo (0,02%). (Auge. 2006).

En el Tabla 2.1, se indica la distribución del agua en nuestro planeta, a partir de una compilación de datos publicados por Nace (1971); así mismo se encuentra en la Tabla 2.2, la Distribución del agua en Venezuela, datos recolectados por FAO (2006).

Tabla 2.1. Distribución de Agua en Nuestro Planeta

Agua en el Planeta				
	Área Km².10⁶	Volumen Km³.10⁶	(%) Porcentaje	Altura Equivalente
Oceanos y mares	362	1.350	97,6	2.650
Casquetes Polares	17	26	1,9	50
Subterránea	131	7	0,5	14
Superficial	1,5	0,3	0,02	0,6
Del Suelo	131	0,2	0,01	0,4
Atmosferica	510	0,02	0,001	0,04
Total	510	1.383	100,03	2.715

Fuente: Agua Fuente de Vida. Dr. Auge Miguel. 2006.

Tabla 2.2. Capacidad de Almacenamiento de Agua en América Latina (Venezuela)

N°	País	Capacidad de Almacenamiento (Km³)	Cap. De Almacenamiento per Cápita (m³/hab)	Número de Grandes Presas
4	Venezuela	155	5975	74
5	Uruguay	18	5948	6
10	Argentina	130	3515	101
11	Brasil	550	3110	594
14	Honduras	13	1841	9
19	México	150	1189	667

Fuente: FAO. Information System on Water and Agriculture, Aquastat 2006.

<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html>.

En esta tabla 2.2, se muestra como Venezuela presenta la mayor capacidad de almacenamiento por habitante, cabe destacar que aunque Brasil tenga una capacidad de acumulación mayor y presente un considerable número de presas, la cantidad de habitantes no es comparable con la de Venezuela es por ello que el

rendimiento de almacenaje es mayor en Venezuela que en Brasil en la unidad per cápita.

Ahora bien, en la tabla 2.3 se muestran las reservas presentes en el estado Carabobo a base de la estadística estimada por MINAMB a base de pozos profundos, data recolectada en el periodo 1999 al 2000. Este conocimiento preciso de cuanta agua puede sustentar a la región central y capital, con un tratamiento de potabilización simple, permite establecer la dinámica de suministro de agua para esta región, en función de suplantar temporalmente el reservorio actual de abastecimiento para su saneamiento.

Tabla 2.3. Reservas Totales Aproximadas de Agua a base de pozos profundos (1999-2000)

Región Administrativa	Reservas Totales	Observaciones
	(km ³ x10 ⁶)	
Total	7.798,90	
Capital	94,8	Valle de Caracas, reservas totales hasta una profundidad de 100 m; salinidad presente en el agua hacia la sub- región de Barlovento
Central (estados Aragua y Carabobo)	13,3	Reservas totales hasta una profundidad de 100 m; alta mineralización
Estado Cojedes	77,2	Provincia Acuífera el Baúl
(Estados Lara, Yaracy y Falcón)	1106,7	Ato potencial de Caliza

Fuente: MINAMB 2006

Cuando se construye una presa en un río, la calidad de agua puede ser muy diferente de la corriente en movimiento. El agua que se encuentra detrás de la presa toma las características de un lago. En las presas profundas es común encontrar estratificación, con una escasez de oxígeno en el fondo, una zona estancada y el desarrollo de niveles significativos de hierro y manganeso en las aguas de fondo, aún cuando la superficie se mantenga libre de estos metales pesados. A partir de las corrientes en movimiento y de los ríos, el agua se puede difundir en las corrientes

subterráneas cuando el nivel del agua que esta alrededor es bajo; o el agua puede entrar en el río a partir de estas corrientes cuando el nivel del agua es alto. Esto también influye en la composición química, sobre todo la del hierro y manganeso en ciertas corrientes.

La calidad de agua de los estuarios donde los ríos se unen al mar es impredecible y dependen del flujo del río, las condiciones de la marea, el tamaño de la cuenca y la presencia o ausencia de formaciones terrestres que restrinjan el flujo hacia el mar. En las cuencas o embalses la calidad de agua puede cambiar con las mareas y flujos de ríos.

Los lagos son la fuente principal de agua fresca. En la Microscopía del Agua Potable, (Whipple y Fair, 1954) se presenta una clasificación excelente de los Lagos, basada en los parámetros permisibles emitidos por la Organización Mundial para la Salud (OMS) para el año 1946 (ver Anexo C.1). Utilizando como base para la caracterización de los lagos la naturaleza termoclina (barreras de temperatura) en diferentes épocas del año, definiendo tres tipos de lago: polar, templado y tropical. (Nalco 1991).

Durante el periodo de estancamiento veraniego, la circulación vertical es provocada por el viento, pero esta fuerza no es lo bastante fuerte para provocar el mezclado del agua del fondo, el hipolimnion. Un arreglo similar ocurre en los lagos de segundo orden, en el rango de 7,62 -0,96 metros de profundidad. La temperatura de fondo cambia en forma medible, pero nunca se aleja mucho de la densidad máxima. En los lagos de tercer orden menos de 7,92 metros de profundidad, la circulación vertical es inducida casi exclusivamente por la acción del viento y hay poca diferencia entre la temperatura superficial y de fondo.

Otras características de las aguas de los lagos generalmente de temporada y relacionada con la actividad biológica, es el sabor y el olor. Excepto en los casos en

que estos son introducidos por las descargas de desecho, por lo general se deben a materia orgánica, como los aceites esenciales producidos por el crecimiento de algas.

Otra fuente de abastecimiento de agua dulce la constituyen las aguas subterráneas; el agua profunda suele moverse muy lentamente. Su flujo se mide en 0,3048 metros por año en comparación con las corrientes superficiales, cuyas velocidades se dan en pies por segundo. Debido a esto, la composición de cualquier pozo es por lo general constante. Puesto que la composición está relacionada con la química de las formaciones geológica a través de las cuales haya pasado el agua, las aguas de los pozos perforados en diferentes estratos tienen características desiguales.

2.2.2. AGUA POTABLE

El agua que se puede consumir sin preocuparse por efectos adversos sobre la salud se le llama agua potable. (Mackenzie & Masten, 2004). Que el agua sea potable no necesariamente implica que tenga buen sabor. Sin embargo, el agua sabrosa, agradable para tomar, no es necesariamente segura. Al crecer la población también debe aumentar la producción de agua potable. Con frecuencia, la mayor producción requiere usar nuevas fuentes, las cuales contienen mayores niveles de contaminantes; al aumentar la producción y permanecer igual la capacidad de la planta, la tarea de producir agua potable se torna difícil.

2.2.3. CALIDAD DEL AGUA

Para describir la calidad del agua se utilizan cuatro tipos de características:

 Físicas: Se relacionan con la calidad del agua para uso doméstico, y suelen relacionar con la apariencia del agua, su color o turbiedad, temperatura y, en particular, su sabor, olor y temperatura. La turbiedad se debe a la presencia de materiales suspendidos, como arcilla, limo, material orgánico finamente

dividido, plancton y partículas de otros materiales en el agua; estos pueden albergar contaminantes microbiológicos dañinos para la salud humana o que disminuyan la eficiencia del desinfectante. El material orgánico disuelto procedente de vegetación en descomposición, así como ciertas sustancias orgánicas, pueden colorear el agua, esta presencia de color es estéticamente desagradable y sugiere que el agua necesita un tratamiento adecuado. (Duran, 2007).

 Químicas: La caracterización química del agua para beber incluye la identificación de sus componentes y las concentraciones de estos. Entre los componentes vigilados se encuentra los cloruros, fluoruros, sodio, sulfato, nitrato y más de 120 sustancias orgánicas. La presencia de nitratos puede causar metahemoglobinemia (síndrome del bebe azul o cianosis) en los niños; la mayoría de estos se originan por la aplicación de fertilizantes agrícolas. (Hill & Koth, 1999).

 Microbiológicas: Los agentes microbiológicos son importantes para la salud pública y también suelen serlo en la modificación de las características químicas del agua. El agua para beber y cocinar debe estar libre de organismos patógenos, como virus, bacterias, protozoarios y helmintos. Algunos organismos causantes de enfermedades en los humanos se originan en las descargas fecales de individuos infectados. (Duran, 2007). La determinación bacteriológica más frecuente estima la cantidad de microorganismos del grupo coliformes, el cual incluye dos géneros: *Escherichia Coli* y *Aerobacter Aerogenes*. El nombre del grupo se deriva de la palabra colon. Aunque la *E. Coli* es habitante común del tracto intestinal, el *Aerobacter* es usual en el suelo, las hojas y los granos. (Tortora; Funke; Case, 2007) El análisis de estos microorganismos se llama análisis de coliformes totales; se selecciona este análisis motivado a:

1. El grupo de coliformes suele habitar en los tractos intestinales de los humanos y mamíferos. Su presencia es un índice de contaminación fecal del agua.
2. Cuando un individuo está enfermo en fase aguda, la cantidad de organismos coliformes que se expulsan en las heces es muchas veces mayor que la de organismos patógenos.
3. El grupo de organismos coliformes sobrevive periodos relativamente largos en aguas naturales, pero no se reproducen bien en este ambiente. La ausencia de coliformes es una indicación de que no hay patógenos presentes. Una cepa de E. Coli (0157) produce una potente toxina (*Verotoxina*) que causa daños celulares y diarrea hemorrágica. Esta toxina potencialmente fatal, también puede dañar el hígado y los riñones. (Tortora; Funke; Case, 2007).

 Radiológicas: El desarrollo y uso de la energía atómica como fuente energética, así como la minería y el procesamiento de materiales radiactivos, al igual que los materiales radiactivos naturales, ha obligado al establecimiento de concentraciones para la administración de sustancias radiactivas en el organismo, incluyendo las del agua potable (Nebel; Wright, 1999).

2.2.4. ALCALINIDAD

La alcalinidad del agua es la medida de su capacidad para neutralizar ácidos. En las aguas naturales se debe primariamente a las sales de ácidos débiles, aunque las bases débiles o fuertes también pueden contribuir. En aguas anaeróbicas o contaminadas se pueden producir sales de ácidos débiles como el ácido acético, propiónico y sulfuros de hidrógeno, que pueden contribuir a la alcalinidad. En ciertas condiciones las aguas naturales pueden ser alcalinas debido a cantidades

apreciables de hidróxido y carbonatos. Esto sucede particularmente en aguas superficiales con algas en crecimiento. (Nalco, 1991).

 Cambios de pH durante la aireación del agua: La aireación del agua para eliminar el dióxido de carbono es un procedimiento común. Como este gas es ácido, su eliminación tiende a disminuir el H^+ y en consecuencia aumentar el pH del agua (Baird, 2001)

 Cambios de pH durante el crecimiento de algas: Cuando el pH es alto por encima de 10 en aguas superficiales, se evidencia el crecimiento de algas. Estas requieren para la fotosíntesis el dióxido de carbono y, por tanto la utilización de este gas produce aumento de pH; como se refiere durante la aireación, se incrementa el pH debido a la eliminación del dióxido de carbono. Las algas sin embargo pueden reducir la concentración de dióxido de carbono libre por debajo de su concentración de equilibrio con el aire y en consecuencia producir un incremento aún mayor de pH. En horas nocturnas las algas producen el dióxido de carbono en vez de consumirlo, esto reduce el pH en aguas superficiales, pero en las naturales que contienen cantidades apreciable de Ca^{2+} a medida que el pH >10 , el carbonato de calcio se precipita, produciendo depósitos de marga en los lagos, los cuales son precursores de piedra caliza (Baird, 2001)

2.2.5. OXIGENO DISUELTO

Es el oxígeno que está disuelto en el agua. Cuando hay muchas bacterias o minerales acuáticos en el agua, forman una sobrepoblación, usando el oxígeno disuelto en grandes cantidades. Los niveles de oxígeno también pueden ser reducidos a través de la sobre fertilización de las plantas por la fuga desde los campos de los fertilizantes conteniendo estos nitratos y fosfatos (son ingredientes de los fertilizantes). (Sawyer, 2001). Bajo de estas condiciones, el número y el

tamaño de las plantas acuáticas aumenta en gran cantidad. Entonces, si el agua llega a estar turbia por algunos días, la respiración de las plantas utilizarán mucho del oxígeno disuelto disponible. Cuando las plantas mueran, ellas llegarán a ser comida para bacterias, las cuales tendrán alta multiplicación y usarán grandes cantidades de oxígeno.

La solubilidad del oxígeno atmosférico en el agua dulce varía desde 14.6 mg/l., a 0°C, hasta aproximadamente 7mg/l., a 35°C, a 1 atm de presión. Es un gas poco soluble, y este varía con la presión atmosférica a cualquier temperatura. La deficiencia de oxígeno disuelto ocurre con mayor frecuencia en los meses de verano, cuando la temperatura es alta y la solubilidad del oxígeno es mínima; por lo tanto se considera que el nivel máximo de oxígeno disuelto disponible en condiciones críticas es aproximadamente 8mg/l (Sawyer 2001). Los niveles de oxígeno disuelto típicamente pueden variar de 0-18 partes por millón (ppm). Aunque la mayoría de los ríos y riachuelos requieren un mínimo de 5 – 6 ppm para soportar una diversidad de vida acuática.

La determinación de oxígeno disuelto es la base del análisis de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), se usa para evaluar la magnitud de la contaminación de los desechos domésticos e industriales.

2.2.6. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO

Esta se define como la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias durante la estabilización de la materia orgánica susceptible de descomposición, en condiciones aeróbicas. La prueba de DBO se considera como un procedimiento de oxidación húmeda en el que los organismos vivos son el medio para la oxidación de la materia orgánica a dióxido de carbono y agua (Sawyer, 2001).

Algunas muestras no contienen una población microbiana suficiente, por ejemplo residuos industriales no tratados, residuos desinfectados, residuos de altas

temperatura o con valores de pH extremos. Para tales muestras se debe sembrar el agua de dilución añadiendo una población de microorganismos. La depleción del oxígeno en el agua de dilución o blanco no debe exceder de 0.3 mg/L después de cinco días (Sawyer, 2001)

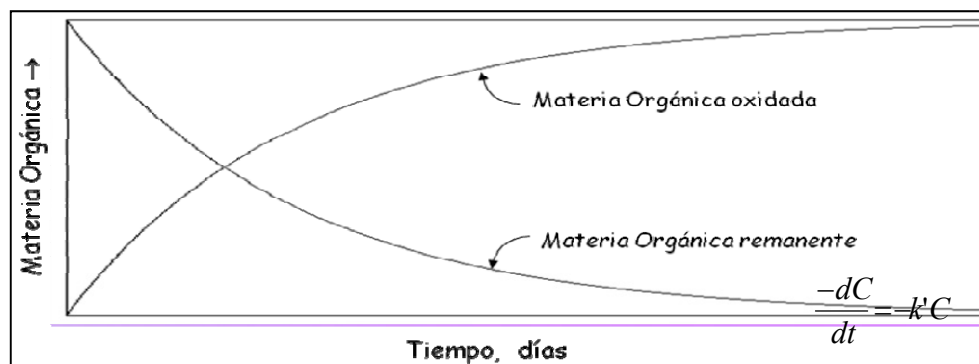


Figura 2.1. Cambios de la Materia Orgánica durante la oxidación biológica de aguas contaminadas, en condiciones aeróbicas

Fuente: Química para Ingeniería Ambiental. (Sawyer, 2001)

Las reacciones oxidativas que tienen lugar en la prueba de DBO se derivan de la actividad biológica y la velocidad de estas reacciones está dada por las cifras de la población de microorganismo y por la temperatura. Los efectos de la temperatura se mantienen constantes realizando la prueba a 20°C que es más o menos el valor medio de las aguas naturales, y el tiempo de duración de cinco días, ya que para la fecha representa un porcentaje grande del total de DBO. La cinética de reacción de la DBO es de primer orden.

Esta prueba establece los criterios de regulación, así como para realizar estudios que evalúen la capacidad de purificación de cuerpos de aguas receptores.

2.2.7. DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO

Es la cantidad de oxígeno requerida para oxidar la materia orgánica e inorgánica oxidable bajo condiciones de prueba. Es utilizada para medir la cantidad total de contaminantes orgánicos presente en aguas residuales (Baird, 2001)

En las condiciones de la prueba de la DQO, ciertos iones inorgánicos reducidos pueden ser oxidados y, por tanto, llevar a resultados erróneamente altos. Los cloruros ocasionan los problemas más serios debido a que normalmente su concentración es alta en la mayoría de las aguas residuales. Cuando existe presencia de iones de mercurio en exceso, la concentración de iones cloruros es tan baja que no se oxida por el reactivo (Baird, 2001)

Esta prueba se requiere en estudios de diseños para determinar y controlar las salidas a los sistemas de desagüe. Conjuntamente con la DBO, esta es útil para indicar las condiciones tóxicas y la presencia de sustancias orgánicas biológicamente resistentes.

2.2.8. CONSTITUYENTES Y EFECTOS SOBRE SU USO

 **Nitrógeno:** Las formas iónicas (reactivas) de nitrógeno inorgánico más comunes en los ecosistemas acuáticos son el amonio (NH_4^+), el nitrito (NO_2^-) y el nitrato (NO_3^-). Estos iones pueden estar presentes de manera natural en el medio acuático como consecuencia de la deposición atmosférica, la escorrentía superficial y subterránea, la disolución de depósitos geológicos ricos en nitrógeno, la descomposición biológica de la materia orgánica, y la fijación de nitrógeno por ciertos procariontes (Figura 2.2). Sin embargo, las actividades humanas han alterado de manera significativa el ciclo global del nitrógeno (y de otros elementos químicos), aumentando su disponibilidad en muchas regiones del planeta como consecuencia de fuentes puntuales y difusas de contaminación (Tabla 2.4). Asociados a esta contaminación generalizada aparecen los siguientes problemas medioambientales en los ecosistemas acuáticos:

1. Acidificación de ríos y lagos con baja o reducida alcalinidad.
2. Eutrofización de las aguas y proliferación de algas tóxicas.

3. Toxicidad directa de los compuestos nitrogenados para los animales acuáticos. Además, la contaminación por nitrógeno inorgánico podría inducir efectos perjudiciales sobre la salud humana.

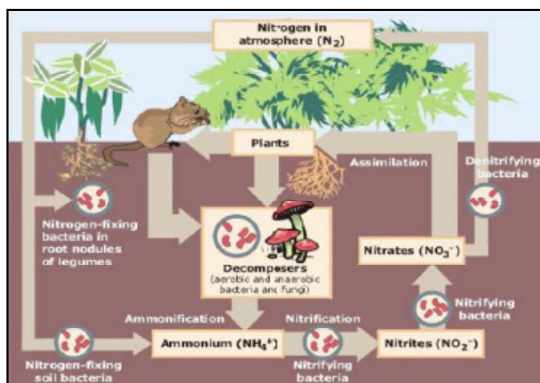


Figura 2.2. Esquema general del ciclo del nitrógeno en los ecosistemas acuáticos, y los principales problemas medioambientales derivados de la contaminación

Fuente: <http://www.epa.gov/maia/images/nitro.jpg>.2007

Tabla 2.4. Principales fuentes antropogénicas de nitrógeno inorgánico en los ecosistemas acuáticos

FUENTES PUNTUALES	
	Residuos y vertidos de granjas de animales, piscifactorías continentales, y centros de Acuicultura marina.
	Vertidos industriales y municipales sin un tratamiento adecuado.
	Procesos de escorrentía e infiltración en basureros.
FUENTES DIFUSAS	
	Procesos de escorrentía e infiltración en campos de cultivo.
	Procesos de escorrentía e infiltración en praderas y bosques quemados.
	Emisiones a la atmósfera provenientes del uso de combustibles fósiles y fertilizantes, y la posterior deposición atmosférica sobre las aguas superficiales.

Fuente: Revista Científico Técnica de Ecología y Ambiente. Nº16. V (2).2007. (Adaptado de Camargo y Alonso, 2006)

 **Fósforo:** Es un componente esencial de los organismos. Forma parte de los ácidos nucleicos (ADN y ARN); del ATP y de otras moléculas que tienen PO_4^{3-} y que almacenan la energía química; de los fosfolípidos que forman las membranas celulares; y de los huesos y dientes de los animales. Estas pequeñas cantidades en las plantas, en proporciones de 0,2% aproximadamente. En los animales hasta un 1% de su masa puede ser fósforo.

Los abastecimientos de aguas superficiales son base para el crecimiento de plancton (organismos libres), el cual está compuesto por zooplancton (animales) y fitoplancton (vegetales); este último está conformado por algas y cianobacterias, ya que son organismos que presentan clorofila, su crecimiento está influido por los componentes fertilizantes del agua, por tanto el fósforo es esencial para el crecimiento de estos y la limitación de este elemento controla la tasa de incremento. Este plancton es comido por organismos filtradores como algunas especies de peces, cuando estos peces son comidos por aves, estas devuelven el fósforo en tierra o mar a través de las heces, generando un ciclo.

 Efecto de Eutrofización: Aunque el fósforo ha sido considerado tradicionalmente como el principal nutriente limitante para el crecimiento de las algas en los ecosistemas acuáticos continentales, existe en la actualidad una evidencia creciente de que el nitrógeno también puede actuar como nutriente limitante, sobre todo en aquellos casos de sobre-enriquecimiento por fósforo y disminuir el valor del cociente N:P.

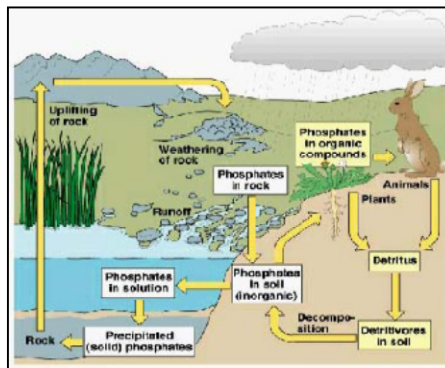


Figura 2.3. Esquema general del ciclo del fósforo en los ecosistemas acuáticos, y los principales problemas medioambientales derivados de la contaminación

Fuente: <http://www.epa.gov/maia/images/fosf.jpg>.2007.

Contrariamente, en estuarios y ecosistemas costeros, el nitrógeno ha sido identificado generalmente como el principal nutriente limitante. No obstante,

en los casos en que se produce una entrada significativa de nitrógeno, el valor del cociente N: P suele aumentar marcadamente, pudiendo devenir entonces el fósforo en nutriente limitante. Otros elementos químicos, como Si y Fe, también pueden influir en el crecimiento y abundancia de las algas pero, en general, con menor relevancia que N y P. Concentraciones elevadas de NH_4^+ , NO_2^- y NO_3^- pueden promover el desarrollo, mantenimiento y proliferación de los productores primarios (fitoplancton, algas bentónicas y macrófitos), contribuyendo al muy extendido fenómeno de la eutrofización cultural de los ecosistemas acuáticos (Wetzel, 2001; Anderson *et al.*, 2002; Smith, 2003; EEA, 2005). La eutrofización cultural puede producir diversos efectos ecológicos y toxicológicos los cuales están directa o indirectamente relacionados con la proliferación de los productores primarios (Tabla Nº 2.5). Esta proliferación, y su posterior muerte y descomposición, suelen conducir a una marcada disminución de la concentración de oxígeno disuelto en aquellos ecosistemas con una reducida tasa de renovación de agua.

Tabla 2.5. Principales Efectos Ecológicos y Toxicológicos de la Eutrofización Cultural

EFFECTOS ECOLÓGICOS Y TOXICOLÓGICOS
Incremento de la biomasa de los productores primarios (proliferación de algas tóxicas en ciertas situaciones).
Reducción de la transparencia y la disponibilidad de luz.
Aumento de la materia orgánica sedimentada
Disminución de la Concentración de Oxígeno disuelto en las aguas del fondo y los sedimentos.
Formación de Compuestos reducidos (H_2S , por ejemplo) en las aguas del fondo y los Sedimentos.
Cambios (aumento o disminución) en la biomasa de los productores secundarios.
Disminución de la diversidad de especies en las comunidades de productores primarios y secundarios.

Fuente: Revista Científico Técnica de Ecología y Ambiente. Nº16. V (2).2007. (Adaptado de Camargo y Alonso, 2006)

2.2.9. SÓLIDOS. IMPORTANCIA AMBIENTAL

Se refiere a la materia que queda como residuo después de la evaporación y el secado entre 103°C Y 105°C, todas las sustancias que ejercen considerable presión de vapor a esta temperatura se pierden en los procesos de evaporación y secado.

 Sólidos Disueltos y No Disueltos: El análisis de los sólidos totales de los abastecimientos de agua se lleva a cabo a 180°C, ya que a esta temperatura se remueve toda el agua mecánicamente absorbida, es por ello que la concentración del material orgánico es muy bajo, de modo que las pérdidas por más alta temperatura de secado es insignificante.

 Sólidos Sedimentables: Se aplica a los sólidos en suspensión que se pueden sedimentar en condiciones de quietud por la influencia de la gravedad. solo se puede sedimentar los sólidos en suspensión más gruesos y con un peso específico lo suficientemente mayor que el agua.

Las aguas con un contenido de sólidos totales menor que 500mg/l son más adecuadas para el consumo humano, pero si este contenido es más alto tienen un efecto laxante y algunas veces el efecto inverso cuando el organismo no se ha adaptado a ellos.

2.2.10. CONSTITUYENTES INORGÁNICOS EN TRAZAS

Los parámetros de los constituyentes en trazas a nivel mundial surge por cuatro factores: 1.- Enfermedad “Itai-Itai” (Ay, Ay) entre los granjeros que bebían agua en el río Jintsu Japón, con contenido de cadmio. 2.- El mercurio metálico que escapaba de los laboratorios y las industrias, el cual podía convertirse en mercurio metílico, concentrarse en la vida acuática y pasar a través de las cadenas alimenticias naturales a los humanos, especialmente por el consumo de pescado. 3.-

Evidencia de que ciertos compuestos inorgánicos y orgánicos pueden ser carcinógenos. 4.- Conciencia de que el reciclaje de aguas residuales es inminente para completar el abastecimiento de agua potable. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) establece los límites máximos de los constituyentes obligatorios y los no obligatorios para cada uno de los componentes que afectan la salud.

Los constituyentes en trazas se clasifican en constituyentes orgánicos e inorgánicos.



Constituyentes Orgánicos: La mayoría son compuestos clorados antropogénicas, los pesticidas y herbicidas representan la categoría más extensa, la mayoría son halogenados, a excepción del carbuforán y el diquat. Estos compuestos halogenados son señalados por su toxicidad general, por sus propiedades hidrofóbicas relativamente altas, por el uso de grandes volúmenes y por su relativa resistencia a la biodegradación.

Los solventes clorados y los hidrocarburos alifáticos clorados (HAC), figuran dentro de los denominados Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), generalmente no son un problema en aguas superficiales, ya que se pueden remover por aireación y transferir a la atmósfera. Sin embargo, en las aguas subterráneas, como el contacto con la fase gaseosa y turbulencia son bajas, las concentraciones de los COV permanece bastante alta después de la contaminación, estos tienden a ser menos hidrófobos que los pesticidas, por consiguiente se mueven rápidamente a través del suelo a las aguas subterráneas.

El termino aceite y grasa se aplica a variedad de sustancias orgánicas que se extraen de las soluciones acuosas o de las suspensiones. El contenido de éstos

en aguas relativamente limpias no es una determinación de rutina, pero es válida su aplicación en el caso en donde ha ocurrido una contaminación.

Las principales sustancias en las aguas residuales domésticas que se clasifican como aceites y grasas son los aceites, las grasas, las ceras y los ácidos grasos. Las aguas industriales pueden contener ésteres simples y otros pocos compuestos de la misma categoría.

El término aceite representa una gran variedad de sustancias del grupo de los hidrocarburos del petróleo con alto y bajo peso molecular, la grasa representa los hidrocarburos de peso molecular alto y todos los glicéridos de origen animal y vegetal. Los ácidos grasos se encuentran principalmente en forma de precipitado, como los jabones de calcio y magnesio; como tales son insolubles en los solventes.

Los aceites y grasas pueden causar graves problemas por ser difíciles de biodegradar por los microorganismos e interfieren con la vida acuática por la formación de películas que impiden la penetración de la luz y la transferencia de gases del aire.

 Constituyentes Inorgánicos: Las principales fuentes de constituyentes inorgánicos en trazas son los residuos industriales de las operaciones de la producción de metal o acabados en metal, solo el tratamiento en la fuente es el único método práctico de asegurar que se alcance el nivel autorizado de inorgánicos en trazas. En la Tabla 2.6 se encuentra el efecto de los constituyentes inorgánicos en la salud.

En Venezuela existen normas para el control de vertidos líquidos, estas se encuentran en el Decreto 883 de la Gaceta Oficial N° 5021 de la Ley Orgánica del Ambiente. También se encuentra los niveles de Constituyentes máximos permitidos a la descarga de los cuerpos de agua (Ver tabla 2.7).

✓ **BALANCE DE CONSTITUYENTES.**

El transporte de constituyentes a gran escala se lleva a cabo por medio del agua y el aire. El balance de masa para un constituyente está dado por la siguiente relación:

$$\boxed{\begin{array}{c} \text{Tasa de Acumulación} \\ \text{de Masa dentro de un} \\ \text{sistema limitado} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{c} \text{Tasa de Flujo de} \\ \text{Masa que entra al} \\ \text{Sistema} \end{array}} - \boxed{\begin{array}{c} \text{Tasa de Flujo de} \\ \text{Masa que sale al} \\ \text{Sistema} \end{array}} + / - \boxed{\begin{array}{c} \text{Tasa de Generación} \\ \text{o Eliminación dentro} \\ \text{del Sistema} \end{array}} \quad 1$$

La ecuación 1 se basa en el registro del balance de masa de cualquier constituyente en un volumen estacionario de dimensiones fijas. Los términos se expresarán en unidades de masa por unidad de tiempo. Este balance en términos físicos es afectado por un conjunto de procesos.

 **Advección:** Los constituyentes son transportados con el flujo a través de un canal abierto o cerrado, o a través de un medio poroso por acción de la velocidad del agua. Este se define por:

$$\text{Transporte de Advección} = V_x * \Theta_e * A_x * C \quad (2)$$

Donde: Θ_e = Porosidad efectiva del acuífero saturado con agua

V_x = Velocidad promedio del agua subterránea en dirección X (m/s)

A_x = Área total de la sección transversal al flujo en dirección X (m/s)

C = Concentración de la masa del constituyente en el agua subterránea (g/m³)

 **Dispersión Hidrodinámica:** Este ocurre por las variaciones de velocidad en el medio poroso. Para una dimensión se aplica la Ley de Fick

$$\text{Transporte de Dispersión} = D_x * \Theta_e * A_x * dC/dx \quad (3)$$

Donde: D_x = Coeficiente de Dispersión Hidrodinámica en dirección X (m²/s)

A_x = Área de la sección transversal al flujo en dirección X (m/s)

dC/dx = Gradiente de concentración en dirección X (g/m³*m).

Tabla 2.6. Principales Efectos Toxicológicos de los Constituyentes Inorgánicos

CONSTITUYENTES METÁLICOS	CONSECUENCIAS
ANTIMONIO	Afecta el tracto intestinal, el corazón, el hígado, tracto respiratorio.
BARIO	Producen alteraciones musculares, cardiovasculares y daño renal.
BERILIO	Causa cáncer en los animales, puede ser equivalente al humano.
CADMIO	A niveles extremos causa fragilidad ósea e intenso dolor. A niveles bajos pero tiempo prolongado causa hipertensión arterial, esterilidad masculina, alteraciones respiratorias parecidas a la influenza.
CROMO	Las intoxicaciones por cromatos causan enfermedades de la piel y lesión hepática. Son oncogénicos, su límite en aguas potables a sido restringido a 0,1mg/l.
COBRE	Es un irritante gastrointestinal, produce la enfermedad de Wilson. En las aguas superficiales es tóxico para las plantas acuáticas. La concentración aproximada a 1.0mg/l puede ser tóxica para algunos peces, por lo tanto para el hombre en la cadena trófica.
PLOMO	Es altamente tóxico y carcinógeno, causa lesión cerebral y renal, en los jóvenes causa retardo mental e incluso convulsiones (enfermedad llamada plumbismo).
MERCURIO	Es letal, causa la muerte a la ingesta y produce defectos congénitos a hijos de madres expuestas a los compuestos metilados de mercurio. Su nivel máximo es de 0,2µg/l. Se bioacumulan por cadena trófica.
NÍQUEL	La exposición al níquel inhalado puede ser carcinógena.
SELENIO	A concentraciones altas es tóxico, se encuentra como traza en el suelo y se acumula en plantas y cereales en cantidades peligrosas, en los animales a su ingesta impide la formación adecuada de los huesos, causa la enfermedad de alcalosis y la de vértigo ciego.

Fuente: Datos recopilados en Química para Ingeniería Ambiental (Sawyer 2001)

Tabla 2.7. Parámetros Fisicoquímicos de las descargas a Cuerpos de Agua según decreto 883

CONSTITUYENTES METÁLICOS	CONSECUENCIAS
PARÁMETROS Físico-químicos	Límites máximos o rangos
Aceites minerales e hidrocarburos	20 mg/l
Aceites y grasas vegetales y animales	20 mg/l
Alkil mercurio	No detectable (*)
Aldehídos	2,0 mg/l
Aluminio total	5,0 mg/l
Arsénico total	0,5 mg/l
Bario total	5,0 mg/l
Boro	5,0 mg/l
Cadmio total	0,2 mg/l
Cianuro total	0,2 mg/l
Cloruros	1000 mg/l
Cobre total	1,0 mg/l
Cobalto total	0,5 mg/l
Color real	500 unidades de Pt-Co
Cromo total	2,0 mg/l
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO _{5,20})	60 mg/l
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	350 mg/l
Detergentes	2,0 mg/l
Dispersantes	2,0 mg/l
Espuma	Ausente
Estaño	5,0 mg/l
Fenoles	0,5 mg/l
Fluoruros	5,0 mg/l
Fósforo total (expresado como fósforo)	10,0 mg/l
Hierro total	10 mg/l
Manganeso total	2,0 mg/l
Mercurio total	0,01 mg/l
Nitrógeno total (expresado como nitrógeno)	40 mg/l
Nitritos + nitratos (expresado como nitrógeno)	10 mg/l
PH	6 – 9
Plata total	0,1 mg/l
Plomo total	0,5 mg/l
Selenio	0,05 mg/l
Sólidos flotantes	Ausentes
Sólidos suspendidos	80 mg/l
Sólidos sedimentables	1,0 ml/l
Sulfatos	1.000 mg/l
Sulfitos	2,0 mg/l
Sulfuros	0,5 mg/l
Zinc	5,0 mg/l
Biocidas	
Organoclorados	0,05 mg/l
Organofosforados y Carbamatos	0,25 mg/l
Radiactividad	
Actividad	0,1 Bq/l.
Actividad	1,0 Bq/l.

Fuente: Normas para la Clasificación y Control de la Calidad de Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Decreto 883 G.O.5021 Año1996

 **Difusión:** Es un proceso a escala molecular que ocasiona esparcimiento del soluto debido al gradiente de concentración y moción aleatoria. En este caso la difusión tiene lugar en cuerpos de agua estancada, siempre que exista un gradiente de concentración del contaminante.

El coeficiente de Dispersión Hidrodinámica D_x se expresará como sigue:

$$D_x = V_x \cdot K_x^n + D_m \quad (4)$$

Donde: V_x = Velocidad media en dirección X (m/s)

K_x = Dispersibilidad, propiedad característica del sistema físico (m)

n = Constante empírica (usualmente igual a 1)

D_m = Coeficiente de Difusión Molecular.

 **Balance de Materiales**

✓ Para un contaminante conservativo, el balance de materiales transportado por Advención y dispersión hidrodinámica es como sigue:

$$\frac{dC_A}{dt} = D \left(\frac{d^2 C_A}{dx^2} \right) - V \left(\frac{dC_A}{dx} \right) \quad (5)$$

Esta ecuación permitirá describir el cambio o variación de un contaminante conservativo llevado por los parámetros antes mencionados.

✓ Para un contaminante no conservativo, el balance de materiales transportado por Advención y dispersión hidrodinámica es como sigue:

$$\frac{dC_A}{dt} = D \left(\frac{d^2 C_A}{dx^2} \right) - V \left(\frac{dC_A}{dx} \right) - \frac{d}{dt} \frac{C_{\text{sorbido}} \times \rho b}{\theta_T} \quad (6)$$

Aquí se está considerando la remoción del contaminante del agua por adsorción. Donde se asume un modelo lineal y se establece una relación entre la adsorción y el retardo,, asumiendo un equilibrio local en el embalse y la partición lineal instantánea del contaminante entre el agua y los sólidos sedimentados en el embalse. También se considera que la absorción del contaminante no conservativo es más baja que el conservativo, indicando

que la velocidad de este (no conservativo) es igual a la velocidad de advección del agua en la zona subterránea, se define la ecuación para el balance de masa para el contaminante no conservativo (Álvarez y Guevara, 2003).

$$\frac{dC}{dt} = \frac{D}{Rf} \left(\frac{d^2 C_A}{dx^2} \right) - \frac{V}{Rf} \left(\frac{dC}{dx} \right) - \frac{dC}{dt} \pm \frac{rc}{Rf} \quad (7)$$

2.2.11. BALANCE HÍDRICO

Las ideas de los filósofos griegos y romanos sobre el origen del agua superficial y la subterránea se basaban en que la lluvia no era suficiente para abastecer el caudal de los ríos y que el suelo carecía de la permeabilidad necesaria para permitir la infiltración. Por ello, el funcionamiento hidrosférico o ciclo hidrológico, recién fue descubierto en el siglo 17, por dos investigadores franceses: Pierre Perrault y Edmé Mariotté y constituyen el punto de partida de la hidrología como ciencia. Perrault, midió la lluvia durante 3 años en la cuenca alta del Sena y el escurrimiento del río; concluyó que el volumen de agua precipitada era 6 veces mayor que la escurrida superficialmente. De esta forma se demostró la falacia de que las lluvias eran insuficientes para alimentar manantiales y ríos. Mariotté, llega a resultados similares en lo referente a la relación precipitación escurrimiento superficial y también define con precisión infiltración y circulación del agua subterránea. Posteriormente, Edmundo Halley en 1686, realizó mediciones de evaporación en el Mar Mediterráneo, demostrando que el volumen evaporado era suficiente para suplir la cantidad de agua que retorna a través de los ríos (Auge 2006).

La ecuación que expresa el funcionamiento del ciclo hidrológico es:

$$P = Evt + Q + I \quad (8)$$

P: precipitación Evt: evapotranspiración Q: Escurrimiento I: infiltración.

La Hidrología es una actividad multidisciplinaria que se centra en el cuestionamiento de cuánta agua puede esperarse que haya en un sitio y momento dados. La aplicación de la misma garantiza el abasto adecuado con respecto al agua potable, irrigación y usos industriales.

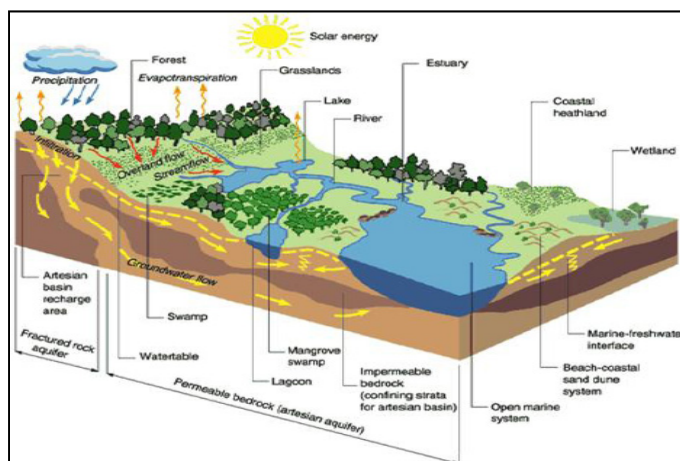


Figura 2.4. Esquema del Ciclo Hidrológico

Fuente: Ingeniería y Ciencias Ambientales (Mackenzie L. Davis Susan J. Masten 2004.)

✓ PRECIPITACIÓN (P)

Se define como la caída de agua al estado líquido (lluvia) o sólido (nieve). La precipitación es un fenómeno discontinuo y sumamente variable en el espacio y en el tiempo. Las variaciones estacionales y anuales tienen consecuencias trascendentales en la administración de los recursos hídricos. Esta se puede medir mediante pluviómetros o radares; el primero mide de forma puntual en áreas pequeñas de unos 20cm de diámetro y luego extrapolarse, el segundo mide un área más grande de aproximadamente de 2,5 Km².

PRECIPITACIÓN MEDIA SOBRE EL ÁREA DE UN EMBALSE

En la mayoría de los estudios hidrológicos es necesario comprender el promedio de la lluvia sobre un área determinada y para este propósito se usan medias de lluvia para porciones representativa (áreas de influencias). Los métodos comúnmente utilizados para dicho fin son: El Método Aritmético, el Método de los

Polígonos de Thiessen y el Método de la Isoyetas. En la investigación se utilizará el método aritmético.

1. MÉTODO ARITMÉTICO

Este es el método más directo y consiste en tomar el promedio aritméticos de todas las estaciones de medición existente. Los resultados son satisfactorios cuando las estaciones se encuentran uniformemente distribuidas y la cuenca es de topografía plana. En el caso contrario, se someten a precisiones debido a que se está asignando igual afluencia a todas las estaciones. La distribución de la lluvia sobre el área está influenciada por la altura y los accidentes topográficos que no son considerados por el método del promedio aritmético.

Procedimiento del método:

1. Se determina la precipitación acumulada, por cada estación, correspondiente a la tormenta ocurrida sobre el área de la cuenca en estudio.
2. Se hace sumatoria de todas las precipitaciones acumuladas.
3. Se calcula la precipitación media dividiendo la sumatoria total de lluvias acumuladas entre el número de estaciones pluviométricas.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \quad (9)$$

Donde:

$\bar{P}$ = Precipitación media sobre el área de la cuenca.

P_i = Precipitación acumulada por la estación i.

n = Números de estaciones pluviométricas.

✓ EVAPORACIÓN (E).

Es la transformación del agua líquida en vapor. Principal responsable de la evaporación, es la energía solar. La evaporación junto con la transpiración (Evapotranspiración Evt) constituyen variables de significativa importancia

hidrológica, siendo frecuentes en muchas partes del mundo valores de E_v entre el 60 y 90% de la lluvia. La evaporación se asume como pérdida en la ecuación que sintetiza el balance hidrológico. Prescribir las tasas de evaporación permite determinar la capacidad de los depósitos hechos por el hombre (Embalses). Su medición se realiza por la evaporación en bandeja (es la que se realiza por medio de una bandeja de clase A estándar del Servicio Nacional de Clima NWS). Cuando se trata de lugares de almacenamientos, la evaporación lacustre difiere de la evaporación en bandeja en virtud de la capacidad de almacenamiento de calor del lago, embalse y las corrientes del viento. Para estimar la evaporación lacustre a partir de mediciones de evaporación de bandeja de clase A, se multiplica el valor de las mediciones por el factor 0,7

$$E_L = E_{BA} * 0,7 \quad (10)$$

Donde: E_L : Evaporación Lacustre (mm/h).

E_{BA} : Evaporación de Bandeja Clase A (mm/h).

✓ **TRANSPIRACIÓN (Tr).**

Proceso físico – biológico por el que el agua líquida se vaporiza por acción del metabolismo de las plantas. El agua del suelo penetra por los pelos absorbentes de las raíces debido al proceso de ósmosis y llega a los vasos del tallo. La transpiración, que se produce por las estomas de las hojas, genera la succión necesaria para que el agua ascienda.

✓ **EVAPOTRANSPIRACIÓN (E_v).**

Los dos procesos mencionados previamente, rara vez se producen aislados por ello, en hidrología generalmente se los trata en forma conjunta. La E_v , sólo se produce cuando el suelo tiene cobertura vegetal, de lo contrario, sólo se producirá evaporación. La E_v depende de dos factores esenciales:

- ✓ el grado de humedad del suelo
- ✓ b) el tipo y desarrollo vegetal

Además, tienen influencia la temperatura, la humedad relativa y la radiación. La evapotranspiración real (ETR) se obtiene en el balance hídrico diario a partir de los valores de evapotranspiración potencial (ETP) y dependiendo del agua disponible debido a la precipitación y la acumulada en el suelo, siguiendo el esquema del balance hídrico de Thorthwaite y Mather (1957) en el libro Guevara y Cartaya (2004).

$$ETP = 16 * \left(10 * \frac{T}{J}\right)^a \quad (11)$$

Teniendo presente que J viene a ser

$$J = \left(\frac{T}{5}\right)^{1,514} \quad (12)$$

Por último la Evapotranspiración actual para un mes particular con temperatura media se obtuvo mediante

$$ET = ETP * \left(\frac{DT}{360}\right) \quad (13)$$

✓ **ESCURRIMIENTO O CAUDAL (Q).**

El agua de lluvia que no se evapotranspira, escurre superficialmente, llegando a los cursos por cuatro vías diferentes: superficialmente, subterráneamente (escurrimiento subterráneo) subsuperficialmente (escurrimiento hipodérmico) y directamente (precipitación sobre los cursos), se mide o se evalúa en algún sitio de interés del cauce de un río como esorrentía o escurrimiento. El caudal o gasto de una corriente es el volumen del agua por unidad de tiempo que pasa por la sección transversal del cauce en la estación hidrométrica de salida, se expresa en m³/s ó l/s. su ecuación es como sigue:

$$Q = V * A \quad (14)$$

Donde: V = La velocidad media de la corriente en m/s.

A = Área de la sección transversal de la estación de aforos
ó sección de salida.

También se puede utilizar la fórmula de escorrentía mediante la precipitación media (SCS) en mm la cual se basa en la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{(P - 0,2 * S)^{0,222}}{P + 0,8 * S} \quad (15)$$

✓ Sedimentos

Para la determinación de la Escorrentía a través del método LANGBEIN-SCHUMM

1. Método de LANGBEIN-SCHUMM

Mediante la siguiente expresión se obtuvo los valores de la tabla 4.24. Estos están expresados en ton/milla²/Año.

$$q_s = \frac{10P^{2,3}}{1 + 0,0007P^{3,333}} \quad (16)$$

El Embalse Pao Cachinche, ubicado en la parte norte de la Cuenca del Río Pao, es receptora de una gran parte de los sólidos generados en las áreas urbanas e industriales. (Paredes, 2008).

Método de FLEMING Esguerramiento Fluvial

El método de Fleming utiliza los caudales promedios mensuales pertenecientes al cuerpo o reservorio, y se aplica la relación entre el sedimento total suspendido q_s y el esguerramiento fluvial Q , mediante un modelo matemático.

$$q_s = aQ^n \quad (17)$$

Los valores de a y n se extraen del trabajo realizado por Avendaño y Morales (1990) sobre la base de 100 cuencas de Venezuela expuesto en el libro de Guevara y Cartaya (2004). La Región Central (a) reporta el valor de 16249 y (n) de 1,26.

✓ BALANCE HIDROLÓGICO

Las cantidades de agua involucradas en varios procesos del ciclo hidrológico, se evalúan mediante la siguiente ecuación.

$$I - O = dS/dt \quad (18)$$

Donde: I = Aporte o afluente por unidad de tiempo.

O= Descarga o efluente por unidad de tiempo.

dS/dt = Cambio de almacenaje por unidad de tiempo.

2.3. BASES LEGALES

2.3.1. MARCO LEGAL AMBIENTAL VENEZOLANO APLICABLE AL USO DE LOS ACERVOS HÍDRICOS. (PLANIGESTIÓN 2007)

La Constitución de la República Bolivariana de Venezuela indica en el Capítulo IX de los derechos ambientales, artículo 129 “Todas las actividades susceptibles de generar daños a los ecosistemas deben ser previamente acompañadas de estudios de impacto ambiental y socio cultural. (Gaceta Oficial de la República de Bolivariana de Venezuela No. 36.860 del 30 de Diciembre de 1999).

A partir de la Constitución de la República surgen leyes y decretos que permiten generar un marco legal ambiental sólido. A continuación, se nombran las principales leyes que tienen pertinencia en el presente estudio y posteriormente los decretos. Ambos, listados en orden cronológico en función de la fecha de aprobación por la Asamblea Nacional.

✓ LEYES

 Ley de Aguas: Tiene por objeto establecer las disposiciones que rigen la gestión integral de las aguas como elemento indispensable para la vida el bienestar humano y el desarrollo sustentable del país y es de carácter estratégico e interés de Estado. Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela Nº 38.595 de fecha 02 de enero de 2007. Deroga al Decreto Nº 2.331 de fecha 5 de Junio de 1992 publicado en Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 35.042 del 04 de Septiembre de 1992; y algunos artículos de: la Ley Forestal de Suelos y Aguas.

 **Ley Orgánica del Ambiente:** Tiene por objeto establecer las disposiciones y desarrollar los principios rectores para la gestión del ambiente en el marco del desarrollo sustentable como derecho y deber fundamental del Estado y de la sociedad, para contribuir a la seguridad del Estado y al logro del máximo bienestar de la población y al sostenimiento del planeta en interés de la humanidad. De igual forma establece las normas que desarrollan las garantías y derechos constitucionales a un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. Gaceta Oficial de la República de Bolivariana de Venezuela Extraordinaria No. 39.913 del 2 de Mayo de 2012. (Deroga la Ley Orgánica del Ambiente publicada en Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5833 del 22 de Diciembre del 2006).

✓ **DECRETOS**

 **Decreto N° 883:** de fecha 11-10-95, por el cual se dictan las **NORMAS PARA LA CLASIFICACIÓN Y EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS CUERPOS DE AGUA Y VERTIDOS O EFLUENTES LÍQUIDOS**. Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 5.021 Extraordinario del 18 de Diciembre de 1.995. Deroga los Decretos N°. 2.221, 2.222, 2.223 y 2.224 de fecha 23-04-92, Gaceta Oficial de la República de Venezuela No. 4.418 Extraordinario del 27 de Abril de 1992.

 Decreto N° 883, Cap. II. De la Clasificación de las aguas, en su Artículo 3, indica lo siguiente:

“Las aguas se clasifican en:

Tipo 1 Aguas destinadas al uso doméstico y al uso industrial que requiera de agua potable, siempre que ésta forme parte de un producto o subproducto destinado al consumo humano o que entre en contacto con él.

Las aguas del tipo 1 se desagregan en los siguientes sub-tipos:

Sub Tipo 1A: Aguas que desde el punto de vista sanitario pueden ser acondicionadas con la sola adición de desinfectantes.

Sub Tipo 1B: Aguas que pueden ser acondicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración.

Sub Tipo 1C: Aguas que pueden ser acondicionadas por proceso de potabilización no convencional.”

De igual modo el Artículo 4 del Decreto 883 numeral 1 y 2, indican los niveles de calidad exigibles de acuerdo con los usos a que se destinen, los cuales se detallan en la tabla N° 2.8, en la misma se indican las características correspondiente a las aguas sub tipo A y las aguas sub tipo B, parámetros que sirven de comparación para los emitidos en la realización de esta investigación.

Tabla 2.8. Parámetros Fisicoquímicos de los Cuerpos de Agua Sub Tipo 1A y 1B según Decreto 883

Agua Tipo 1A	
Parametros	Limites o rango máximo
Oxígeno Disuelto (OD)	mayor de 4,0 mg/l. (*)
pH	mínimo 6,0 y máximo 8,5
Color real	menor de 50, U Pt-Co
Turbiedad	menor de 25, UNT
Fluoruros	menor de 1,7 mg/l
Organismos Coliformes Totales	Promedio mensual menor a 2000NMP por cada 100 ml
* Este valor también se podrá expresar como porcentaje de saturación, el cual debe ser mayor a 50%	
Agua Tipo 1B	
Parametros	Limites o rango máximo
Oxígeno Disuelto (OD)	mayor de 4,0 mg/l. (*)
pH	mínimo 6,0 y máximo 8,5
Color real	menor de 150, U Pt-Co
Turbiedad	menor de 250, UNT
Fluoruros	menor de 1,7 mg/l
Organismos Coliformes Totales	Promedio mensual menor a 1000NMP por cada 100 ml
* Este valor también se podrá expresar como porcentaje de saturación, el cual debe ser mayor a 50%	

Fuente: Normas para la Clasificación y Control de la Calidad de Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Decreto 883 G.O.5021 Año 1996

Así mismo, en el numeral 3 se indica que las aguas tanto del tipo 1A y 1B, no debe exceder de los límites establecidos, mostrados en la tabla 2.9, los cuales sirven de patrón, para efectuar las comparaciones entre los resultados obtenidos en los muestreos realizados.

Tabla 2.9. Límites de los Parámetros Fisicoquímicos de los Cuerpos de Agua Sub Tipo 1A y 1B según Decreto 883

Elementos o Compuestos	Límites
Aceites mineraes	0,3 mg/l
Aluminio	0,2 mg/l
Arsénico Total	0,05 mg/l
Bario Total	1,0 mg/l
Cadmio Total	0,01 mg/l
Cianuro Total	0,1 mg/l
Cloruros	600 mg/l
Cobre total	1,0 mg/l
Cromo Total	0,05 mg/l
Detergentes	1,0 mg/l
Dispersantes	1,0 mg/l
Dureza, expresada como CaCO ₃	500 mg/l
Extracto de Carbono al cloroformo	0,15 mg/l
Fenoles	0,002 mg/l
Hierro Total	1,0 mg/l
Manganeso Total	0,1 mg/l
Mercurio Total	0,01 mg/l
Nitritos + Nitratos (N)	10,0 mg/l
Plata Total	0,05 mg/l
Plomo Total	0,05 mg/l
Selenio	0,01 mg/l
Sodio	200 mg/l
Sólidos Disueltos Totales	1500 mg/l
Sulfatos	400 mg/l
Zinc	5,0 mg/l
Biocidas	
Organofosforados y Carbamatos	0,1 mg/l
Organoclorados	0,2 mg/l

Fuente: Normas para la Clasificación y Control de la Calidad de Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Decreto 883 G.O.5021 Año 1996

2.4. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- ✓ **Aguas servidas:** Aguas utilizadas o residuales provenientes de una comunidad, industria, granja u otro establecimiento, con contenido de materiales disueltos y suspendidos.
- ✓ **Bioacumulación:** Proceso de acumulación progresiva de sustancias químicas en los tejidos de los seres vivos, a medida que se asciende en la cadena alimenticia.
- ✓ **Calidad de un cuerpo de agua:** Caracterización física, química y biológica de aguas naturales para determinar su composición y utilidad al hombre y demás seres vivos.
- ✓ **Contaminación de las aguas:** Acción o efecto de introducir elementos compuestos o formas de energía capaces de modificar las condiciones del cuerpo de agua superficial o subterráneo de manera que se altere su calidad en relación con los usos posteriores o con su función ecológica para el desarrollo de la vida acuática y ribereña.
- ✓ **Carga másica de un efluente:** Cantidad total de constituyentes descargado por unidad de tiempo, la cantidad expresada en kilogramos o toneladas métricas y la unidad de tiempo en día o año.
- ✓ **Constituyentes:** Son los contaminantes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en cualquier estado de la materia.
- ✓ **Población Equivalente:** (PE) Población estimada que contribuiría con una cantidad determinada de un parámetro específico, indicador de contaminación ($\text{DBO}_{5,20}$) en el caso de contaminación orgánica, microorganismos coliformes en contaminación microbiana. Las conversiones de carga orgánica a PE se basarán en una contribución de 54g de DBO_5 ,

$_{20}$ /persona/día, las cargas microbianas en un número más probable per cápita por día de 200×10^9 coliformes.

- ✓ **Vertido líquido:** Descarga de aguas residuales que se realice directa o indirectamente a los cauces mediante canales, desagües drenajes de agua, descarga directa sobre el suelo o inyección en el subsuelo, descarga a redes cloacales, descarga al medio marino – costero y descargas submarinas

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación constituye un diseño no experimental, parte de un modelo correlacional explicativo (De la Mora Maurice 2008), ya que: 1. Se realizó un estudio en donde analizó las variables pertenecientes al balance hídrico que se presentó el embalse y su repercusión sobre el nivel de contaminación y 2. Se estableció el balance de constituyentes químicos en el embalse, fijando puntualmente el comportamiento del mismo a lo largo del periodo estudiado.

3.2. UNIDAD DE ESTUDIO

El embalse Pao Cachinche constituye la unidad de estudio está geográficamente ubicado en la región centro norte de Venezuela ($9^{\circ}53'N$, $68^{\circ}08'W$), en el límite entre los estados Carabobo y Cojedes, cerca de la ciudad de Valencia, aguas abajo de la confluencia de los ríos Paíto y Chirgua, aproximadamente hacia el centro de la Cuenca del río Pao (Ginez & Olivo, 1984). Como se muestra en la figura 3.1.

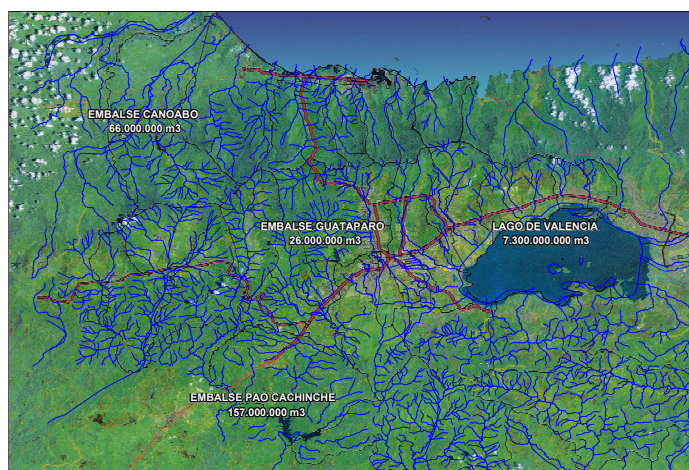


FIGURA 3.1. CROQUIS DE LOS RÍOS, RESERVORIOS Y LAGO DEL EDO. CARABOBO.

Fuente: Situación ambiental de las cuencas del lago de Valencia y el río Pao. Guevara. 2009

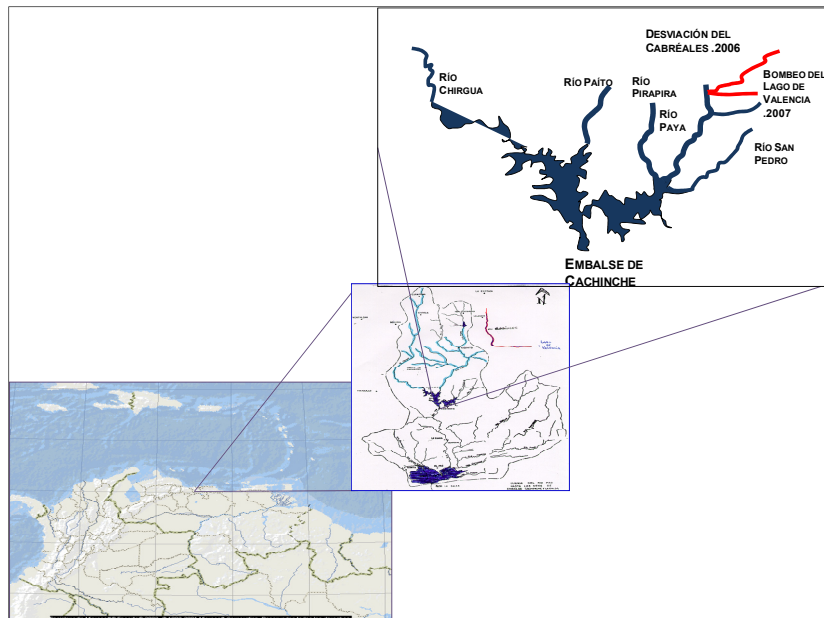


FIGURA 3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL EMBALSE PAO CACHINCHE

Fuente: HIDROCENTRO. Dpto. de Captación y Saneamiento 2010

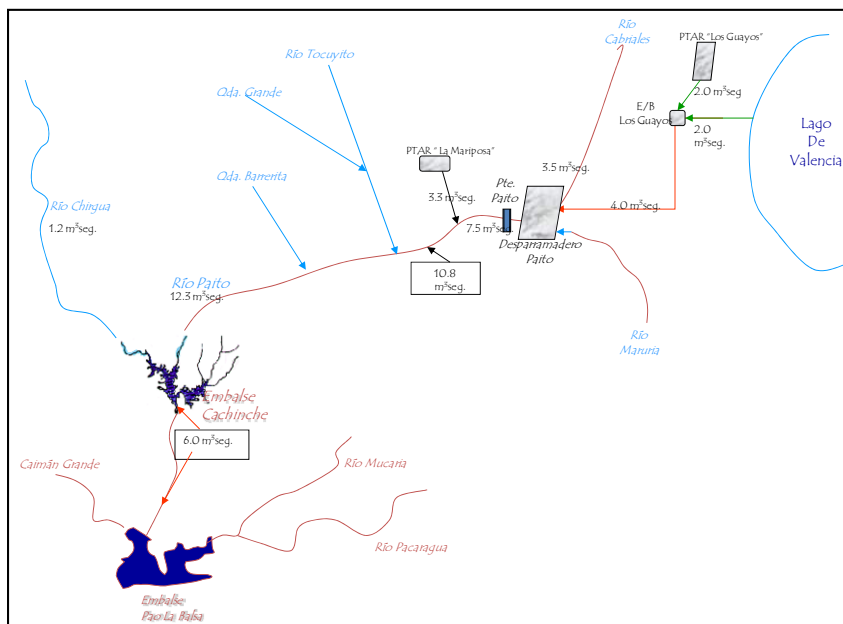


FIGURA 3.3. CROQUIS DE LOS AFLUENTES DEL EMBALSE PAO CACHINCHE

Fuente: HIDROCENTRO. Dpto. de Captación y Saneamiento 2010

3.3. FASES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente estudio se llevó a cabo mediante varias actividades agrupadas en 4 fases acordes con los objetivos específicos planteados.

Recopilación de datos

3.3.1.1. Recopilación de información Hidrometeorológica procedente de las estaciones hidrométricas del embalse de Pao Cachinche.

Esta fase comprendió la recopilación de los datos existentes de las variables hidrológicas que permitieron establecer el balance hídrico dentro del embalse, para ello se contó con la ayuda de la Compañía HIDROCENTRO, el Instituto Nacional de Meteorología (INAMEH), y el Ministerio del poder popular del Ambiente (MPPAMB). En los entes públicos se consiguió la información relativa a datos climatológicos especialmente de variables como precipitación diaria y anual en las dos estaciones que conforman el reservorio, así como la evapotranspiración, escorrentía y caudal. La recopilación de la información básica y de estudios previos sobre el embalse se efectuó mediante visitas, contacto vía telefónica y/o uso de internet a Instituciones u Organismos del Estado anteriormente mencionados.

Los datos analizados corresponden en una parte a registros históricos de series de tiempo, los cuales fueron suministrados por HIDROCENTRO, este periodo de datos es de 27 años, con el fin de trabajar con la estación, las causas y consecuencias, dándole a la investigación un carácter longitudinal tendencial, debido a todas aquellas implicaciones comparativas, además de generar escenario futuros; es por ello que se consideró el lapso entre los años 1983-2010 con visión tendencial al 2020.

3.3.1.2. Recopilación de información cartográfica del embalse Pao Cachinche

Se acudió a la Dirección de Ordenación del Territorio del Gobierno de Carabobo, la cual facilitó los mapas digitales de la Cuenca del Río Pao que incluye el

embalse. Del mismo modo se contactó a autores de otros trabajos para tener acceso a cartas físicas y así se facilitó el trabajo del investigador.

3.3.1.3. Revisión bibliográfica

Se realizó la revisión bibliográfica de estudios realizados al embalse y sus tributarios, tanto hídricos como de constituyentes, también se realizó una búsqueda de publicaciones, documentos artículos en línea sobre recursos hídricos, transporte y destino de constituyentes, determinación de la DBO, DQO en tributarios, obteniendo la conceptualización, objetivos y principios aplicados, además de las bases legales que permitieron sustentar y conocer la plataforma legislativa de una investigación de constituyentes.

Esta revisión se hizo de la siguiente manera: información no especializada (noticias de prensa, comentarios de los afectados, entre otros); la información especializada, (trabajos de postgrados y doctorado sobre el tema, revistas científicas) y el manejo de las leyes, lo cual facilitó la comprensión inicial de la situación planteada, logrando así generar las bases metodológicas de la investigación.

Caracterización de los tributarios y del embalse (subsistema I, II y III)

Identificación de los Subsistemas Regionales del Centro I, II y III que están ubicados dentro de la Cuenca del Río Pao.

Se realizó la identificación de las características que distinguen a cada uno de los subsistemas en que se ha subdividido al SRCl: Cuenca del río Pao (Subsistema 1), embalse Pao Cachinche (Subsistema 2) y la entrada de la planta alejo Zuloaga (subsistema 3), abarcando la geometría de la cuenca, usos de la tierra, componentes químicos de los ríos, componentes físicos y químicos de las aguas del embalse, entre otros. Se realizó una salida al campo, para establecer la caracterización del

embalse, en esta fase se consiguió identificar el estado actual del sistema, así como las principales potencialidades de la investigación y sus limitaciones. En la figura 3.3 se muestran los tributarios que desembocan en el Embalse Pao Cachinche que son provenientes de los ríos Paíto, Chirgua, Paya, Pirapira, San Pedro, los efluentes de la planta de tratamiento Los Guayos y la planta la Mariposa, además del río cabréales a partir del 2006 y del bombeo del Lago de Valencia a partir del 2007. El embalse surte agua para su potabilización a la Planta Alejo Zuloaga la cual suministra agua a los municipios Naguanagua, Valencia, Tocuyito, además de complementar el tramo V-A para San Diego, Guácara, san Joaquín, Diego Ibarra, El Limón. Este suministro es a nivel habitacional e industrial; así mismo el embalse Pao La Balsa suministra agua al estado Cojedes, al Municipio los Guayos, Maracay, Turmero, San Mateo, La Victoria, Villa de Cura.

Ahora bien, como las aguas residuales van en su mayoría al Lago de Valencia y este a su vez bombea sus aguas al embalse Pao Cachinche, ocurre que cuando no hay pluviosidad, y el nivel de cota está por debajo de 14.230 m² en el embalse, este no descarga a Pao La Balsa, lo que implica que el sistema se establezca casi como una cuenca endorreica a gran escala, es decir, entran las aguas del Lago al embalse, adicional todas las de los tributarios, las del Cabriales y las descargas de las plantas de tratamiento de aguas residuales, incrementando el nivel de contaminación, principalmente en el brazo izquierdo del embalse; la única salida es la que se realiza para el consumo de la planta Alejo Zuloaga. Ahora bien, si llueve y rebosa el nivel de la cota, el embalse drena agua hasta Pao la Balsa, (actualmente se manda un caudal ecológico desde la estación de bombeo Cachinche a Pao la Balsa, lo que puede indicar que este se está contaminando).

Fuente: HIDROCENTRO.

Las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 muestran la consecuencia de este sistema actualmente manejado.



FIGURA 3.5. CRECIMIENTO DE BORA ALREDEDOR DE LA TORRE TOMA

Fuente: HIDROCENTRO.2010

Se puede observar en la figura una capa de bora producto de un incremento de nutrientes propiamente inducido por la tala, quema y demás contaminantes, los cuales permiten un efecto de eutrofización en los reservorios, ya que la presencia excesiva de materia orgánica en el agua, provoca un crecimiento rápido de algas y otras plantas verdes que recubren la superficie del agua e impiden el paso de luz solar a las capas inferiores. Por otra parte, la descomposición de la biomasa generada consume oxígeno empobreciendo el medio de este elemento vital. Todo ello con unas consecuencias gravísimas para el ecosistema. (M. Vedugo Althofer, 1995).

La figura 3.6, muestra la torre toma del Embalse Pao Cachinche, aquí se pudo resaltar en el recuadro a la derecha, micro - algas que se generan a la entrada de la toma de agua que va a la planta Alejo Zuloaga.

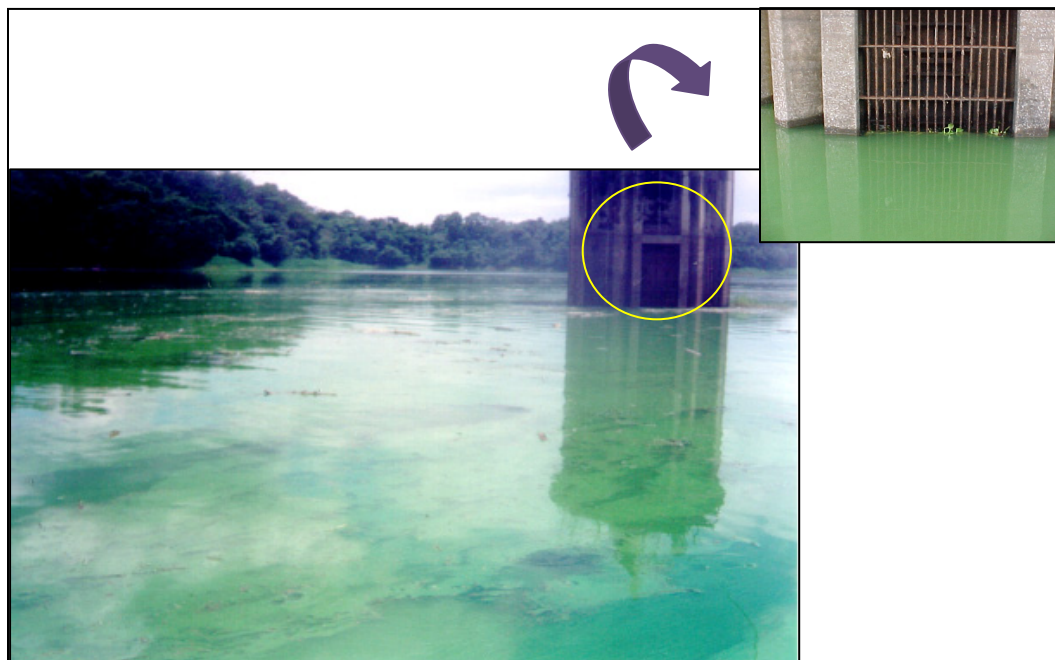


FIGURA 3.6. CONCENTRACIÓN DE ALGAS MICROSCÓPICAS EN EL PERÍMETRO DE CAPTACIÓN DEL EMBALSE PAO CACHINCHE

Fuente: Hidrocentro. 2010

En el caso de las algas las especies suelen ser de gran tamaño y los animales del zooplancton no pueden comérselas. La principal causa de desaparición de estas especies es por sedimentación, lo cual aumenta en las zonas profundas el consumo de oxígeno, necesario para descomponer la materia orgánica de esas algas. Entonces, la proliferación masiva de dichas algas ocasiona, en las zonas superficiales, una disminución en la transparencia del agua (color verdoso) y, en las zonas profundas, una disminución del oxígeno disuelto (Ryding y Rast, 1992). Además el aspecto estético y recreativo del Embalse se ha visto afectado dejando de ser atractivo, como se muestra en la figura 3.7, en el brazo derecho a más o menos 300 metros de la torre toma, se hace más espesa la capa de bora, ya que no existe un sistema de aireación artificial que permita mejorar dicha situación.



FIGURA 3.7 VISITA DE LA COMISIÓN COORDINADORA AMBIENTAL AL EMBALSE PAO CACHINCHE

Fuente: Lisandro Basarte. Notitarde 25 de Mayo. 2010

Realización de tomas de muestra en tiempo de lluvia (julio-agosto)

3.3.1.4. Identificación de las técnicas para toma de muestras y su respectivo análisis

Se realizó una recopilación de los métodos estándar que se utilizaron para la toma de muestras así como para su respectivo análisis, de forma tal que no hubiese pérdidas de información química y de microorganismos. Se considero los Métodos Gravimétricos, Volumétricos, Nitrogenados y de Desinfección, realizándose por los ensayos APHA, AWWA, WPCF mediante la aplicación de **“Standard Methods for the Examination of Waste & Wastewater”** edición 17 año 1992 y edición 21 año 2005. El análisis bacteriológico dependió de las condiciones de trabajo propias de cada laboratorio y las diluciones variaron de acuerdo a la especialidad de cada laboratorio.

3.3.1.5. Recopilación de Información referente a la calidad ambiental del agua del Embalse

La recopilación de información, referente a la calidad del agua, se realizó mediante la observación directa, visitas programadas, y la recaudación de muestras en cada tributario con la planificación en conjunto del equipo de HIDROCENTRO, el cual brindará apoyo técnico, logístico y dispondrán sus laboratorios para efectuar las muestras de los tributarios. Esta actividad comprendió, la recolección de datos en físico para el cálculo de caudal por tributario, así como las muestras de agua para el análisis de la calidad de las mismas de dichos tributarios, del embalse y de la entrada a la planta Alejo Zuloaga, esto incluye análisis microbiológico (bacterias, patógenos, etc.) así como de constituyentes. El número total de muestras fue de 72, agrupándolas de la siguiente manera una (1) muestra compuesta y dos (2) simples por cada participante de la Comisión Coordinadora ambiental de la Asamblea Nacional (HIDROCENTRO, MPPS, MPPAMB) en 8 ptos de toma, los cuales se encuentran en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Coordenadas de los Sitios de Muestreo

Sitios de Muestreo	Coordenadas
Entrada de la Planta Potabilizadora Alejo Zuloaga	10°08'20,24" N ; 68°03'32,02" O
Río Cabriales	10°14'16,98" N; 68°00,12,91" O
Planta de los Guayos Salida Convergencia con trasvase del Lago de Valencia	10°09'03,51" N; 67°53'19,38" O
Río Chirgua	10°11'20,85" N; 68°10'36,07" O
Río Paíto	10°06'00,67" N; 68°00'00,94" O
Convergencia Paya y San Pedro la Arenosa	10°06'00,50" N; 67°59'95,94" O
Torre Toma del Embalse Pao Cachinche	09°53'16,11" N; 68°06'12,24" O
Brazo Izquierdo del Embalse Pao Cachinche	09°53'39,06" N; 68°08'12,86" O

Fuente: google earth.

Los datos de varianza obtenidos en el desarrollo del ajuste de los valores reportados de los parámetros físicos, fisicoquímicos obtenidos, se encuentran reportados en el apéndice C.

3.3.1.6. Análisis de la calidad de información facilitada del monitoreo realizado por HIDROCENTRO en el periodo de 1983 al 2010.

Se determinó para la investigación los períodos de sequía y lluvia (inicio, fin) como las dos únicas estaciones que presenta Venezuela. Se determinó los parámetros establecidos en el decreto 883 en relación a aguas tipo 1-2. Se determinó el grado de contaminación que presenta el embalse y cada tributario mediante el análisis de la DBO_5 .

Balance hídrico y de constituyentes

3.3.1.7. Análisis estadísticos de los datos Hidrometeorológicos del Embalse en el periodo de 1983 al 2010.

Esta actividad comprendió, la integración de todas las variables hidrológicas para establecer el balance hídrico en el embalse mediante los modelos estocásticos probabilísticos.

3.3.1.8. Determinación del balance hídrico en el embalse Pao Cachinche en el periodo de 1983 al 2010.

Se determinó el balance hídrico estableciendo los datos históricos de caudales recopilados por Hidrocentro desde el año 1983 hasta el 2010 dentro del embalse Pao Cachinche; para los datos de los caudales de los tributarios se realizaron las tomas pertinentes en tiempos de sequía y lluvia durante el año 2009 en los meses de febrero y mayo, obteniendo la data para un único año 2009; Sin embargo los datos reportados de los caudales de los ríos parten de una data histórica de aportes de caudal que presenta Hidrocentro del Embalse Pao Cachinche, transformados en

unidad volumétrica, el cual es multiplicado con un valor de proporción que denomina **HIDROCENTRO Parámetro de Transferencia**, el cual es el valor individual del aporte de volumen de cada río; obteniendo así el volumen mensual por río; este valor a su vez se dividió entre los segundos contenidos en un mes de 30 días promedio para la obtención del caudal mensual de cada río por año de estudio (ver Anexo A Tablas de la A.5 a la A.12) este procedimiento lo realizó Hidrocentro para ver el comportamiento de las crecientes de los ríos por año de estudio. Este porcentaje de transferencia fue obtenido mediante una relación entre el caudal del embalse y las entradas de caudales de los diferentes tributarios. La Tabla 3.2 indica la proporción por río en las diferentes estaciones climáticas, indicando esto quien es el tributario que más aporta al embalse por cada estación climática la proporción es equivalente a $\Sigma = 1$ ó 100 % en porcentaje

Tabla 3.2 Parámetro de Transferencia para cada Tributario que aporta al Embalse Pao Cachinche.

Ríos	Paíto		Cabriales		Chirgua		Paya	
Año	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia
1983 al 2000	0,128	0,654	0,500	0,170	0,225	0,082	0,017	0,005
2000 al 2005	0,137	0,540	0,529	0,242	0,265	0,102	0,019	0,005
2006 al 2010	0,140	0,599	0,562	0,250	0,234	0,109	0,019	0,007

Ríos	Pira Pira		San Pedro		Quebrada La Yuca		Chirino	
Año	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia	Sequía	Lluvia
1983 al 2000	0,034	0,008	0,099	0,026	0,000	0,014	0,000	0,041
2000 al 2005	0,040	0,006	0,009	0,026	0,000	0,022	0,000	0,054
2006 al 2010	0,035	0,006	0,009	0,034	0,000	0,023	0,000	0,060

Fuente: Dpto. de Captación Hidrocentro. 2010

3.3.1.9. Análisis estadísticos de los datos de los parámetros de calidad del agua del Embalse y tributarios en el periodo de 1983 al 2010.

Esta actividad comprende, la integración de todas las variables fisicoquímicas y biológicas de los resultados de las muestras realizadas por tributarios y al embalse, para establecer el balance de constituyentes químicos, el cual permitió determinar que parámetro fisicoquímico se encuentra dentro del embalse, y que sale del mismo.

3.3.1.10. Determinación del balance de constituyentes químicos en el Embalse Pao Cachinche en el periodo de 1983 al 2010.

El balance de constituyentes se realizó mediante un balance de masa, definido en la tasa de flujo de masa que entra en el sistema, la tasa de flujo masa que sale del sistema y la generación o eliminación dentro del sistema para obtener como resultado la tasa de acumulación dentro del sistema.

El esquema de este balance de masa fue:

$$FA = Fei - Ffi \pm Fgi$$

Donde FA: Tasa de acumulación dentro del sistema

Fei: Tasa de flujo de masa que entra al sistema

Ffi: Tasa de flujo de masa que sale del sistema

Fgi: Tasa de generación o eliminación dentro del sistema

Las concentraciones de entrada y salida y las que eran propias del embalse se obtuvieron para ambos períodos estudiados, las cuales se multiplicaron por el caudal de cada tributario y por el peso molecular y/o atómico del compuesto a elemento estudiado, los resultados se encuentran en el capítulo 4 tabla 4.37.

Adicional, como todo balance de masa puede ser afectado por un conjunto de procesos que controlan el transporte y destino del contaminante; es por ello que

se realizó el proceso de advención (incluido dentro del balance) para mostrar en teoría, si existe dentro del embalse este proceso.

El concepto de transporte y destino de los constituyentes en acuíferos; donde se consideró la acumulación, la dispersión hidrodinámica, la advención y la remoción del contaminante, mediante la expresión dada en el Capítulo II pág. 36 ecuaciones 5 y 6, se consideró la velocidad de migración del contaminante (v_c) estimándola mediante el concepto de retardo de la Ley de Darcy, el cual permitió calcular la velocidad del agua subterránea a través de un medio de porosidad efectiva, y una conductividad hidráulica, en respuesta a un gradiente hidráulico. (Álvarez & Guevara, 2003).

El proceso de degradación, se evaluó mediante el agotamiento natural, asumiendo una cinética de primer orden, es decir, $dC/dt = \lambda C$, donde λ es el coeficiente de la tasa de biodegradación y es constante.

La solución a la ecuación diferencial 5, 6, 7 mostradas en el Capítulo II pág., 36 y 37, indican un modelo analítico, el cual representa la condición de estado estable, donde $dC/dt = 0$ y la concentración del contaminante solo varía con la posición en el espacio, pero no con el tiempo. (Álvarez & Guevara, 2003).

El contaminante migra a lo largo de un reservorio, entrando después de una máxima expansión en un estado estable, donde su concentración no cambia con el tiempo en cualquier punto dado, y queriendo determinar dicha concentración en ese estado estable, se requirió el uso de la ecuación dada por ASTM (1998) que proporciona la determinación de la concentración en estado estable a lo largo del eje central de la pluma al nivel freático con el siguiente modelo:

$$C(x, 0, 0, t) = \left(\frac{C_0}{2}\right) \exp\left\{\frac{x}{2\alpha x} \left[-\sqrt{\left(1 + \frac{4\lambda \alpha x}{v_c}\right)} \right]\right\} \operatorname{erfc}\left\{\frac{x - v_c \sqrt{\left(1 + \frac{4\lambda \alpha x}{v_c}\right)}}{2\sqrt{\alpha x v_c t}}\right\} \quad (19)$$

$$\times \left\{\operatorname{erf}\left[\frac{Y}{4\sqrt{\alpha y x}}\right]\right\} \left\{\operatorname{erf}\left[\frac{Z}{2\sqrt{\alpha z x}}\right]\right\}$$

Donde:

$C(x, 0, 0, t)$: Concentración del Contaminante en el tiempo t , en un punto de coordenada lineal x (mg/l).

C_0 : Concentración inicial del contaminante en la fuente ubicada en el origen, con coordenadas $x, y, z = 0$ (mg/l).

t : Tiempo de migración del contaminante en el acuífero, a partir del derrame.

v_c : Velocidad de advección del contaminante (m/s).

x : Distancia de la fuente en la dirección prevaleciente del flujo (m)

Y : Anchura horizontal de la fuente rectangular de contaminación (m).

Z : Espesor vertical de la fuente de contaminación (m).

α_x : Dispersividad longitudinal (m).

α_y : Dispersividad horizontal transversa (m).

α_z : Dispersividad vertical (m).

λ : Coeficiente de agotamiento de 1er orden o tasa de biodegradabilidad. (día^{-1}).

Para la determinación del parámetro de Dispersividad longitudinal se utilizó el método empírico propuesto por Neumam (1990), donde establece lo siguiente:

“Para longitudes mayores que 100 m:

$$\alpha_x = 0,32 * L^{0,88} \quad (20)$$

La dispersividad transversal α_y comúnmente se asume un 30% (treinta por ciento) de la dispersividad longitudinal y la dispersividad vertical α_z se toma como un 5% (cinco por ciento) de la dispersividad longitudinal”. (American Society for Testing and Materials, 1994).

Para la determinación de la velocidad de advección del contaminante se utilizó la relación del factor de retardo (R_f), que está definido como la relación entre la velocidad del agua (de cada reservorio o acuífero) (v_a) y la velocidad de migración

del contaminante (v_c); conjuntamente con la ecuación que define el factor de retardo, quedando una expresión como la ecuación 23:

$$Rf = \frac{v_c}{v} \quad (21)$$

$$Rf = 1 + \frac{K_d \rho_b}{\theta_t} \quad (22)$$

$$v_c = \frac{v \theta_t}{\theta_t + (K_d \rho_b)} \quad (23)$$

Donde:

K_d : Coeficiente de Adsorción, que representa la relación entre la concentración del contaminante sorbido y el acuoso. (g/m^3).

ρ_b : Densidad de granos sólidos contenidos en la matriz del acuífero (g/m^3).

θ_t : Porosidad Total (adimensional).

La ecuación del factor de retardo expresada en Álvarez & Guevara 2003, página 203, presenta el coeficiente de adsorción del contaminante; este valor se recopiló de un estudio realizado en suelos vertisoles, ultisoles en acuíferos denominado “*Metodología de Riego*” por La Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación Argentina (SRHNA) 1999 bajo la dirección de PNUMA, en donde se especifica el coeficiente de adsorción para cada elemento, la tabla 3.3 muestra este coeficiente.

Ahora bien, para la determinación de la tasa de biodegradabilidad (λ), se utilizó la ecuación 5,21 del capítulo 5 del libro de Biorremediación y Atenuación Natural de Acuíferos Contaminados por Sustancias Químicas Peligrosas de Álvarez y Guevara 2003,

Tabla 3.3. Coeficiente de Partición Sólido – Líquido en el Suelo

Elemento	LnKp (l/kg)
Fosforo	3,2
Cromo	3,4
Hierro	6,7
Nitrato	-0,7
Silice	4,7
Niquel	5,7
Plomo	6
Calcio	3,4
Magnesio	1,5
Cloruros	-1,4
Sulfatos	5,7
Cobre	7,2
Manganeso	6,6

Fuente: Metodología de Riego. SRHNA, PNUMA. 1999.

Se estimó bajo la suposición de un sistema ideal, en un instante de tiempo muy puntual, estableciendo un patrón de decaimiento de primer orden con respecto a la concentración del contaminante, recopilando los tiempos de vida media de cada contaminante como los muestra la Tabla 3.3 del trabajo de investigación, sobre Radioactividad de Elementos. J. Lucas 1998.

Por otra parte la tasa de biodegradabilidad de la DBO que se estableció para el cálculo de la concentración de degradación, fue tomada de estudios realizados por Álvaro Orozco 1992, en donde determina que la constante de biodegradabilidad (k) de un río contaminado varía ente (0,12 – 0,23) día⁻¹, evaluado a T de 20°C. Para este estudio teniendo presente el tiempo de vida media de la DBO de 5 días, la tasa de biodegradabilidad es de 0,175 día⁻¹; valor que entra entre el rango de la

constante de biodegradabilidad de un río contaminado. La tabla 3.4 muestra los valores de la tasa de biodegradabilidad de cada contaminante

Se estimó el tiempo necesario en que la pluma del contaminante alcance el estado estable, para esto se asumió que el tiempo requerido para alcanzar la mitad de la concentración correspondiente al estado estable es prácticamente el mismo necesario para llegar a la concentración estable, ya que la variabilidad de las concentraciones muchas veces hace que una diferencia de un 50% sea despreciable estadísticamente (ASTM, 1998). La ecuación resultante es la expresada en la página 152 del Capítulo 4 de Álvarez y Guevara 2003. La tabla 3.5 expresa los tiempos en el cual el contaminante alcanza un estado estable.

Se estimó el cálculo de la función error erf mediante la ecuación 4.34 del capítulo 4 pág. 151 de Álvarez y Guevara 2003 y los valores de β expresados en la tabla 4.1, conjuntamente con la figura 4.12 (Álvarez y Guevara 2003. Pág. 147-148) expresa como sigue:

$$\operatorname{erfc} \left\{ \frac{x - vc \sqrt{1 + \frac{4\lambda ax}{vc}}}{2\sqrt{axvc * t}} \right\} = 1 \quad (24)$$

Se consideró que la variable t promedio (valor de tiempo estable de la pluma) para la DBO fue de 2.152,65 años equivalente a 785.717,17 días (valor estimado y reportado en años en la tabla 3.6).

Tabla 3.4. Tasa de Biodegradabilidad

Elementos	$\lambda = (\ln(2))/t_{1/2}$ día-1
Fosforo	1,33E-04
Cromo	6,83E-05
Hierro	4,21E-05
Nitrato	1,09E-04
Silice	7,60E-05
Niquel	3,33E-04
Plomo	8,63E-05
Calcio	9,50E-04
Magnesio	1,90E-03
Cloruros	3,80E-05
Sulfatos	5,08E-05
DBO	1,75E-01
Cobre	7,03E-05
Manganeso	1,27E-04

Tabla 3.5. Tiempo de Vida Media de Cada Elemento

Elementos	Tiempo de Vida Media ($t_{1/2}$)
Fosforo	14,3
Cromo	27,8
Hierro	45,1
Nitrato	17,5
Silice	25,0
Niquel	5,7
Plomo	22,0
Calcio	2,0
Magnesio	1,0
Cloruros	50,0
Sulfatos	37,4
Cobre	27,0
Manganeso	15,0

Fuente: Radioactividad de elementos. J. Lucas 1998.

Se realizó un promedio de la longitud de los tributarios de 12.544 m, una velocidad del contaminante promedio de $6,624 \times 10^{-3}$ m/s, un valor de la Dispersividad longitudinal α_L promedio de 800,8m y la constante de biodegradabilidad promedio de $0,012 \text{ día}^{-1}$. Se obtuvo un valor de un β de 5,8144 y un valor de ERFC de $0,867 \times 10^{-5}$ y un ERF = 1.

Se estimó que la anchura horizontal de la fuente (Y) presentó una distancia de 15000 m y que el espesor vertical de la fuente (Z) fue de 1m; se aplicó la ecuación 19, obteniéndose los valores de la concentración de adsorción de cada contaminante en un momento dado, esto lo muestra la tabla 4.35 en el capítulo IV.

Ahora bien, se realizó el cálculo de la concentración de adsorción estimando un escenario de fuente continua como es el caso real de este estudio, se estableció la concentración en función del tiempo. (ver Tabla 4.36 del Capítulo IV).

Análisis de la Situación Ambiental del embalse durante el Periodo 1983-2010.

3.3.1.11. Análisis de las relaciones causa efecto de la situación ambiental el Embalse Pao Cachinche en el periodo de 1983 al 2010.

Esta fase comprendió el análisis de las relaciones causa – efecto surgidas de la operación del embalse durante las estaciones secas y lluviosas en el período 1983- 2010, esto mediante tablas comparativas y gráficos.

Los datos observados en la serie de tiempo, identificando el grado de contaminación que presenta el embalse mediante la determinación de la DBO_5 , estableciendo la relación del balance hídrico en las variables climatológicas con el balance de constituyentes y la formación de complejos químicos, formación de bacterias y la coexistencia de las mismas; con la finalidad de identificar la contaminación que viene presentando el embalse Pao Cachinche tanto en la estación seca y lluviosa y las posibles repercusiones que los cambios climáticos y antropogénicos han introducido en el comportamiento del embalse.

Tabla 3.6. Tiempo Requerido para Alcanzar el Estado Estable

Ríos	Longitud de Cauce (m)	DBO	Fosforo	Cromo	Hierro	Nitrato	Silice	Niquel	Plomo	Calcio	Magnesio	Cloruros	Sulfatos	Cobre	Manganeso
		Tiempo requerido para alcanzar estabilidad en la Pluma del Contaminante (tss) (años)													
Paíto	17100	2.615,20	6.608,43	1.351,96	60.074,54	1.848,49	179.249,31	346,12	88.571,07	7.271,18	901,44	8.287,42	423.496,32	28,63	13.583,51
Chirgua	17000	2.606,24	6.585,79	1.347,28	59.868,77	1.842,14	19.869,26	344,92	88.267,70	7.246,28	898,35	139,96	422.045,75	28,53	13.536,99
Pirapira	8500	1.737,45	4.390,13	893,17	39.911,17	1.226,57	13.245,55	229,11	58.843,55	4.830,72	598,88	5.503,14	281.356,49	19,02	9.024,27
Paya	8600	1.749,38	4.420,28	899,41	40.185,19	1.235,03	13.336,49	230,70	59.247,55	5.540,98	69.154,14	5.540,98	283.288,19	9.086,23	9.086,23
San Pedro	5800	1.389,34	3.510,34	710,86	31.914,41	979,81	10.591,49	182,65	47.053,71	3.862,84	478,88	4.398,68	224.984,30	15,21	7.216,08
Cabreales	10900	2.009,54	5.077,78	1.035,50	46.161,54	1.419,39	15.319,98	265,40	68.058,67	5.587,23	692,67	6.366,29	325.417,86	22,00	10.437,58
Trasvase	15000	2.422,23	6.120,75	1.251,17	55.641,73	1.711,79	18.466,35	320,41	82.035,63	6.734,66	834,92	7.675,35	392.247,60	26,52	12.581,19
La Mariposa	15000	2.422,23	6.120,75	1.251,17	55.641,73	1.711,79	18.466,35	320,41	82.035,63	112,54	834,92	7.675,35	392.247,60	26,52	12.581,19
Los Guayos	15000	2.422,23	6.120,75	1.251,17	55.641,73	1.711,79	18.466,35	320,41	82.035,63	112,54	834,92	7.675,35	392.247,60	26,52	12.581,19

TABLA 3.7. TABLA METODOLÓGICA DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL: **Determinar el Balance de Constituyentes Químicos del Embalse Pao Cachinche como Componente del Acueducto Regional del Centro.**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS	ACTIVIDADES
1. Determinar los parámetros Hidrometeorológicos de los Tributarios que aportan al Embalse Pao Cachinche y del Embalse.	 Mediante revisión bibliográfica de estudios e informes anteriores, cartografía de la zona de la Cuenca Pao, así como de la data de la estación de bombeo del embalse Cachinche, se logró determinar los parámetros Hidrometeorológicos del Embalse.	1.1. Recopilación de información Hidrometeorológica procedente de las estaciones hidrométricas del Embalse de Pao Cachinche.
		1.2. Recopilación de Información Cartográfica del Embalse Pao Cachinche
		1.3. Revisión Bibliográfica
2. Determinar la calidad del agua de los Tributarios que llegan al Embalse Pao	 Mediante la caracterización del Embalse la recopilación de los monitoreos al embalse y tributarios	2.1. Identificación de los Subsistemas Regionales del Centro I, II y III que están

Cachinche y del Embalse Pao Cachinche.	en el periodo 1983-2010 y la toma de muestra en el primer monitoreo en tiempo de lluvia del 2010, se logrará determinar la calidad de agua del Embalse y Tributarios.	ubicadas dentro de la Cuenca del Río Pao.
		2.2. Identificación de las técnicas para toma de muestras y su respectivo análisis
		2.3. Recopilación de Información referente a la calidad ambiental del agua del Embalse
		2.4. Análisis de la calidad de información facilitada del monitoreo realizado por Hidrocentro en el periodo de 1983 al 2010.

3. Establecer el Balance Hídrico en el Embalse Pao Cachinche.	 Mediante la aplicación de la metodología de un balance hídrico, utilización de modelos estadístico con Ajuste de una distribución de probabilidades.	3.1. Análisis estadísticos de los datos Hidrometeorológicos del Embalse en el periodo de 1983 al 2010. 3.2. Determinación del Balance Hídrico en el Embalse Pao Cachinche en el periodo de 1983 al 2010.
4. Establecer el Balance de Constituyentes Químicos en el Embalse Pao Cachinche	 Aplicando la Metodología de un balance de masa definido en el concepto de transporte y destino de los constituyentes en acuíferos.	4.1. Análisis estadísticos de los datos de los parámetros de calidad del agua del Embalse y tributarios en el periodo de 1983 al 2010. 4.2. Determinación del Balance de Constituyentes Químicos en el Embalse Pao Cachinche en el periodo de 1983 al 2010.

			4.3. Análisis de las relaciones causa efecto de la situación ambiental el Embalse Pao Cachinche en el periodo de 1983 al 2010
5. Evaluar una Propuesta de Saneamiento del embalse Pao Cachinche.	 Aplicando criterios hidráulicos en cuanto a mantenimiento de colectores, saneamiento del agua mediante de aplicaciones químicos, saneamiento, se podrá obtener una propuesta que permitirá recuperar el embalse.	5.1.	Evaluación de propuestas de saneamiento del Embalse Pao Cachinche

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos en esta investigación, los cuales se presentan acorde a las fases metodológicas descritas anteriormente.

Caracterización de los Tributarios y del Embalse (subsistema I, II y III)

El Estado Carabobo se encuentra ubicado en la región central de Venezuela y tiene una población de 1.913.428 habitantes. El suministro de agua en este Estado se realiza a través de dos sistemas de bombeo conocidos como Sistema Regional del Centro I (SRC-I) y Sistema Regional del Centro II (SRCII).

El Sistema Regional del Centro I (SRC-I), fue diseñado para suministrar agua potable a las poblaciones ubicadas en la región central del país, es decir Aragua, Carabobo y parte de Cojedes. Sin embargo, con la puesta en marcha de la segunda etapa, en la actualidad este sistema solo abastece al Estado Carabobo, a excepción de la zona Oriental.

Su fuente principal de abastecimiento es el Embalse Pao - Cachinche, el agua allí captada se envía por gravedad a la Estación de Bombeo Cachinche, para luego ser bombeada hasta la Planta Potabilizadora Alejo Zuloaga, en donde se inicia el proceso de potabilización y posterior distribución.

Como segunda y tercera fuente de abastecimiento se encuentra el Embalse Guataparo y Dique Toma Río Torito, los cuales funcionan como auxiliares del Embalse Pao - Cachinche. El agua captada en estas fuentes se envía, por gravedad, directamente a la planta de potabilización Alejo Zuloaga.

Se realizó la identificación de las características que distinguen a cada uno de los subsistemas en que se ha subdividido al SRCI: Cuenca del río Pao (Subsistema 1), embalse Pao Cachinche (Subsistema 2) y la entrada de la planta alejo Zuloaga

(subsistema 3), abarcando la geometría de la cuenca, usos de la tierra, componentes químicos de los ríos, componentes físicos y químicos de las aguas del embalse, entre otros.

En las figuras 4.1 a la 4.10, se muestran el estado que actualmente presentan los tributarios, a estos se les ubico el área, la pendiente, el tipo de cobertura vegetal y el suelo, mediante la información de data recopilada en el Documento del Plan de Desarrollo Integral Conservacionista para la Cuenca Alta y Media del Río Pao (MARNR.1989).

Las variables utilizadas para la caracterización de física del embalse y sus tributarios fueron, clima, recursos hidráulicos, calidad del agua. Las mismas fueron utilizadas, para la identificación, evaluación de cada tributario y del embalse.

En la tabla 4.1 se presentan las características de los tributarios pertenecientes a la Subcuenca Pao Cachinche que vierten sus aguas en el Embalse Pao Cachinche



Figura 4.1. Río Torito

Fuente: SORTAN 2010. INSALUD.

CORTESÍA. ING. IVÁN ACARE

FECHA: 05-05-2010



Figura 4.2. Río Los Guayos

Fuente: SORTAN 2010. INSALUD

CORTESÍA: ING. IVÁN ACARE

FECHA: 05-05-2010



Figura 4.3. Río Chirgua

Fuente: SORTAN 2010. INSALUD

CORTESÍA: ING. IVÁN ACARE

FECHA: 05-05-2010



Figura 4.4. Quebrada la Arenosa

Fuente: SORTAN 2009. INSALUD

CORTESÍA: DIP. BENEDETTI

FECHA: 08-03-2009



Figura 4.5. Río Paíto

Fuente: SORTAN 2010. INSALUD

CORTESÍA: DIP. BENEDETTI.

FECHA: 06-05-2010



Figura 4.6. Río Cabréales

Fuente: SORTAN 2010. INSALUD

CORTESÍA: DIP. BENEDETTI.

FECHA: 06-05-2010



Figura 4.7. Transvase Lago a Embalse

Fuente: SORTAN 2010. INSALUD

CORTESÍA: LISANDRO BASARTE. NOTITARDE

FECHA: 12-05-2010



Figura 4.8. Embalse Pao Cachinche

Fuente: SORTAN 2010. INSALUD

CORTESÍA: LISANDRO BASARTE. NOTITARDE

FECHA: 12-05-2010



Figura 4.9. Embalse Pao Cachinche

Fuente: SORTAN 2010. INSALUD

CORTESÍA: LISANDRO BASARTE. NOTITARDE

FECHA: 12-05-2010



Figura 4.10. Embalse Pao Cachinche

Fuente: SORTAN 2010. INSALUD

CORTESÍA: LISANDRO BASARTE. NOTITARDE

FECHA: 12-05-2010

Tabla 4.1. Principales Tributarios Pertenecientes al Sistema Hidrológico del Embalse Pao Cachinche

Ríos	Altitud msnm	Longitud de Cauce (km)	Área de los Ríos (km ²)	% Área	% S	Cobertura Vegetal	Clasificación de los Suelos	Tipo de Suelo
Paíto	600,0000	17,1000	235	0,31558705	2,8400	Cultivos	III	Alfisoles
Chirgua	850,0000	17,0000	355	0,47673788	1,7100	Pastoreo y Cultivo	IV	Vertisoles
Pirapira	625,0000	8,5000	41	0,05505987	1,7300	Cultivos Medios	III + VI	Alfisoles + Inceptisoles + ultisoles
Paya	479,0000	8,6000	33	0,04431648	1,7200	Cultivos Medios	III + VI	Alfisoles + Inceptisoles + ultisoles
San Pedro	479,0000	5,8000	34	0,0456594	1,1300	Cultivos Medios	III + VI	Alfisoles + Inceptisoles + ultisoles
Embalse Pao Cachinche	353,0000	45,6000	16,1	0,02162107	3,3000	Bosque	VI	Ultisoles
Cabreales	600,0000	10,9000	6,544	0,00878809	7,8000	Cultivos Medios	III + VI	Alfisoles + Inceptisoles + ultisoles
Lago de Valencia (Espejo de Agua)	408,0000	7,5000	24	0,03223017	5,2000	Hierro y Arcilla	VII + VIII	Inceptisoles

Fuente: Plan del Desarrollo Integral Conservacionista para la Cuenca Alta y Media de los Río Pao MARN. 1989

✓ TRIBUTARIOS

La importancia que representa el Embalse de Pao Cachinche construido en la Subcuenca Pao- Cachinche, es que beneficia a tres estados surtiéndole de agua dulce, tanto en épocas de invierno como de verano, en las cuales se sigue teniendo una entrega de agua a los usuarios; además de ser un centro turístico que ha permitido el desarrollo de las regiones mediante las actividades de recreación, pesca y acuicultura favoreciendo el progreso económico de las comunidades.

El Embalse Pao Cachinche suministra agua a poblaciones de los estados Carabobo, Aragua, como son: Valencia, San Joaquín, Mariara, Turmero, San Mateo, La Victoria y Tejerías. La Fundación la Salle en el Proyecto de Cuencas en su informe final sobre La Cuenca del Río Pao año 2007, indica que el volumen de escurrimiento anual es de 236.5 millones de m³ y el caudal regulado y comprometido para uso urbano es de 7500 l.p.s. En la Figura 4.11 se muestra la ubicación de los tributarios al Embalse Pao Cachinche; y en la Figura 4.12 se muestra el recorrido de distribución del agua una vez que sale del Embalse SRCl.

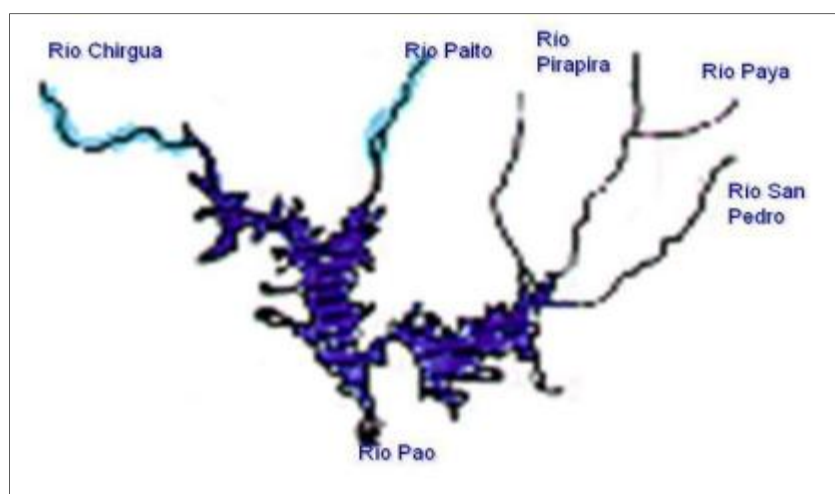


Figura 4.11 Ubicación de los Tributarios dentro del Embalse Pao Cachinche

Fuente: HIDROCENTRO. 2010

- ✓ Análisis de la Información sobre la calidad de las aguas del Embalse Pao Cachinche y Tributarios.

a. Caudal

En la Tabla 4.2 se muestran los valores de caudal que presentan variabilidad, dependiendo de la estación del año, reportándose los mayores caudales para los ríos, Cabriales, Chirgua y Paíto, con gastos que oscilan entre 3,9 -4,2 m³/s para el río Cabriales, de 1,6 a 2,1 m³/s para Chirgua, y 3,1- 5,6 m³/s para el Río Paíto presentando este último la mayor variación de caudal.

El resto de los cursos de ríos presentan caudales menores de 2,1m³/s como Pirapira, Paya, San Pedro. También se encuentra los ríos con flujos muy reducidos menores de 0,38 m³/s la mayor parte del año como lo es la Arenosa, La Yuca y Qda. José Leonardo, especialmente durante la época seca, siendo casi imposible la toma de muestras y mediciones de caudales en esta época. Esto se puede observar mejor en el gráfico 4.13.

En general los tributarios que drenan al Embalse Pao Cachinche tienen afluencia de caudal; estos son mantenidos por el aporte de efluentes puntuales de aguas residuales urbanas e industriales, evidenciándose incrementos o descensos en los flujos de escurrimiento de agua según la estación del año. Sin embargo el río Paíto y Chirgua se destacan por presentar un aporte de volumen mayor en comparación con los otros dentro de su respectiva subcuenca, estos poseen los más altos rendimientos. Estos ríos naturales, así como las quebradas han sido convertidos en vertederos de aguas contaminantes que tienen como destino final el Embalse Pao Cachinche.

El gasto total aportado por los tributarios afluentes al Embalse Pao Cachinche sin el Trasvase del Lago y el aporte de las plantas de tratamiento resulta en un estimado de alrededor de 3,97m³/s para la época de sequía(meses enero a abril - noviembre a diciembre) y de 6,86 m³/s para la época de lluvia (meses de mayo

hasta octubre); siendo importante destacar que el caudal de las Plantas de Tratamiento y Trasvase al Embalse en conjunto resulta de $5,07\text{m}^3/\text{s}$, al unificarlo con los caudales de los tributarios tanto en sequía como en lluvia, el afluente se incrementa a $9,05\text{m}^3/\text{s}$ en época de sequía y $11,93\text{m}^3/\text{s}$ en época de lluvia.

Los Valores de Caudales pertenecientes al Embalse Pao Cachinche tomado de la estación Torre Toma como data histórica de la Planta de Hidrocentro, se encuentran en el anexo A Tabla A. 1 con su respectiva Varianza Tabla A.2

a. Materia Orgánica

En la Tabla 4.3 se presentan los resultados obtenidos por los laboratorios de HIDROCENTRO, INSALUD y MMPP, donde se encuentran los tributarios con valores más elevados en el análisis de DBO_5 y DQO los cuales son: Caño José León, Caño la Yuca, mezcla de los Ríos Paya- Paíto- Pirapira, Trasvase del Lago con valores de 16 - 34 mg/l y de 89 – 151 mg/l, mientras que los cursos de agua con menor concentración de DBO_5 y DQO son la cabecera del Río Cabréales y la zona de cabecera del Río Paíto en Puente la Virgen con valores de 10- 14,9mg/l y de 50 -62 mg/l respectivamente.

El embalse Pao Cachinche recibe aguas residuales cloacales e industriales que han recibido tratamiento de la Planta la Mariposa o los Guayos que descargan sus aguas en el tributario Paíto, así como también acoge aguas del trasvase del Lago de Valencia, de la quebrada José Leonardo Chirinos, en las Figuras 4.14, 4.15 y 4.16 se puede observar el estado de las plantas de tratamiento que desembocan sus aguas en el tributario Paíto que suministra agua al embalse.

Tabla 4.2. Caudales de los Tributarios Pertenecientes al Sistema Hidrológico del Embalse Pao Cachinche, de los vertidos Industriales provenientes de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales y del Trasvase del Lago de Valencia. *

Ríos	Unidad m ³ /s												Anual	Caudal Específico (Qe) m ³ /s*Km ²
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
Río Paíto La Yuca Qda José Leonardo	0,53	0,47	0,44	0,41	2,58	2,95	3,41	4,60	5,39	4,84	0,69	0,39	2,23	0,0095
Río Cabreales	2,39	2,14	2,04	1,92	1,45	1,53	1,74	2,33	3,10	2,65	2,99	1,83	2,18	0,3329
Río Chirgua	0,96	0,86	0,82	0,76	0,40	0,47	0,54	0,71	0,77	0,70	1,31	0,73	0,75	0,0021
Río Pirapira	0,14	0,12	0,12	0,11	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,05	0,18	0,10	0,08	0,0021
Río Paya	0,07	0,06	0,06	0,06	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,05	0,05	0,0015
Río San Pedro La Arenosa	0,14	0,14	0,15	0,14	0,06	0,05	0,06	0,10	0,13	0,12	0,31	0,14	0,13	0,0038
Caudal Suma.de ent. Ríos m ³ /s	4,22	3,79	3,62	3,39	4,54	5,07	5,82	7,83	9,50	8,41	5,58	3,25	5,42	0,3518
TRASVASE (Lago de Valencia) m ³ /s	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	21,60
PLANTA LA MARIPOSA m ³ /s	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	176,68
PLANTA LOS GUAYOS m ³ /s	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	140,00
Caudal m ³ /s	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	5,07	338,28
Caudal Promedio de Entrada	9,30	8,86	8,69	8,47	9,61	10,15	10,90	12,90	14,57	13,48	10,65	8,32	10,49	338,63

*Valores reportados por Hidrocentro y transformados en unidades de flujo volumétrico.

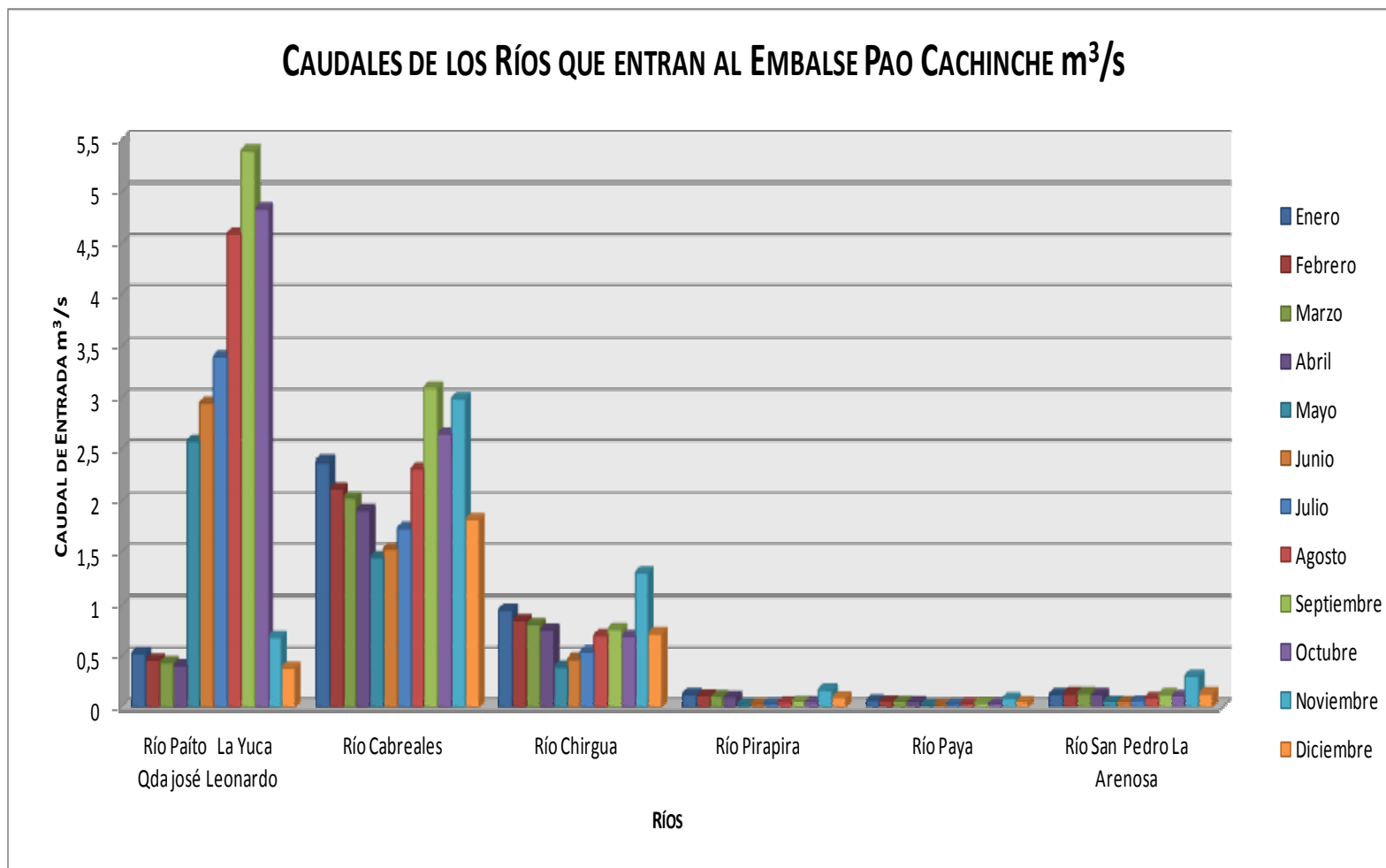


Figura 4.13 Caudales de los Ríos Tributarios al Embalse Pao Cachinche

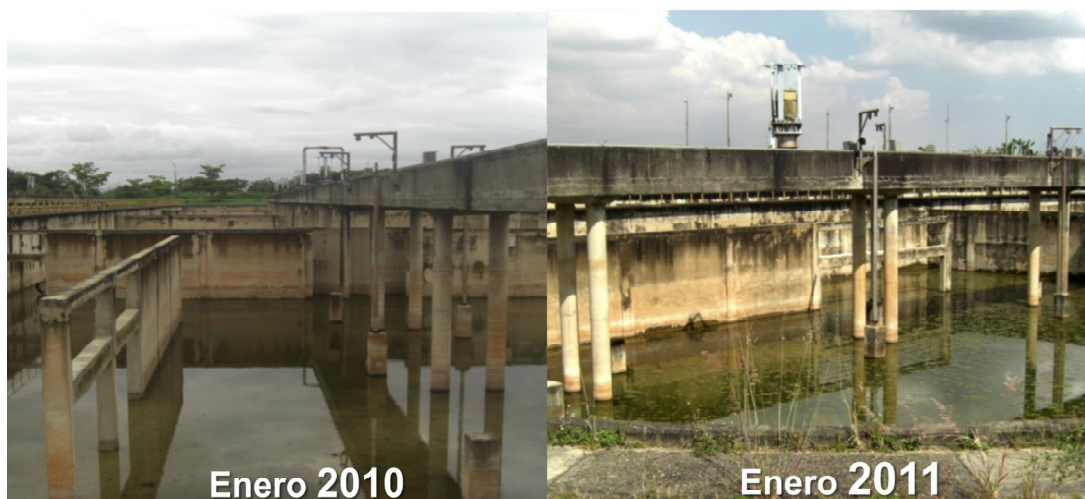


Figura 4.14 Planta la Mariposa II sin mantenimiento actualmente parada año 2011

Fuente: MOVIMIENTO POR LA CALIDAD DEL AGUA

CORTESÍA: LUIS MANUEL RODRÍGUEZ. PTE. MOVIMIENTO POR LA CALIDAD DEL AGUA.

FECHA: 21-01-2010 Y 17-01-2011



Figura 4.15. Sedimentador de la Planta La Mariposa II. Año 2010

Fuente: MOVIMIENTO POR LA CALIDAD DEL AGUA

CORTESÍA: LUIS MANUEL RODRÍGUEZ

FECHA: 21-01-2010



Figura 4.16. Reactor de la Planta la Mariposa II. Año 2010

Fuente: MOVIMIENTO POR LA CALIDAD DEL AGUA

CORTESÍA: LUIS MANUEL RODRÍGUEZ

FECHA: 21-01-2010

Tabla 4.3. Parámetros de DBO₅ y DQO pertenecientes a los afluentes del Embalse Pao Cachinche año 2010*

PARÁMETROS	Método	LÍMITES MÁXIMOS O RANGOS (1)	CAÑO JOSÉ LEONARDO CHIRINOS		CAÑO LA YUCA		LÍMITES MÁXIMOS O RANGOS (2)	RÍO CABRALES (RÍO ARRIBA DEL TRASVACE DEL LAGO DE VALENCIA)		CANAL DE TRASVACE DEL LAGO DE VALENCIA		MEZCLA CANAL DE TRASVACE + SALIDA PTAR LOS GUAYOS		RÍO PAITO SECTOR PTE. LA VIRGEN		RÍO PAITO SECTOR LA ARENOSA	
			HIDROCENRO	MIN. P.P AMBIENTE	HIDROCENRO	MIN. P.P AMBIENTE		HIDROCENRO	MIN. P.P AMBIENTE	HIDROCENRO	MIN. P.P AMBIENTE	HIDROCENRO	MIN. P.P AMBIENTE	HIDROCENRO	MIN. P.P AMBIENTE	HIDROCENRO	MIN. P.P AMBIENTE
Coliformes Totales (Colil. Total /100 ml)	9221 E	5,000	>160,000	2,400,000	>160,000	2,400,000	Promedio mensual < 10,000	>160,000	3,500,000	35,000	240,000	>160,000	2,400,000	>160,000	230,000	>160,000	23,000
Coliformes Fecales (Colil. Fecal /100 ml)	9215 B	NR	>160,000	2,400,000	>160,000	2,400,000	NR	>160,000	3,500,000	24,000	240,000	>160,000	2,400,000	>160,000	230,000	>160,000	23,000
Plankton (org/mL)	10200 F	NR	10,160		9,360		NR	4,000		26,960		45,600		19,040		7,760	
DBO ₅ (mg/L)	5210 B	60	34	25	17	10	NR	5	<5	11	<5	16	6	8	<5	9	7
DQO (mg/L)	5220 D	350	126	94	89	47	NR	50	28	55	56	151	66	62	49	55	26

Fuente: INSALUD. 2010.

* Valores reportados por los Laboratorios pertenecientes a la Comisión Legislativa (Hidrocentro, MINAMB, MPPS)

Estas Plantas presentan mal funcionamiento en su proceso desde más de un año, ya que mediante un estudio que realizó el departamento de Captación Tratamiento y Mantenimiento de Hidrocentro, en la página 29 del informe resalta que: *...“No se están realizando adecuadamente los tratamientos primarios y terciarios en virtud de que aún no se ha construido las obras para tal fin en las Plantas de los Guayos y la Mariposa, lo que ha originado que los efluentes industriales y domiciliarios que llegan a esas plantas de tratamiento a través de colectores, estén sobrecargados e materia orgánica que reducen la capacidad de aireación de las aguas receptores y aumentan excesivamente las algas y por consiguiente la eutrofización del cuerpo de agua.”* Lo que ha traído como consecuencia descargas continuas de aguas servidas con concentraciones de DBO_5 y DQO como se muestran en la tabla 4.4; en la figura 4.17 se observa claramente lo expuesto en el informe.

Estos valores se encuentran bajo los límites máximos establecidos en el Decreto 883 de la sección III de la Descarga de Cuerpo de Aguas, para vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados de manera directa o indirecta en ríos estatuarios, lagos y embalse, 60mg/l para la DBO_5 y 350mg/ IO_2 para la DQO.

Tabla 4.4. Parámetros de la DBO_5 y DQO *

Descripción	DBO_5 mg/l	DQO mg/l
Río San Pedro la Arenosa	9,52	19
Salida de la Planta la Mariposa	22,62	86
Río Cabriales (sector Sur)	13,87	25
Salida de la Planta los Guayos	23,8	44
Canal de succión de Agua del Lago de Valencia con mezcla de la salida de la Planta los Guayos	13,13	59
Descarga del Trasvase del Lago de Valencia	11	55

Fuente: Laboratorio Central Carabobo. Dpto. de Captación Mantenimiento y Tratamiento. Hidrocentro. Año 2008. * DATOS RECOPIADOS

Sin embargo se exceden de los máximos permitidos en los Valores Guías para fuentes superficiales, que pueden ser ajustadas por procesos convencionales de potabilización, en donde DBO_5 es de 2,5 mg/l, DQO es de 15mg/l O_2 , ya que desembocan en el embalse Pao Cachinche el cual es fuente para agua superficial de consumo humano.



Figura 4.17. Sector Unión Lago de Valencia con Río los Guayos y la salida de la PTAR de los Guayos

Fuente: COMISIÓN LEGISLATIVA DEL ESTADO CARABOBO 2011

CORTESÍA: LISANDRO BASARTE. NOTITARDE.

FECHA: 19-03-2011

En la figura 4.18 se observa la fluctuación de la DBO_5 que ha tenido el embalse entre el año 2000 al 2009, donde se coloca explícitamente la incorporación del sistema de aireación con O_2 en el embalse, (tratamiento comenzado en octubre del 2001 para mejorar la calidad de las aguas del embalse a la entrada de la Planta Alejo Zuloaga) el río Cbrales en el 2006 y la planta Los Guayos.

De los resultados obtenidos en los análisis realizados a las muestras de agua captadas en los diferentes puntos de aporte de caudal al río Paíto, principal tributario del embalse Pao Cachinche, y a los demás tributarios, se puede decir lo siguiente: Entre los aportes más críticos se encuentran el río Cbrales, trasvase del Lago de Valencia y la salida de la Planta de Tratamiento la Mariposa y la Planta los

Guayos, los cuales ocasionan un impacto ambiental a calidad del cuerpo de agua del Embalse, ya que los aportes de materia orgánica (DBO_5) son elevados para un cuerpo de agua de clasificación 1 tipo B, que va a ser utilizado en procesos convencionales de potabilización.

Por otra parte en estudios realizados a la Cuenca del Lago de Valencia, indican que los tributarios reciben descargas continuas de aguas servidas urbanas e industriales, sin previo tratamiento, con concentraciones de contaminantes superiores a los límites máximos establecidos en el Decreto 3.219, para vertidos líquidos que sean o vayan a ser descargados, en forma directa o indirecta al Lago de Valencia; reportándose valores en la mayoría de los casos por encima de los límites máximos establecidos para efluentes líquidos en los tributarios, 60 mg/l para DBO_5 y 350 mg/l para DQO.

Esto se debe a la influencia permanente de efluentes residuales domésticos e industriales que son vertidos a los tributarios sin previo tratamiento.

Esto ha traído consecuencias ya que para noviembre del año 2006 los estudios de monitoreo al Lago develan que la carga másica vertida en el Lago era de 30.000 Kg/día de DBO_5 cuando el Decreto N° 3.219 establece como carga límite de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5), la cantidad de 25.000Kg/día; cabe destacar que para este año la cota del Lago rebasó su límite y es por ello que se trasvasa parte del Lago al Embalse Pao Cachinche.

En la tabla 4.5 y 4.6 se presentan los valores de DBO_5 y DQO de los Tributarios que vierten al Embalse en unidades de carga másica por día.

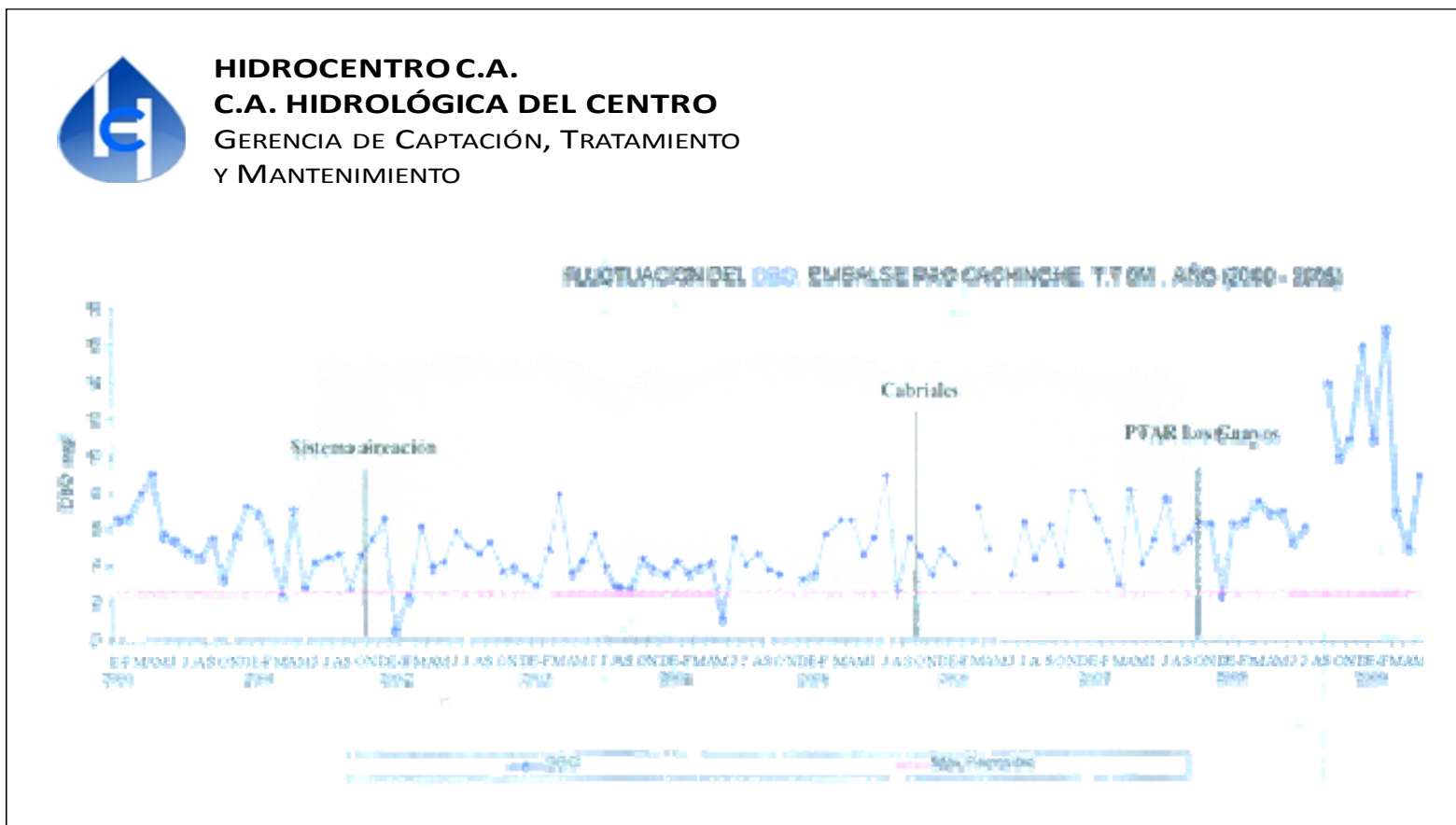


Figura 4.18. Fluctuación de la DBO₅ en el Embalse Pao Cachinche año 2000-2009

Fuente: GERENCIA DE CAPTACIÓN TRATAMIENTO Y MANTENIMIENTO.

Tabla 4.5 Parámetros de la DBO₅ de los Tributarios al Embalse en el periodo 2000-2010, en Kg/día **

Parámetros	DBO ₅ Kg/día					
Ríos	Sequía			Lluvia		
	2000 - 2005	2006-2009	2010	2000 - 2005	2006-2009	2010
Río Paíto	22,00	81,47	70,00	22,40	264,00	243,99
Río Cabriales	74,25	199,90	174,13	33,30	138,03	128,11
Río Chirgua	21,47	48,02	41,83	7,49	32,91	30,74
Río Pirapira	8,03	18,26	15,91	1,37	4,79	4,44
Río Paya	3,91	9,50	8,35	0,95	4,79	4,44
Río San Pedro la Arenosa	2,99	4,80	4,18	5,27	2,54	2,35
Río La Yuca	-	-	-	4,52	17,86	16,57
Quebrada José Leonardo	-	-	-	22,31	93,25	87,11
Trasvase el Lago	-	15.956,35	15.956,35	-	15.956,35	15.956,35
Planta La Mariposa	4.161,50	10.535,22	15.451,67	4.161,50	10.535,22	15.451,67
Planta los Guayos	160,21	944,63	160,21	160,21	944,63	160,21

**Valores Calculados

En el caso de la carga másica vertida al Embalse Pao Cachinche se observa que para el periodo del 2000- 2009, el mayor aporte de DBO₅ lo hace el Trasvase del Lago de Valencia y la Planta la Mariposa, con 15.956, 35 Kg/día y 10.535,22 Kg/día respectivamente, contando también a los tributarios Paíto Cabriales y la Quebrada José Leonardo Chirinos.

Cuanto mayor es la cantidad de materia orgánica que presentan las aguas, mayor cantidad de oxígeno necesitan los microorganismos para degradarla. (Stanley E. 1989). El Decreto 886, establece que las aguas sub tipo B, (como está clasificado el Lago de Valencia), son aquellas que se pueden acondicionar por medio de tratamientos convencionales para el consumo humano, no debe presentar valores de DBO, ya que este parámetro es exclusivo de las aguas residuales provenientes de vertidos líquidos establecido en el capítulo III del Decreto 883, y no puede ser vertida a ningún reservorio de agua dulce hasta que presente los límites máximos permisibles establecidos en la Ley de Aguas y el Decreto 883.

Esto indica que el Lago de Valencia que está representado por el Trasvase, es un foco latente de contaminación; microorganismos como Pseudomonas, Escherichia Coli, Baccillus, pueden estar prevaleciendo dentro de las aguas del

Embalse Pao Cachinche, producto de la falta de saneamiento del Lago y el mal funcionamiento de las plantas de tratamientos de aguas residuales, como se muestra en la tabla 4.5 las filas 10 y 11 los valores de DBO de la Planta la Mariposa y la de los Guayos.

Tabla 4.6 Parámetros de la DQO de los Tributarios al Embalse en el periodo 2000-2010, en Kg/día**

Parámetros	DQO Kg/día					
	Sequía			Lluvia		
	2000 - 2005	2006-2009	2010	2000 - 2005	2006-2009	2010
Río Paito	118,77	309,77	72,57	369,92	1.518,74	1.409,64
Río Cabriales	133,84	360,31	313,85	73,55	287,56	266,91
Río Chirgua	131,50	294,15	256,22	53,72	237,39	220,34
Río Pirapira	23,28	52,97	48,40	4,47	15,57	14,45
Río Paya	11,30	27,87	25,42	3,11	15,57	14,45
Río San Pedro la Arenosa	8,67	13,92	12,13	17,14	8,25	7,66
Río La Yuca	-	-	-	23,62	93,51	86,79
Quebrada José Leonardo	-	-	-	82,64	347,81	322,83
Trasvase el Lago	-	1.091,75	1.091,75	-	1.539,64	1.539,64
Planta La Mariposa	18.468,00	24.624,00	36.115,20	18.468,00	24.624,00	36.115,20
Planta los Guayos	336,96	380,16	449,28	336,96	380,16	449,28

**Valores Calculados

En cuanto al parámetro de la DQO, la planta La Mariposa presenta un incremento acelerado sobre este parámetro del 31,88% con respecto al periodo 2006-2009 al valor calculado para el 2010.

En la figura 4.19 y la 4.20, se muestran los parámetros DBO_5 y DQO dentro del embalse, los cuales se han incrementado después de la introducción del Río Cabriales y el Trasvase, cuya carga másica promedio DBO_5 en sequía fue de 4.454,36 Kg/día para el periodo 2000-2005, de 27.798,15 Kg/día para el período 2006-2009 y de 31.882,63 Kg/día para 2010; de igual forma se estimó la DBO en el período de lluvia, cuya variación es por debajo del 0,78% menos con respecto al periodo de sequía.

Con respecto a la DQO, el incremento entre los periodos evaluados es de 29,275% cada periodo, se observa en la figura el aumento progresivo de este parámetro, mostrando una fuente continua de contaminación dentro del embalse.

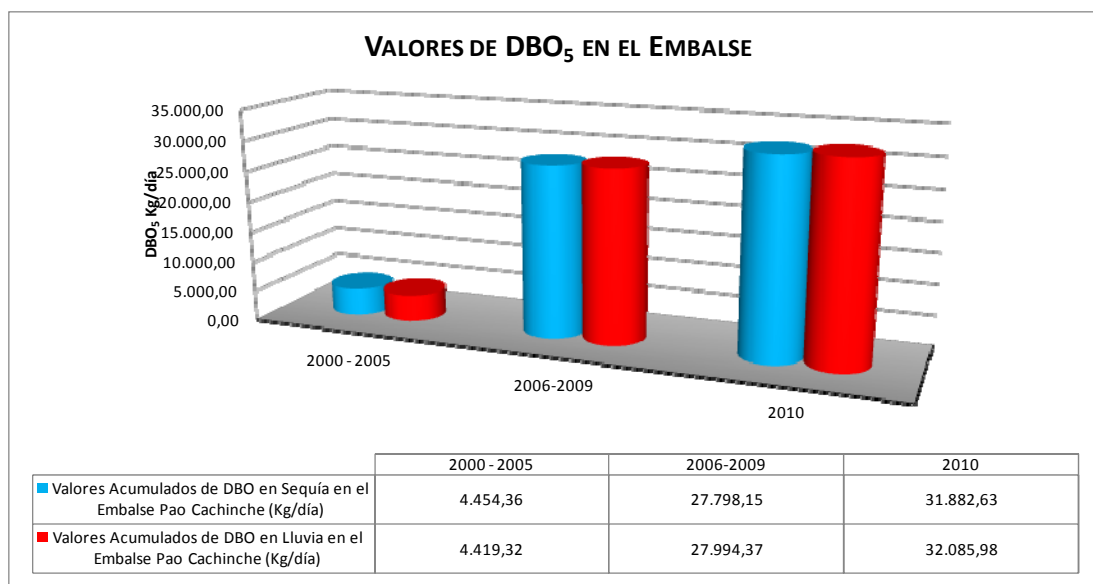


Figura 4.19. Fluctuación de la DBO₅ en el Embalse Pao Cachinche en el periodo 2000-2009

En la figura 4.21 se encuentra expresada la comparación entre la DBO₅ y la DQO dentro del Embalse; cabe resaltar que en la estación de lluvia, la DQO no disminuyó su carga, esto es motivado a que el mayor aporte lo presenta un efluente constante como lo es el trasvase y las plantas de tratamiento, que dependen de las descargas de efluentes industriales y domiciliarios y estos en su mayoría son constantes.

Estos resultados reafirman la teoría de contaminación que presenta el Embalse Pao Cachinche, los valores calculados a la entrada al embalse de DBO₅ (4.454,36 Kg/día - 32085,98 Kg/día) y DQO (19.232,32Kg/día - 38.384,82 Kg/día) en su equivalente de unidades a mg/l, DBO₅ (38,921 – 80,360)mg/L y DQO (168,04 – 335,39)mg/L; al compararlos con los expuestos en el Decreto 883, Capítulo III de Vertidos líquidos, se encuentran fuera del límite máximo permisible; siendo que se está evaluando un reservorio de agua dulce, estos dos parámetros no deben presentar ninguna cuantificación.

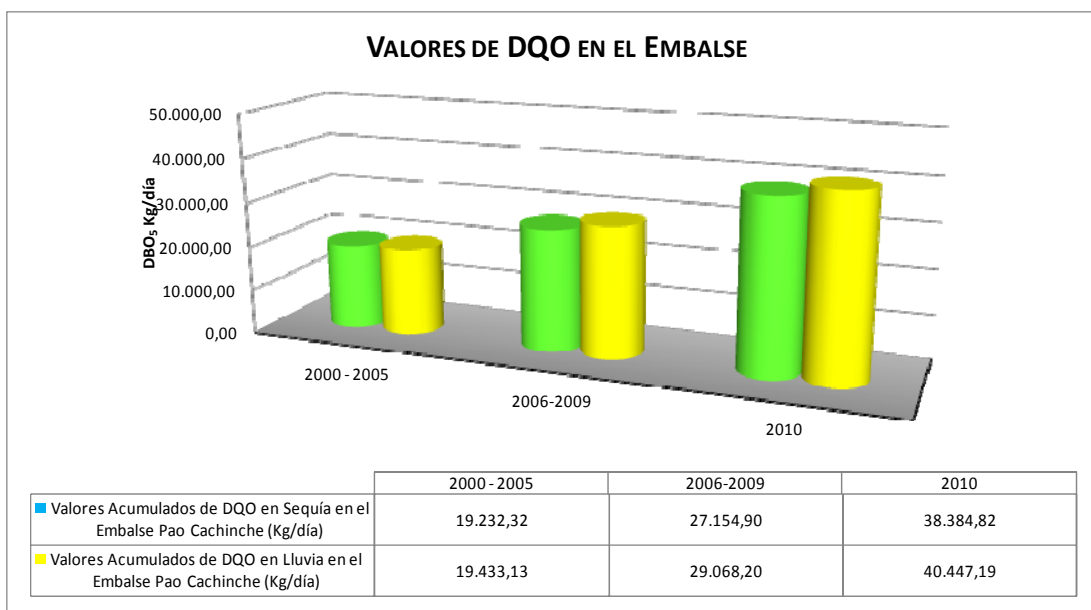


Figura 4.20. Fluctuación de la DQO en el Embalse Pao Cachinche en el periodo 2000-2009

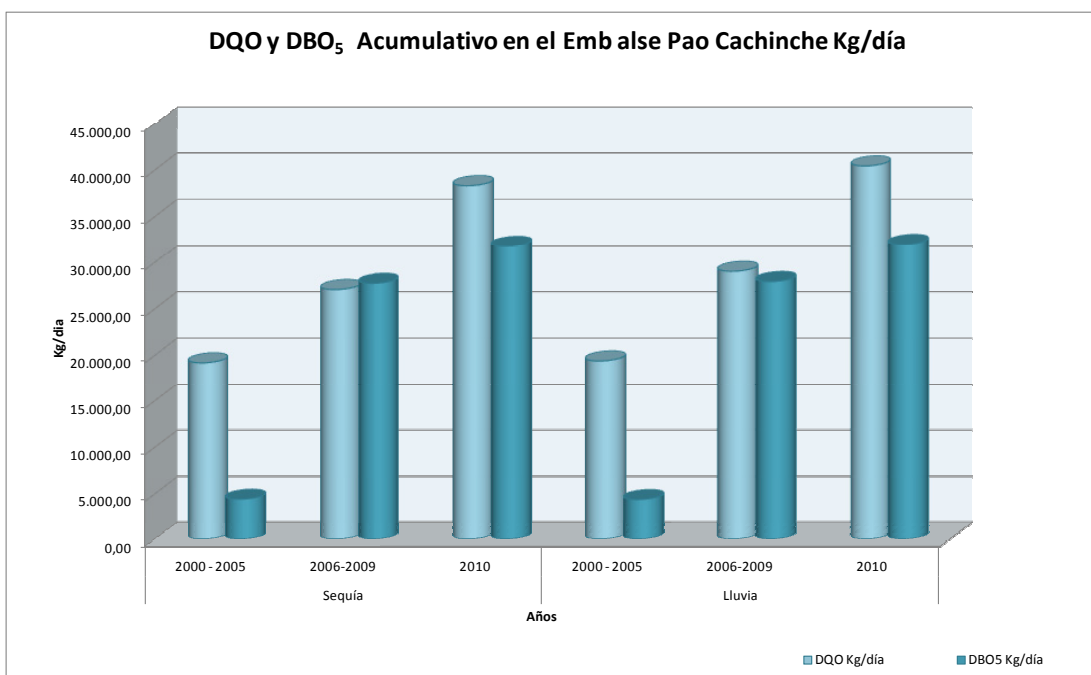


Figura 4.21. Fluctuación de la DBO₅ y la DQO en el Embalse Pao Cachinche año 2000-2009

Al aumentar la DBO_5 en los tributarios y el embalse presentaran deficiencia en oxígeno disuelto, es decir, si la descarga de residuos que demandan oxígeno es mayor que la capacidad de auto purificación, la concentración de oxígeno disuelto permanece baja, eliminando todo el oxígeno disuelto por completo, volviéndose el agua negruzca y de mal olor, desapareciendo peces y otros animales como ya ha sucedido (Caso muy evidente es el Río Cabrales cuyas aguas van a Cachinche). Ver las siguientes figuras de la 4.22 a la 4.25.



Figura 4.22. Río Cabréales. Zona Canal del Cementerio año 2010

Fuente: NOTITARDE. LISANDRO BASARTE

FECHA: 18 – 05- 2010



Figura 4.23. Río Cabréales. Zona parque Fernando Peñalver 2010

Fuente: NOTITARDE. LISANDRO BASARTE

FECHA: 18 – 05- 2010



Figura 4.24. Zona Tránsito. Confluencia del Río Paíto y las Plantas de Tratamiento Año 2010

Fuente: NOTITARDE. LISANDRO BASARTE

Fecha: 22- 06-2010



Figura 4.25. Salida de la Planta La Mariposa Año 2010

Fuente: NOTITARDE. LISANDRO BASARTE

Fecha: 22- 06-2010

b. Nutrientes

Los valores de nutrientes obtenidos se presentan en la Tabla 4.7, y en la figura 4.26 y 4.27 se encuentran expuestos las fluctuaciones del nitrógeno amoniacal (NA) Nitrógeno Total (NT) y el fósforo (P) en el embalse durante el periodo 2000 – 2009.

En un estudio hecho por la Gerencia de Hidrocentro en enero del 2008, reveló que: En el sector desparramadero el Río Cabrales presentaba $\text{N-NH}_3 = 6,40\text{mg/l}$ y el $\text{P} = 0,10\text{ mg/l}$, El canal de succión del Lago de Valencia presentaba $\text{N-NH}_3 = 1,25\text{mg/l}$ y el $\text{P} = 0,15\text{ mg/l}$, el Río Paíto sector puente la Virgen $\text{NH}_3 = 7,76\text{mg/l}$ y el $\text{P} = 0,25\text{ mg/l}$; estos valores exceden los valores guías establecidos que son: $\text{NH}_3 = 0,3\text{mg/l}$ y el $\text{P} = 0,03\text{ mg/l}$ para aguas que van a ser condicionadas por procesos de potabilización.

Tabla 4.7. Parámetros de NA, NT y P pertenecientes a los afluentes del Embalse Pao Cachinche año 2010*

Parametros	Método	Límites	Caño La Yuca				Límites	Río Cabriales (Cabecera)		Canal de trasvase del Lago		Mezcla Canal del Traslase		Río Paíto Sector Pte. A Virgen		Río Paíto Sector La Arenosa	
		Máximos o Rangos (2)	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P	Máximos o Rangos (2)	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P	Min.P.P
			Hidrocentro	Ambiente	Hidrocentro	Ambiente		Hidrocentro	Ambiente	Hidrocentro	Ambiente	Hidrocentro	Ambiente	Hidrocentro	Ambiente	Hidrocentro	Ambiente
Nitrogeno Amoniacal (mg/l)	4500-NH3 D	NR	12.669	10.88	5.441	4.16	NR	0.479	1.10	0.679	<0.05	2.578	0.67	0.985	0.70	5.564	3.75
Nitrogeno Total Keldahl (mg/l)	4500-Norg C	40	-	13	-	7	NR	-	2	-	2	-	5	-	2	-	6
Fosforo Total (mg/l)	4500- P C	10	2.305	1.29	1.242	0.60	NR	0.303	0.18	1.161	0.89	1.401	0.71	0.477	0.24	0.865	0.50

Fuente: INSALUD 2010

* Valores reportados por los Laboratorios pertenecientes a la Comisión Legislativa (Hidrocentro, MINAMB, MPPS)

Por otra parte las plantas de tratamiento de aguas residuales, que vierten sus efluentes en los tributarios que desemboca en el Embalse presentaron los siguientes resultados: Planta los Guayos $\text{NH}_3 = 19,21 \text{ mg/l}$ y el $\text{P} = 0,63 \text{ mg/l}$ y la Planta la Mariposa $\text{NH}_3 = 18,32 \text{ mg/l}$ y el $\text{P} = 0,32 \text{ mg/l}$, parámetros que se adecuan a los establecidos en la Gaceta Oficial N° 5021 Normas para la clasificación y control en la calidad del cuerpo de agua y vertidos o efluentes líquidos.

Aunque los desechos con demanda de oxígeno son, en forma definitiva y general los contaminantes más importantes de los ríos, embalses y lagos, los nutrientes también pueden contribuir al deterioro de la calidad del agua, ya que causan el crecimiento excesivo de las plantas; en orden de abundancia en los tejidos celulares están el carbono, nitrógeno, fósforo y diversidad de microelementos.

Aparte de estos se encuentra otro factor como la turbiedad que causa las partículas de suelo erosionado, bacterias y otros factores, que evitan que la luz penetre mucho en el agua, por tanto limita el crecimiento de algas en aguas profundas, y solo ocurre en aguas superficiales.

Todas las aguas negras municipales contienen fósforo procedente del excremento humano, y la forma efectiva de remoción es a través de detergentes que contienen alto grado en polifosfato, estas son cadenas de iones fosfatos (normalmente tres) enlazados entre sí, este se combina con los minerales del agua formando el detergente; cuando el funcionamiento de la Planta de Tratamiento es mínima o casi nula como se mostró en la figura 4.15 al 4.17 de la Planta de Tratamiento la Mariposa, los resultados se evidencian en las aguas de vertidos a los ríos y por ende al embalse.

En la figura 4.26 se muestra el detergente en exceso a la salida de las plantas el cual es vertido en el tributario el Paíto. En la PTAR los Guayos este presenta un 730% fuera de los límites establecidos para aguas superficiales tipo 1B como está clasificado el tributario el Paíto.

En la figura 4.27 y 4.28 se encuentran expuestos las fluctuaciones del nitrógeno amoniacal y el fosforo en el embalse durante el periodo 2000 – 2009. Aquí se puede observar como a raíz del desvío del cabréales y la entrada del trasvase se ha incrementado los niveles de fosforo y nitrógeno.

Ahora bien, un agua de contaminación reciente y de peligro potencial contiene mayor concentración de nitrógeno orgánico y amonio, mientras que las que tienen mayor concentración de nitratos se consideran como una contaminación ocurrida un periodo de tiempo antes de efectuarse el análisis.

La mayoría de los tributarios presentan valores altos de Nitrógeno Total (NT) y Fosforo Total (PT), lo cual se debe a la alta intervención que sufren dichos cuerpos de agua a causa de las actividades humanas e industriales.

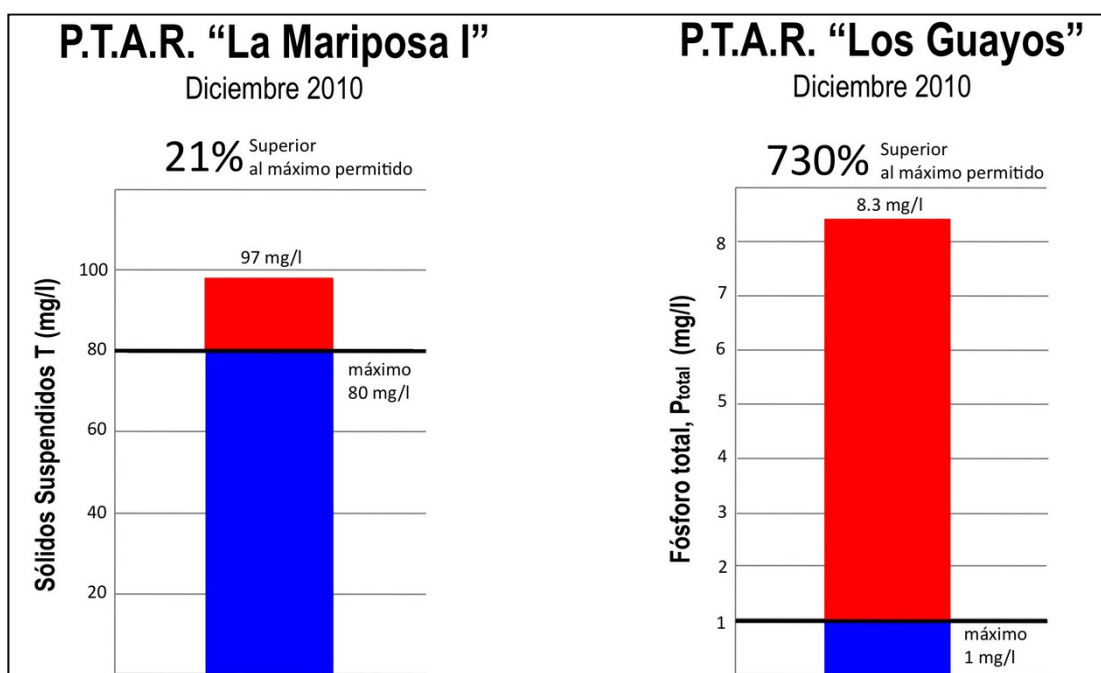


Figura 4.26. Parámetros de Nutrientes vertidos al tributario Paíto que desemboca en el Embalse Pao Cachinche. Año 2010

Fuente: MOVIMIENTO POR LA CALIDAD DEL AGUA. CORTESÍA DE HIDROCENTRO

Según Vollenweider citado en CEPIS (1990) en su clasificación de cuerpos de agua de acuerdo a la distribución de probabilidad del nivel trófico basado en fósforo total, cuando la concentración de este parámetro es mayor a 0,1 mg/ un sistema acuático presenta un proceso de eutrofización, es decir un sistema con alto contenido de nutrientes (CEPIS, 1990). De acuerdo con esta clasificación, el Embalse Pao Cachinche es Hipereutrófico, por la alta concentración de los nutrientes Nitrógeno Total y Fósforo.

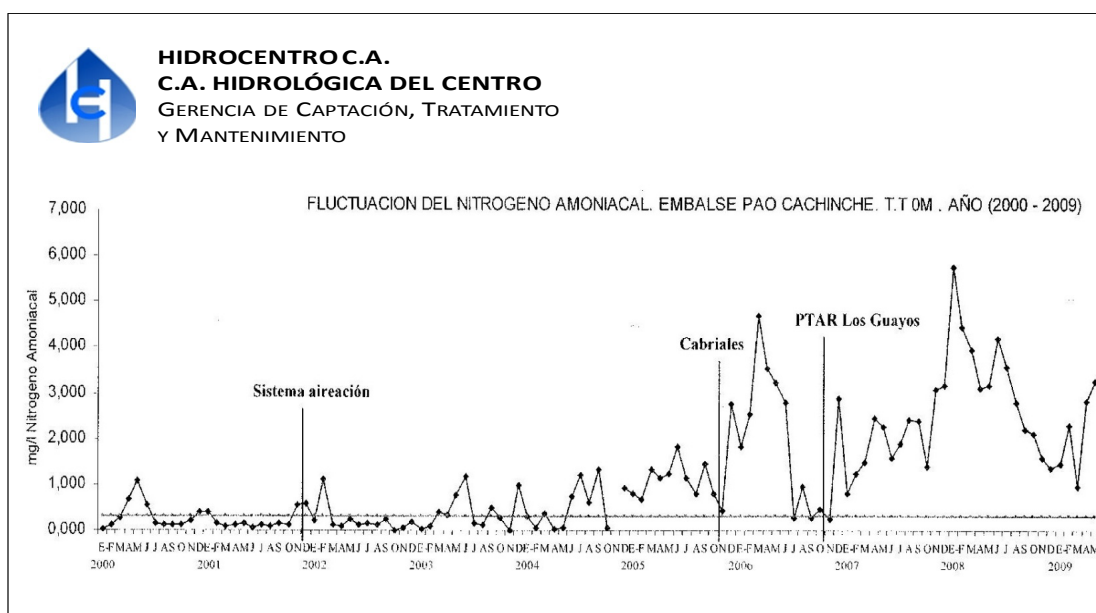


Figura 4.27. Fluctuación del Nitrógeno Amoniacal vertido al Embalse Pao Cachinche. Año 2000 – 2009.

Fuente: GERENCIA DE CAPTACIÓN TRATAMIENTO Y MANTENIMIENTO

La figura 4.29, donde se ve los niveles de eutrofización del Embalse en el período de estudio de 1993 al 2009.

La eutrofización es un proceso natural, resultado de la descarga normal de nutrientes, sedimentos y otros materiales alóctonos en los sistemas acuáticos durante millones de años, el lago o embalse que recibiese los aportes, con el tiempo se transformaba en ciénaga, la cual al consolidarse se convertía en un sistema terrestre. Este proceso es irreversible.

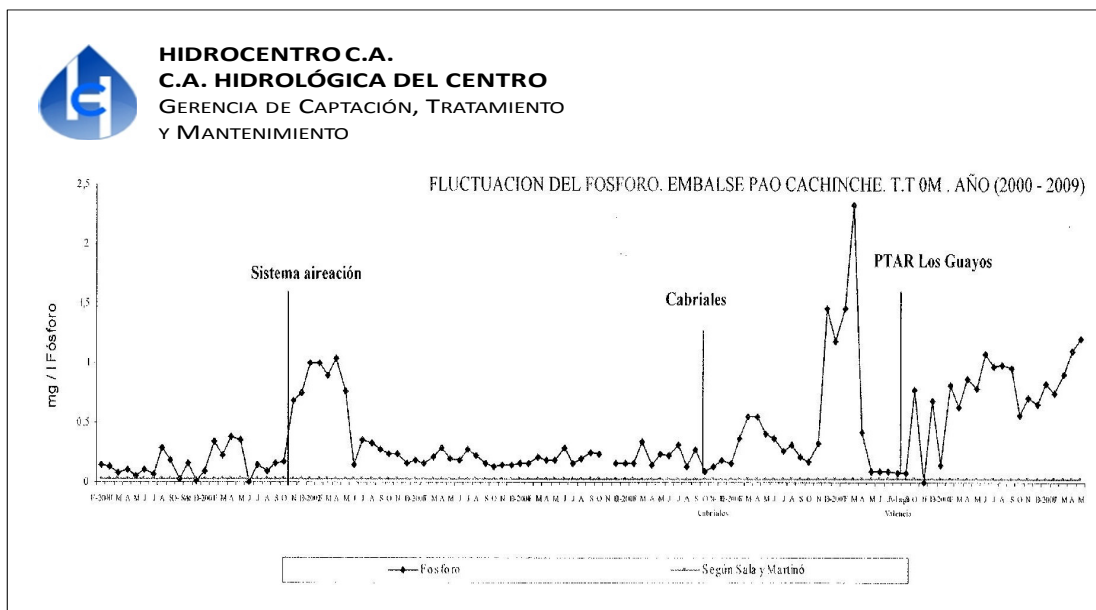


Figura 4.28. Fluctuación del Fosforo vertido al Embalse Pao Cachinche. Año 2000 – 2009.

Fuente: GERENCIA DE CAPTACIÓN TRATAMIENTO Y MANTENIMIENTO

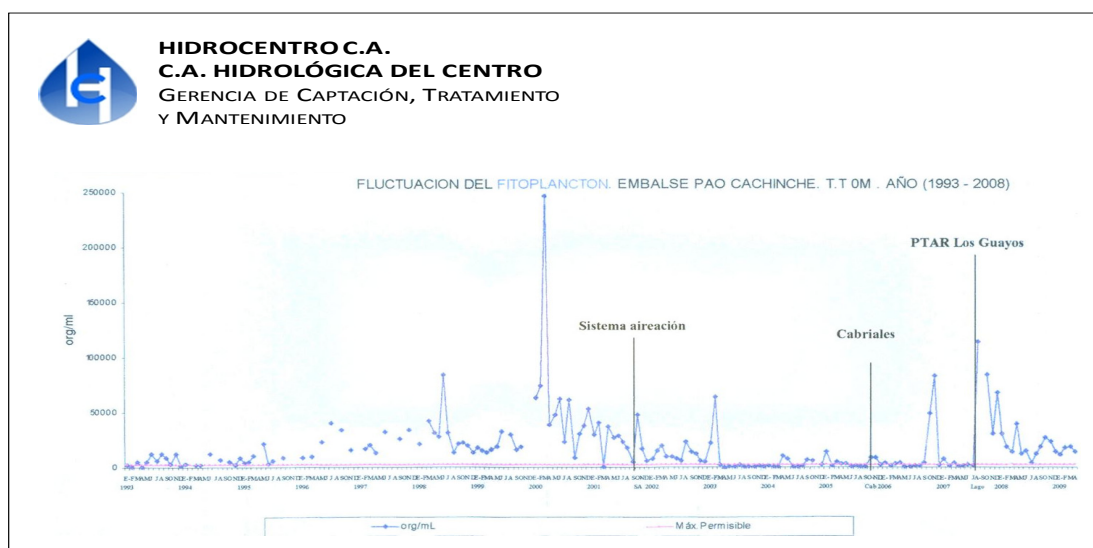


Figura 4.29. Fluctuación del Fitoplancton producido a causa del excedente de nutrientes en Embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010.

Fuente: GERENCIA DE CAPTACIÓN TRATAMIENTO Y MANTENIMIENTO

Ahora bien, hoy en día entra el concepto de Eutrofización Cultural, la cual está asociada a la intervención del ser humano (Silverio 2006). Lo que ha ocurrido en el embalse Pao Cachinche es una Eutrofización Cultural. El uso excesivo de fertilizantes, que genera una contaminación del agua fundamentalmente mediante el aporte de nitrógeno (en forma de sales de nitrato y amonio) y fósforo (como fosfato).

La deforestación y la erosión en suelos agrícolas influyen en la carga de nutrientes, ya que los escurrimientos al pasar por una tierra que no tiene protección, “lavan” la capa fértil, llevándose consigo los nutrientes de la misma, así mismo la presencia de gases ambientales tales como óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x), al entrar en contacto con el agua atmosférica forman ion nitrato (NO_3^-) e ion sulfato (SO_4^{2-}), que forman sales solubles al alcanzar el suelo con los cationes del mismo, generando un empobrecimiento de dichos iones. Dichas sales son volcadas fácilmente en los cuerpos de agua, dando lugar a dicho proceso; esto produce un aumento de la biomasa y un empobrecimiento de la diversidad.

El Embalse comenzó a dar una alteración de la biota y de la diversidad biológica, provocando una proliferación de algas unicelulares, algas azul-verdes (cianobacterias) y de micrófitos en exceso. El desarrollo de algas provocó un enturbiamiento, que impide que la luz penetre hasta las profundidades del ecosistema en el embalse. Las consecuencias directas han sido la imposibilidad de llevar a cabo la fotosíntesis en el fondo de dicho cuerpo de agua y por lo tanto la no producción de oxígeno libre; al mismo tiempo que se aumenta la actividad metabólica consumidora de oxígeno de los organismos descomponedores, que empiezan a recibir excedentes de materia orgánica generados en la superficie.

El fondo del ecosistema acuático se ha convertido de forma gradual en un ambiente anaerobio, debido al aumento en la concentración de gases como anhídrido sulfuroso (H_2S), metano (CH_4) y anhídrido carbónico (CO_2), haciendo

inviabile la forma de vida de la mayoría de las especies. Se hace presente la mortandad masiva de peces y de biota en general, bioacumulación de sustancias tóxicas, y gradualmente se observa un aumento de la sedimentación en el embalse, reduciendo así la vida útil, proliferando la aparición de organismos patogénicos y vectores de enfermedad. A continuación se muestran en los gráficos los valores de fosforo y nitrógeno en forma de sales por tributarios y el emitido por las plantas y trasvase del Lago de Valencia.

En la figura 4.30 y 4.31 se presentan y discuten los niveles de fosfato y nitratos que se vierten en los tributarios que desembocan en el Embalse Pao Cachinche. En los mismos se observa que para el periodo lluvia 2009 – 2010 el río Paíto presentó una carga másica de al menos 110 Kg/día en Fosfato y de 1000 a 1100 Kg/día en Nitratos, motivado a la alta escorrentía que involucra la época de lluvia y a otros factores tales como deforestación, etc.; incluso presento un incremento del 250% a partir del periodo 2006 – 2010 en comparación con el periodo 2001- 2005, pero a finales del 2010 este fue del 730% de excedente que en comparación al reglamento del Decreto 883 del la Norma sobre la Clasificación y Control de Calidad en Cuerpos de Agua, Capítulo II Art. 3 Aguas Tipo 1- Subtipo 1-B Gaceta Oficial 5.021 está fuera de norma; esto ocurre cuando empieza a mezclarse en una intersección con las aguas provenientes de la planta la Mariposa, los Guayos y el trasvase del Lago de Valencia.

Cabe destacar que esto es producido por la paralización de las plantas, cuyo valor del nutriente es del 0,63mg/l en la Planta los Guayos y la Mariposa 0,32 mg/l; aunque estos valores estén según la Gaceta para vertidos líquidos aceptables, es importante recordar que se vierten a fuentes superficiales que pueden ser acondicionadas por procesos convencionales para potabilización, cuyo valor máximo es de $P = 0,03 \text{ mg/l}$.

Así mismo, se muestra en la figura 4.32 y 4.33 como el parámetro PO_4^{3-} y NO_3^- aumenta a medida que pasa el tiempo; evidenciando la inoperatividad de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

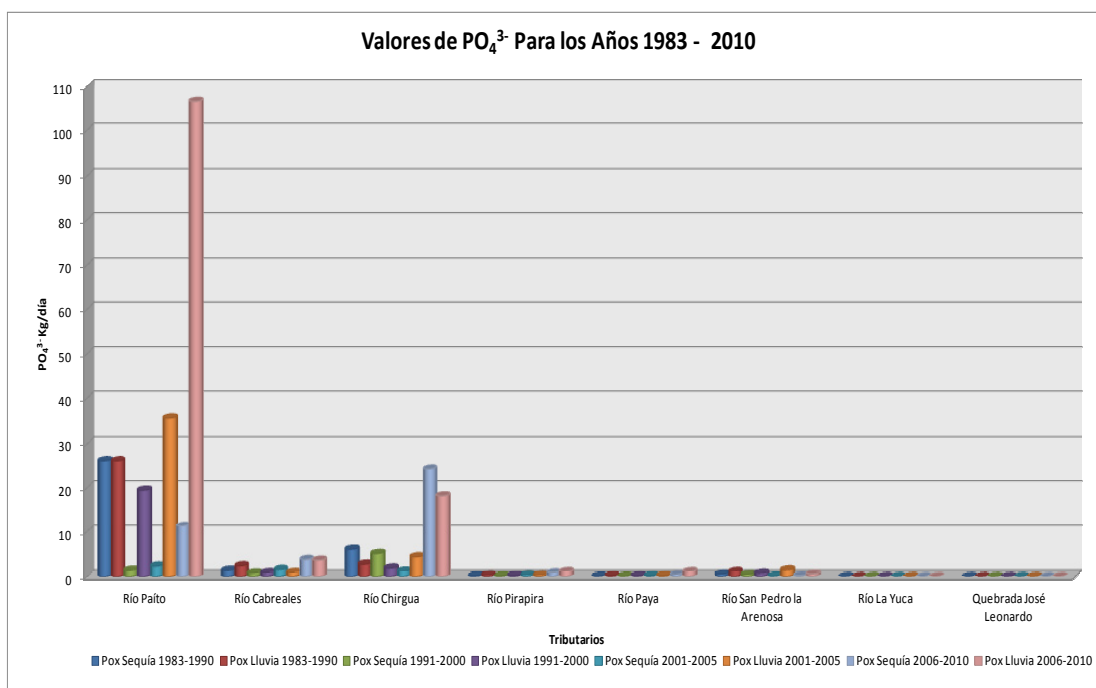


Figura 4.30. Parámetro del Nutriente Fósforo como Fosfato en los tributarios que vierten al embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010

Cabe destacar que cuando en los ríos Paíto, Chirgua, La Arenosa, Paya, existe la descarga de heces y orina de animales provenientes de cochineras o avícolas circundantes a la zona, éstas contienen cantidades apreciables de proteínas no asimilada, la cual al se convierte en amoniaco por acción de bacterias heterótrofas, en condiciones aeróbicas y anaeróbicas; el amoniaco liberado por la acción bacteriana sobre la urea y las proteínas puede ser utilizado por las plantas para producir proteína vegetal, el exceso liberado es oxidado por las bacterias nitrificantes autótrofas.

Los nitrosomas (forman nitrito), en condiciones aeróbicas convierten el amoniaco a nitritos y obtienen energía de la oxidación; es decir la conversión

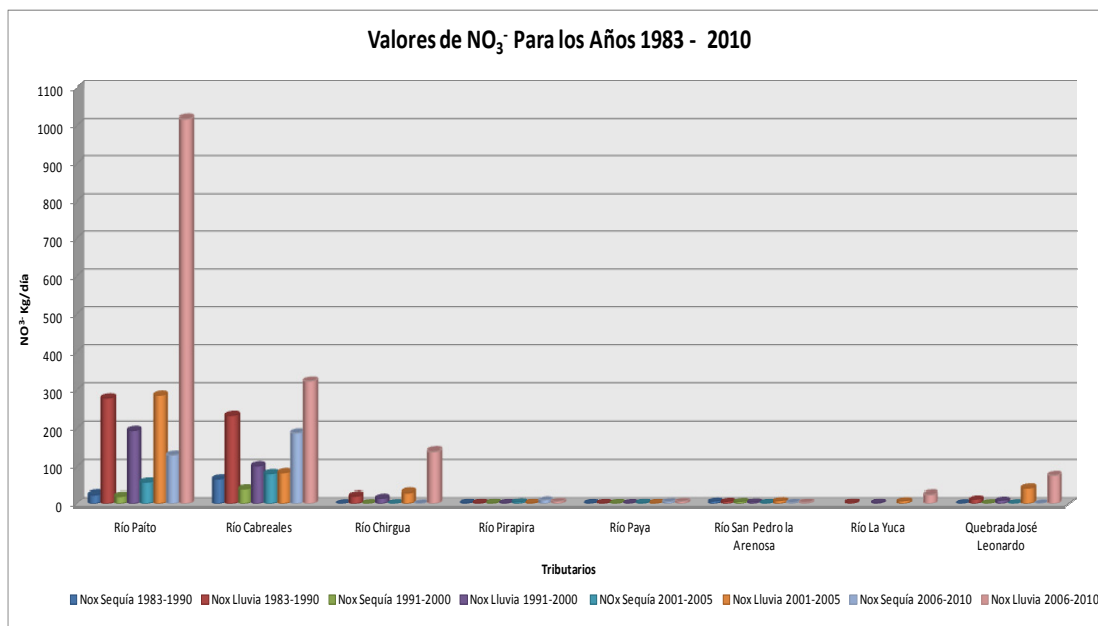


Figura 4.31. Parámetro del Nutriente Nitrógeno como Nitrato en los tributarios que vierten al embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010

autótrofa de amoníaco a nitritos y nitratos requiere oxígeno (Camargo 2006) **Efectos Toxicológicos y Ecológicos de la Contaminación del Nitrógeno Orgánico en Sistemas Acuáticos**; es así como la descarga de nitrógeno amoniacal y su oxidación están reduciendo los niveles de oxígeno disuelto en el embalse, como ha poseído largo tiempo de residencia, ha hecho que las bacterias nitrificantes de crecimiento lento aumenten.

Es por ello que las altas cargas de nutrientes vertidas durante mucho tiempo al Embalse Pao Cachinche, a través de los tributarios afluentes, son la principal causa del problema de la eutrofización que presentan hoy sus aguas, trayendo como consecuencia la condición inadecuada para el uso de este cuerpo de agua.

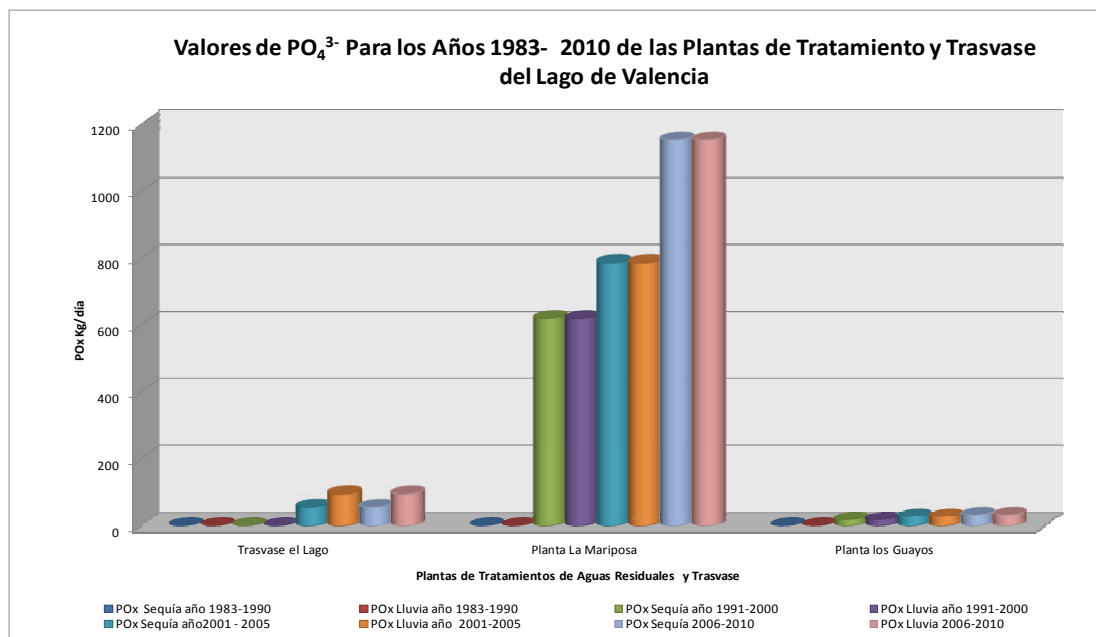


Figura 4.32. Parámetro del Nutriente Fósforo como Fosfato en la Plantas el Traslase del Lago de Valencia que descargan al embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010

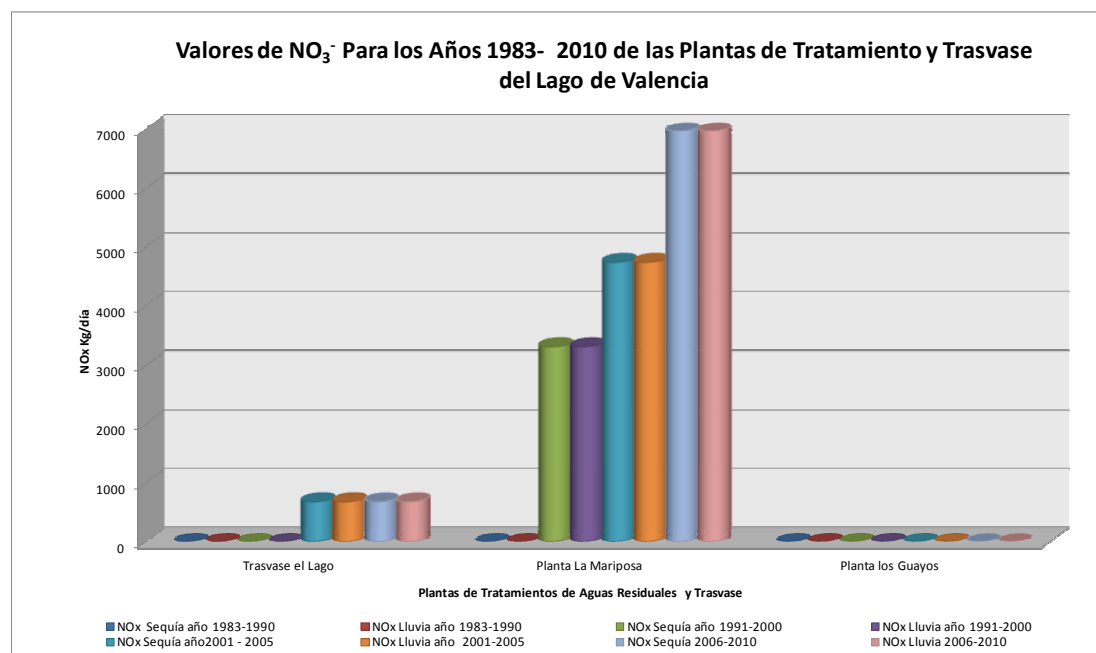


Figura 4.33. Parámetro del Nutriente Nitrógeno como Nitrato en la Plantas el Traslase del Lago de Valencia que descargan al embalse Pao Cachinche. Año 1993 – 2010

c. Sólidos

Los tributarios que presentan las mayores concentraciones de sólidos suspendidos según el análisis hecho por el Ministerio Popular para el Ambiente, Hidrocentro y Ministerio Popular para la Salud en el 2010, mediante el método 2540D cuyo límite es de 80 mg/l son: la Quebrada José Leonardo, Río la Yuca, Río Cabréales Trásvase, Mezcla Trásvase, salidas planta los Guayos y la Mariposa; Los Sectores Puente la Virgen, la Arenosa, sus valores están en el límite máximo permisible. En la Tabla N° 4.8 se muestra la concentración de sólidos suspendidos en el Embalse Pao Cachinche en la Torre Toma el cual presenta a 5m un valor de 88 mg/L. Cabe destacar que la norma Europea Real Decreto 927/88, Unión Europea, 1988 no establece ningún valor para aguas superficiales, excepto para aquellos casos donde las aguas serán tratadas mediante tratamiento físico simple y desinfección cuyo valor máximo es de 25mg/l; es por ello que los valores reportados en el Embalse se encuentran en un 252% fuera de especificaciones de dicha norma.

Los cloruros son iones que siempre están presentes en las aguas y su incremento es consecuencia de la contaminación generada por efluentes residuales urbanos e industriales. En la tabla N° 4.8 se muestra que la concentración más alta pero dentro del máximo permisible se encontraba en el canal de trásvase del Lago e Valencia y la mezcla del trásvase con la salida de la PTAR Los Guayos.

En el caso de los sulfatos la concentración en los tributarios, según el análisis realizado, se encuentran dentro del límite permisible 400mg/l la PTAR Los Guayos oscila según MPPA en 204,5 mg/l con una carga másica de 1.531,29 Kg/día y fuera de rango el Trásvase del Lago de Valencia con un valor de 430 mg/l y con carga másica de 5.729,45 Kg/día respectivamente; la PTAR La Mariposa fluctúa en 172 mg/l con la carga másica de 44.582,40 Kg/día, pero en el 2010 alcanzó una carga másica de 65.387,57 Kg/día.

Tabla 4.8. Evaluación Parámetros Fisicoquímicos Bacteriológicos y Químicos Sanitarios Embalse Pao Cachinche y Desembocaduras *

PARÁMETROS	Método	LÍMITES MÁXIMOS ORGANIZADOS	HIDROCENTRO GRIFO (LABORATORIO) ENTRADA A LA PLANTA 14/05/2010			TORRE TOMA SUPERFICIAL (30 cm)			TORRE TOMA 5 MTS			TORRE TOMA 10 MTS			DESEMBOCADURA CONVERGENCIA (PAYA, SAN PEDRO Y PIRA PIRA)			DESEMBOCADURA PAITO			DESEMBOCADURA CHIRIGUA		
			MINAMBIENTE	MINAFULAN	MINAFAMBIENTE	MINAMBIENTE	MINAFULAN	MINAFAMBIENTE	MINAMBIENTE	MINAFULAN	MINAFAMBIENTE	MINAMBIENTE	MINAFULAN	MINAFAMBIENTE	MINAMBIENTE	MINAFULAN	MINAFAMBIENTE	MINAMBIENTE	MINAFULAN	MINAFAMBIENTE	MINAMBIENTE	MINAFULAN	MINAFAMBIENTE
Coliformes Totales (Colif. Total/100 ml)	9221 E	Promedio mensual < 10.000	350	>8	5,000	4,000	<20	93	330	45	140	460	45	330	3,300	45	200	4,900	130	200	4,900	230	1,700
Coliformes Fecales (Colif. Fecal/100 ml)	9215 B	NRI	350	>8	2,400	1,000	<20	93	110	45	140	92	45	330	200	45	200	4,900	130	200	2,200	230	1,700
Plancton (org/mL)	10200 F	NRI				9,160	-	-	6,760	-	-	6,180	-	-	24,340	-	-	21,860	-	-	17,240	-	-
DBO ₅ (mg/L)	5210 B	NRI	9,00			10	6	-	10	<5	-	10	<5	-	16	16	-	11	9	-	6	6	-
Nitrogeno Amoniacal (mg/L)	4500-NH ₂ D	NRI	4,30		2,2	2,760	-	-	2,735	-	-	2,623	-	-	0,175	-	-	0,160	-	-	0,012	-	-
Nitrogeno Total Kjeldahl (mg/L)	4500-Norg C	NRI			8,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fósforo Total (mg/L)	4500-P C	NRI	0,81		0,72	0,630	-	-	0,568	-	-	0,665	-	-	0,669	-	-	0,658	-	-	0,689	-	-
DOO (mg/L)	5220 D	NRI	12,00		24	23,6	74	-	23,0	46	-	26,6	43	-	52	95	-	55	89	-	43	85	-
Sólidos Suspendedos (mg/L)	2540 D	NRI				6,3	24	-	2,11	80,00	-	7,94	24	-	29,76	20	-	23,13	28	-	13,33	32	-
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	2540 C	1,500	243,58	340	269	263,7	208	282	267,89	208,00	284	272,06	204	283	255,24	240	284	271,87	228	279	271,67	212	276
Sólidos Totales (mg/L)	2540 B	NRI				270,0	232	-	270,00	288,00	-	280,00	228	-	285,00	260	-	295,00	256	-	285,00	244	-
Color Apariencia/Real (Pt Co)	2120 B	150	25,00	57,00	40,00	30'15		-17	30'15	-	-26	50'25	-	-17	30'15	-	-31	70'35	-	-23	60'30	-	-21
Turbiedad (UNT)	2130 B	250	7,82	8,60	7,70	3,84		6,30	4,37	-	6,10	3,37	-	6	27,46	-	48,20	27,70	-	50,10	43,46	-	50
pH (adm)	4500-H B	8 - 8,5	7,26	7,10	7,28	7,59	7,43	7,40	7,35	7,32	7,40	7,44	7,39	7,40	8,47	8,67	9,90	8,62	8,71	10,10	9,12	8,14	9,90
Cloruros (mg/l)	4500-CL B	600	42,68	3	42	33,34	38	42	28,58	37	41	41,75	33	43	34,74	40	48	35,58	35	45	33,06	36	46
Sulfatos (mg/l)	4500-SO E	400	52,00	193,00	70	44,0	43,0	178	46,0	31	178	44,0	36	178	47,0	46,0	27	50,0	55	27,3	49,0	47	24
Hierro Total (mg/L)	3500-Fe D	1	0,36	0,10	0,20	0,23	-	0,1	0,18	-	0,2	0,14	-	0,01	0,19	-	0,01	0,20	-	0,09	0,32	-	0,10
Fluoruro (mg/L)	4500-F D	1,7	0,30	0,30		0,098	-	0,2	0,098	-	0,2	0,098	-	0,20	0,098	-	0,30	0,210	-	0,40	0,10	-	0,20
Nitritos (mg/l)	4500-NO B	NO ₂ + NO ₃ (N) = 10	0,15 [2,28]			2,21	-	0,62		-	0,52		-	0,32	8,82	-	0,52	2,60	-	1,16	6,18	-	1,01
Nitratos (mg/l)	4500-NO B		10,12																				
Dureza Total (mg/L)	2340 C	500	118,15	120,00	88	99,58	76	102	103,56	74	112	104,56	74	104	100,57	74	110	117,50	79	104	104,56	77	110
Alcalinidad (mg/L)	2320 B	NRI	159,28	130,00	132	116,04	102	98	123,55	106	98	128,92	106	98	109,60	106	94	124,63	107	98	127,85	107	96
Minerales Disueltos (mg/L)	---		404,46	416,00				427,4			369,5			427,2			206,7			144,9			202,9
Conductividad Específica a 25 °C	2510 B	NRI	480,98	495,00	532	426,88	363	411	423,33	360	411	442,09	354	411	428,56	374	413	435,37	369	408	429,86	366	402
Cobre Total (mg/L)	3111 B	1,0	0,05		<0,05	0,004	<0,050	-	0,005	<0,050	-	0,006	<0,050	-	0,011	<0,050	-	0,017	<0,050	-	0,016	<0,050	-
Zinc Total (mg/L)		5,0	0,01		0,03	0,005	<0,1	-	0,016	<0,1	-	0,008	<0,1	-	0,008	<0,1	-	0,010	<0,1	-	0,030	<0,1	-
Hierro Total (mg/L)		1,0				0,097	0,31	-	0,097	0,240	-	0,095	0,120	-	0,041	<0,1	-	0,093	<0,1	-	0,087	<0,1	-
Cromo Total (mg/L)		0,05	0,002		<0,05	0,026	<0,050	-	ND	<0,050	-	0,006	<0,050	-	ND	<0,050	-	0,031	<0,050	-	0,005	<0,050	-
Niquel Total (mg/L)		NRI	0,01		0,02	0,009	<0,050	-	0,006	<0,050	-	0,005	<0,050	-	0,004	<0,050	-	0,005	<0,050	-	0,002	<0,050	-
Cadmio Total (mg/L)		0,01			<0,003	-	<0,005	-	-	<0,005	-	-	<0,005	-	-	<0,005	-	-	<0,005	-	-	<0,005	-
Piombo Total (mg/L)		0,05	ND		<0,05	0,021	<0,050	-	0,020	<0,050	-	0,022	<0,050	-	0,014	<0,050	-	0,016	<0,050	-	0,018	<0,050	-
Manganeso Total (mg/L)		0,1	0,07	0,10	0,05	0,095	<0,1	-	0,099	<0,1	-	0,101	<0,1	-	0,003	<0,1	-	0,012	<0,1	-	0,003	<0,1	-

Fuente: INSALUD * DATOS REPORTADOS POR LOS LABORATORIOS MINAMB, HIDROCENTRO, MPPPS.

García 2006, realizó estudios al Lago de Valencia, cuyas aguas reportaron concentraciones mayores de 500 mg/l de sulfato, limitando estas aguas para el consumo humano; Ahora bien, en el Embalse, se realizaron los análisis a distintos puntos de la torre toma y dentro de la Planta, obteniéndose como se muestra en la Tabla N° 4.8 que el valor oscila en de 178 mg/l en los diversos puntos de la torre y de 193mg/l en el grifo e la planta Alejo Zuloaga.

La tabla 4.9 muestra los valores obtenidos de la conductividad en los tributarios en $\mu\text{mohs/cm}$.

Tabla 4.9. Parámetros de la Conductividad en los Tributarios al Embalse y en el Embalse en el periodo 2010, en $\mu\text{mohs/cm}$ *

Ríos	Conductivida Específica a 25°C ($\mu\text{mohs/cm}$)
Río Paíto	487,89
Río Cabreales	313,28
Río Chirgua	429,86
Río Pirapira	428,56
Río Paya	428,56
Río San Pedro la Arenosa	472
Río La Yuca	485,75
Quebrada José Leonardo	514,59
Trasvase el Lago	1783,26
Planta La Mariposa	698
Planta los Guayos	731,54
Embalse Pao Cachinche	495

Fuente: INSALUD 2010

*DATOS REPORTADOS POR LABORATORIOS MINAMB, HIDROCENTRO, MPPS

Los valores obtenidos de conductividad en los tributarios indican que el trasvase del Lago no es agua apta para los peces de agua dulce, ya que presenta un valor de $1,78 \approx 2 \text{ mmhos/cm}$; y se considera que valores mayores o iguales a 2 mmhos/cm son demasiados elevados y es el resultado de la cantidad de sólidos disueltos presentes en el agua, dañando el ecosistema.

En cuanto a la generación de sedimentos anual en el Embalse, se presenta la Figura 4.34 y 4.35 la cual muestra la cantidad de sólido disuelto en tiempo de lluvia; esto se debe a que hay aumento de la escorrentía y por ende el desplazamiento de materiales, se halló por medio del método de estimación de Langbein-Schumm una producción de 4.439,79 Ton/Km²-año; en términos de calidad de agua esta cantidad de sedimentos en suspensión restringen a penetración de la luz solar, afectando los procesos fotosintético que presenta la flora y la vida acuática

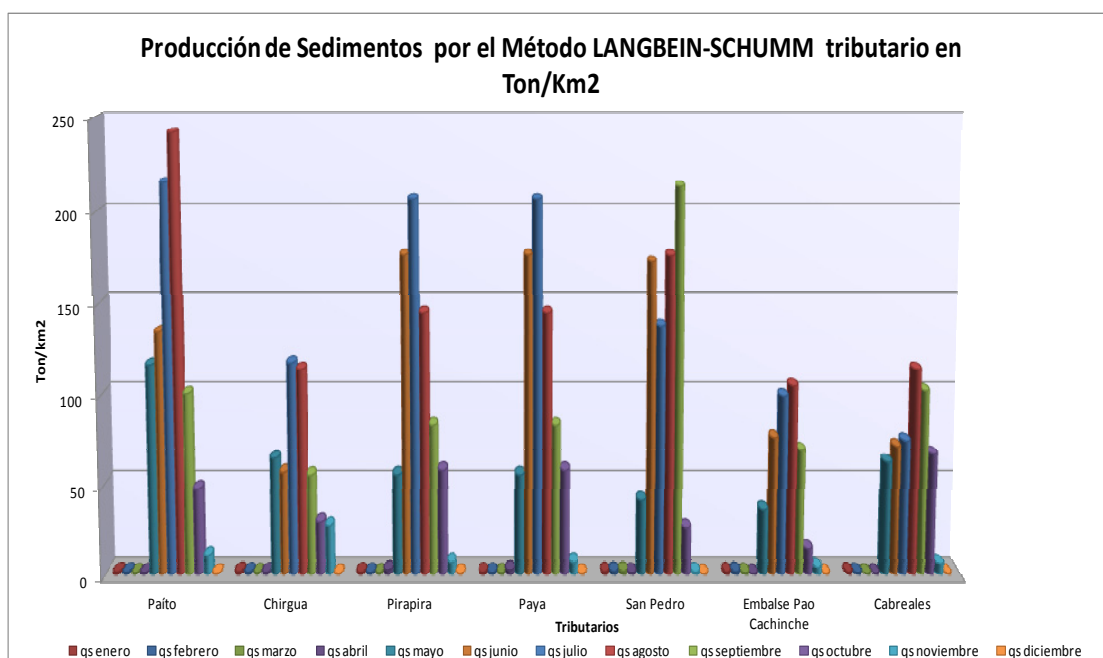


Figura 4.34. Producción de Sedimentos Mensuales por Tributarios. Método Langbein- Schumm. Año 1993 – 2009

a. Aceites y Grasas

La carga másica total de Aceites y minerales vertida al Embalse Pao Cachinche es de 79,81 Kg/día por parte de la mezcla del Trasvase con la Planta de Tratamiento y solo el Trasvase aporta 1343,64 Kg/día, reportándose estos valores en el muestreo realizado en agosto del 2010 por la Comisión Legislativa de la Asamblea Nacional de Venezuela, encabezada por Hidrocentro, Ministerio del Poder Popular para el Ambiente y el de Salud. Ver anexo B.

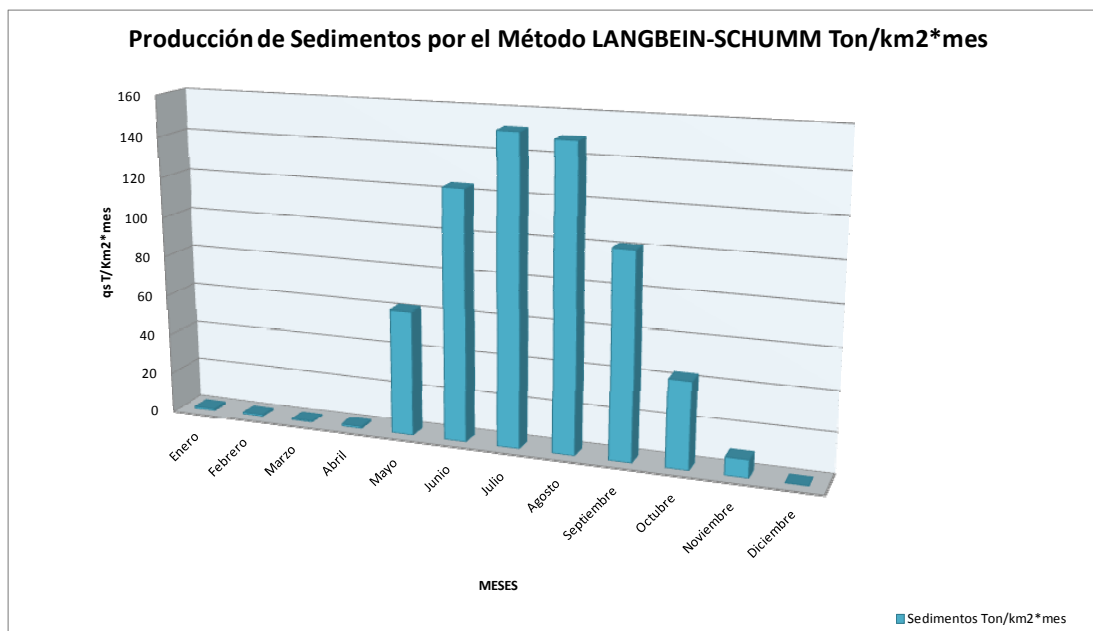


Figura 4.35. Producción de Sedimentos. Promedio mensual. Método Langbein-Schumm. Año 1993 – 2009

Según el Decreto 883, el capítulo II de las Aguas Superficiales Sub tipo 1B el artículo 4 establece que los aceites y minerales tienen como límite 0,3mg/l, y del capítulo III de la sección III, el artículo 10 indica que los aceites minerales e hidrocarburos, así como aceites grasas vegetales y animales, el límite es 20mg/l, observándose algunos valores por encima del permisible, como el canal del Trasvase, la mezcla del Trasvase y la planta de tratamiento Los Guayos con el río Paíto cuyos valores son superiores a lo establecidos, dando un 1366,6 % por encima de lo autorizado, esto como consecuencia de la paralización de las plantas de aguas residuales en su proceso de remoción de los aceites y grasas, además de presentar el sector los guayos vertidos de residuales de curtiembres sin ningún tipo de tratamiento.

b. Detergentes

Los tributarios que presentan el parámetro de Detergente fuera del máximo permisible es la Quebrada José Leonardo, con un reporte de 2,031 mg/l, este valor

se interpretó como se describe la sección III del Decreto 883 de Vertidos Líquidos a Cuerpos de Agua, siendo que este tributario descarga a la fuente principal superficial de agua que es el Embalse Pao Cachinche. Aunado a esto, se obtuvo que las plantas de Tratamiento de Aguas Residuales la Mariposa y los Guayos vierten sus aguas al Embalse Pao Cachinche con un valor de 12,8 mg/l y 8,8 mg/l respectivamente, teniendo entonces un excedente del 540% y 340% respectivamente fuera de los parámetros establecidos en la sección III del Capítulo III del Decreto 883.

Romero (1999) describe a los detergentes como compuestos orgánicos muy solubles en agua utilizados para limpieza, su presencia en aguas reduce el intercambio de gases entre la atmósfera y el agua, disminuyendo la capacidad de reoxigenación. Resalta que el contenido del detergente radica principalmente en tripolifosfato de sodio (fosfato); estos tienen tres funciones básicas para establecer un buen lavado; pero cuando se desecha el detergente fosfatado, los fosfatos que son arrastrados por el drenaje hacia las plantas de tratamiento; en las Figuras N° (4.14 al 4.16) se presentó las Plantas PTAR, las cuales están actualmente sin un adecuado funcionamiento el 50% de estos fosfatos provienen de las aguas negras y el restante se deriva de los desechos humanos, animales y de fertilizantes de fosfato.

c. Metales y otras Sustancias Tóxicas

Metales

Los resultados de las muestras obtenidas durante el recorrido del estudio realizado por la Comisión Legislativa de la Asamblea Nacional de Venezuela, evidencia que, los elementos que presentaron discrepancia según los límites máximos permisibles estipulados en el capítulo II artículo III del Decreto 883 fue el Hierro en el Río Paíto y Río san Pedro La Arenosa cuyos reportes fueron de 2,759mg/l y 2,486mg/l respectivamente, siendo el límite permisible 1mg/l; Manganeso en los siguientes sectores Canal del Tránsito, Mezcla del Tránsito con la

PTAR Los Guayos, Río Paíto y Río San Pedro la Arenosa indicando 0,121mg/l, 0,113mg/l, 0,116mg/l y 0,302 mg/l respectivamente, siendo el límite permisible 0,1 mg/l.

En el caso de la carga másica presente en el Río Paíto, el metal Hierro arrojó 20,04 Kg/día, los siguientes sectores Canal del Trasvase, Mezcla del Trasvase con la PTAR Los Guayos presentaron los valores de 4,17Kg/día, 4,77Kg/día respectivamente; acerca del Manganeseo, el Río Paíto 3,197 Kg/día y el Trasvase como la mezcla del Trasvase con la PTAR Los Guayos dieron valores de 4,53 Kg/día y 5,09 Kg/día.

Cabe destacar que los tributarios son canales de aguas superficiales que se vierten en el Embalse Pao Cachinche por consiguiente estos valores deben ajustarse al capítulo II en lo referente a las aguas superficiales tipo 1B, el elemento Níquel cuyo parámetro no está reglamentado, se obtuvieron valores oscilantes entre 0,01mg/l - 0,05mg/l.

d. Coliformes

En la Figura 4.36, se muestra la evaluación Bacteriológica- Sanitaria realizada al Embalse Pao Cachinche y sus desembocaduras. Los valores más altos de Coliformes Totales están presentes en el Río Cabréales con 3.500.000, el canal del Trasvase con la mezcla de la PTAR Los Guayos con 2.400.000, desembocadura de la convergencia de los Ríos Paya, Paíto y Pirapira con 3.300.000 a 4.300.000, el Río San Pedro la Arenosa con valores oscilantes a los 23.000.

En el recorrido realizado por CLANV (Comisión Legislativa de la Asamblea Nacional de Venezuela) de las muestras obtenidas en los Tributarios del Embalse Pao Cachinche, se ha observado que en general todos los tributarios del Embalse presentan densidades altas de Coliformes Totales y Fecales, pudiéndose afirmar que están contaminados con aguas residuales domésticas y cloacales.

El agua para beber y cocinar debe liberarse de organismos patógenos, como virus, bacterias, protozoarios y helmintos (gusanos); estos no son identificados con facilidad; es por ello que la determinación bacteriológica más frecuente es la que estima la cantidad de microorganismos del grupo coliforme, el cual incluye dos géneros: *Escherichia coli* y *Aerobacter aerogenes*; el análisis de coliformes totales es el que cubre estos dos patógenos y es tomado este análisis como indicador de calidad sanitaria el agua.

La presencia específicamente de coliformes fecales es signo evidente de que hay una contaminación fecal, ya que estos organismos suelen habitar los tractos intestinales de los humanos y cualquier otro mamífero, además el grupo de coliformes sobrevive periodos relativamente largos en aguas naturales.

En el Art. 10 de la Sección III de las descargas a cuerpos de agua, los parámetros biológicos especifican ***“Número más probable de organismos coliformes totales no mayor de 1.000 por cada 100 ml, en el 90% de una serie de muestras consecutivas y en ningún caso será superior a 5.000 por cada 100 ml”***.

Para las aguas subtipo 1B, el Art. 4 especifica ***“Organismos Coliformes Totales promedio mensual menor a 10000 NMP por cada 100 ml”***. Cabe destacar que los tributarios al Embalse se encuentran dentro de la clasificación de las aguas tipo 1B, así mismo la Quebrada José Leonardo Chirino y Río La Yuca, las cuales son consideradas por Hidrocentro y otros entes como depósitos de vertidos líquidos.

Balance Hídrico y de Constituyentes

- ✓ Determinación de las variables hidrológicas que van a requerirse en desarrollo del Balance Hídrico.

a. Precipitación

En la Tabla N°4.10 se muestra la estimación de la precipitación media por tributario al embalse y del embalse según las estaciones, datos suministrados por SINAIHME. De igual modo se describen las características de cada suelo, cobertura

PARÁMETROS	Método	LÍMITES MÁXIMOS O RANGOS (1)	CAÑO JOSÉ LEONARDO CHIRINOS		CAÑO LA YUCA		LÍMITES MÁXIMOS O RANGOS (2)	RÍO CABRIALES (RÍO ARRIBA DEL TRASVACE DEL LAGO DE VALENCIA)		CANAL DE TRASVACE DEL LAGO DE VALENCIA		MEZCLA CANAL DE TRASVACE + SALIDA PTAR LOS GUAYOS		RÍO PAITO SECTOR PTE. LA VIRGEN		RÍO PAITO SECTOR LA ARENOSA	
			HIDROCENTRO	MIN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MIN. P.P. AMBIENTE		HIDROCENTRO	MIN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MIN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MIN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MIN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MIN. P.P. AMBIENTE
Coliformes Totales (Coli. Total / 100 ml)	9221 E	5,000	>160,000	2,400,000	>160,000	2,400,000	Promedio mensual ≤ 10,000	>160,000	3,500,000	35,000	240,000	>160,000	2,400,000	>160,000	230,000	>160,000	23,000
Coliformes Fecales (Coli. Fecal / 100 ml)	9215 B	NR	>160,000	2,400,000	>160,000	2,400,000	NR	>160,000	3,500,000	24,000	240,000	>160,000	2,400,000	>160,000	230,000	>160,000	23,000

Figura 4.36. Evaluación Bacteriológica- Sanitaria realizada al Embalse Pao Cachinche y sus Desembocaduras. Año 2010.

Gaceta Oficial N° 5021, Decreto 883, Art.4, Clasificación Sub-tipo 1 B.

Fuente: Cortesía del MPPS.

Tabla 4.10. Precipitación media por tributarios en mm **

Ríos	CI			CII	CIII							CII	Anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Paíto	14,6267204	13,6168777	11,11678647	12,02486854	116,5143869	125,4096113	166,1657291	181,7150001	107,9373418	76,44167732	38,58623187	7,442253488	871,597485
Chirgua	15,496892	13,5826688	11,14530229	13,38256063	87,63600924	82,64772068	117,044504	115,3137429	81,59543917	61,84659692	59,84883347	5,820439297	665,360709
Pirapira	13,641961	12,4558752	10,74011344	19,26171041	81,73438782	145,9422312	161,5595059	130,3705999	98,67292282	83,40463671	31,91632771	6,593706112	796,293978
Paya	13,641961	12,4558752	10,74011344	19,26171041	81,73438782	145,9422312	161,5595059	130,3705999	98,67292282	83,40463671	31,91632771	6,593706112	796,293978
San Pedro	15,4294338	16,1224568	16,50375662	12,25926004	71,86779275	144,106731	127,0372267	145,8038797	165,1340482	58,73593203	14,20921516	0,633807711	787,84354
Embalse Pao Cachinche	15,2149907	15,6469564	11,80126153	6,582486628	67,68268061	94,82260803	107,2747988	110,2111608	90,71257292	44,71308171	24,59438558	8,669610279	597,926594
Cabreales	14,269889	12,2108495	8,456949114	9,964278598	86,30564691	91,96546828	93,80495291	115,3374099	108,8503262	89,38281586	30,47406878	8,280885201	669,30354
Promedio de Precipitación Efectiva	14,6174068	13,7273657	11,50061184	13,24812504	84,78218458	118,6909431	133,4923176	132,7317704	107,3679391	71,13276818	33,0779129	6,290629743	740,659975

Fuente: PROPIA. **VALORES CALCULADOS A PARTIR DEL MÉTODO SOIL CONSERVATION

vegetal y otros factores para establecer el método del SOIL CONSERVATION obteniendo así la precipitación media efectiva.

Para el cálculo del Balance Hídrico en el Embalse, se han utilizado las series diarias de precipitación, correspondiente al período 1983 -2010 facilitadas por la empresa HIDROCENTRO.

En la tabla 4.11 se presentan los registros de lluvias obtenidos por la empresa HIDROCENTRO.

Tabla 4.11. Precipitación Promedio Mensual y Anual (mm) del Embalse Pao Cachinche*

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Promedio Anual
P Media	7,636	7,768	24,629	88,521	142,562	199,293	213,985	205,486	150,579	117,586	95,093	32,343	1285,479
Porcentaje	0,594	0,60428	1,91591	6,88626	11,0902	15,5034	16,6463	15,9851	11,7138	9,14723	7,39746	2,51602	100

Fuente: HIDROCENTRO

*Dato estadístico suministrado por Hidrocentro

La precipitación media anual para el embalse fluctúa de 736,10 mm a 1604,60 mm, encontrándose que en los meses de diciembre hasta marzo las precipitaciones son inferiores a 32,500mm.

Aquí se aprecia la ocurrencia de dos períodos bien definidos de distribución de la lluvia en el Embalse:

1. Período Seco: se extiende de diciembre hasta el mes de marzo, comportándose el mes de abril como período de transición para lluvia.

2. Período Húmedo: se extiende desde el mes de mayo, hasta el mes de octubre, teniendo al mes de noviembre como mes de transición para sequía.

En la figura 4.37 se muestra el grafico de la precipitación media mensual de los datos mensuales anuales reportados por HIDROCENTRO, conjuntamente con el porcentaje.

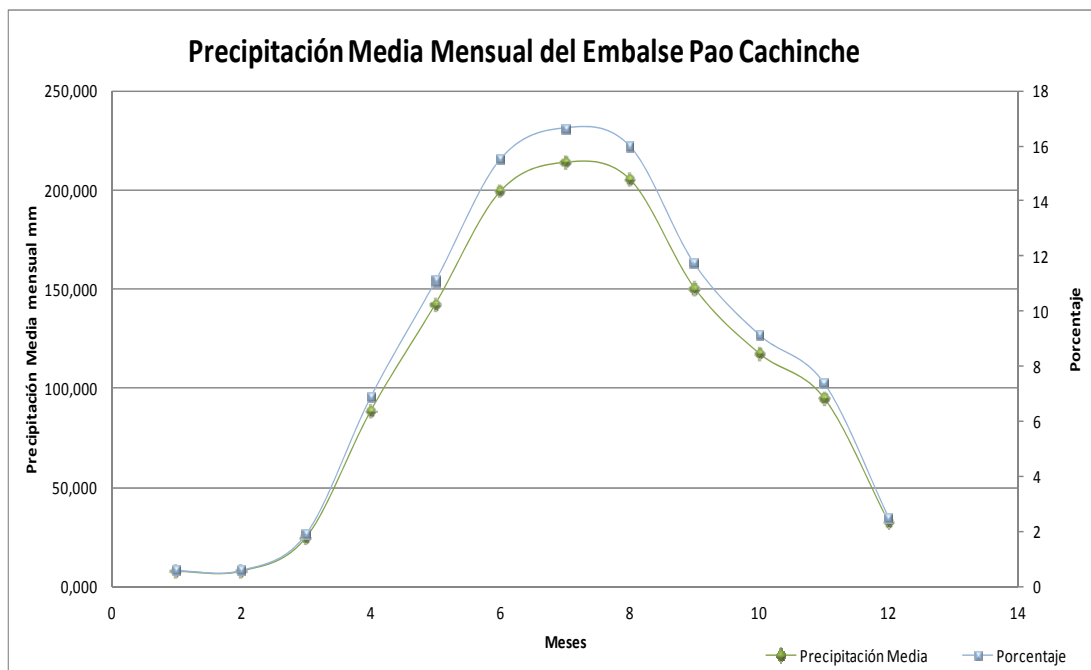


Figura 4.37. Grafico de la Precipitación Media mensual perteneciente al Embalse Pao Cachinche.

Ahora bien, se debe tener en cuenta que el período de estudio es inferior a 30 años, sin embargo muestra períodos con pluviometría media inferior a la habitual, ya que incluye varios períodos de sequía (1983-1984, 1992-1994, 1997-1999, 2005-2009) por el fenómeno del Niño.

La precipitación varía con el tiempo para una misma tormenta, y la duración (tiempo total durante el cual cae la lluvia) varía de una tormenta a otra. Es por ello que adicionalmente se realizó el análisis de Intensidad- Duración – Frecuencia para la Estación Pao, (Aunque este análisis no es necesario en los Estudios de la investigación en el Embalse) con los registros pluviométricos dados por la Empresa HIDROCENTRO obteniéndose lo que muestra la tabla 4.12. Intensidad Máxima para distintas duraciones y periodos de retorno. Estación San Francisco Pao. Para estas curvas se utilizó el modelo matemático expuesto por Guevara (2002)

$$I = \frac{634T^{0,222}}{(D+4)^{0,714}} \quad (1)$$

Con $r = 0,996$

$$I_T = \mu_1 + \sigma_1 K_T \quad (2)$$

Tabla 4.12. Intensidad Máxima para distintas duraciones y periodos de retorno.

Estación San Francisco Pao **

$I_T = \mu_1 + \delta_1 * K_T$						
T	2	5	10	25	50	100
D	60	180	360	540	720	1440
μ_1	120,96	122,88	125,76	128,64	131,52	143,04
δ_1	36,51	40,95	47,61	54,27	60,93	87,57
$(1-(1/T))$	0,5	0,8	0,9	0,96	0,98	0,99
$\ln(1-(1/T))$	-0,69	-0,22	-0,11	-0,04	-0,02	-0,01
KT	-0,16	0,72	1,30	2,04	2,59	3,14
Intensidad Máxima para distintas duraciones (mm/h)						
Tr						
D(horas)	2	5	10	25	50	100
1	114,96	147,23	168,59	195,57	215,60	235,47
3	116,16	152,34	176,30	206,57	229,03	251,32
6	117,94	160,01	187,87	223,06	249,17	275,09
9	119,73	167,68	199,44	239,55	269,32	298,86
12	121,51	175,36	211,00	256,05	289,46	322,63
24	128,66	206,04	257,28	322,02	370,04	417,71

**Cálculos realizados con los datos históricos de precipitación suministrados por Hidrocentro

La intensidad de una tormenta para un período de retorno y duración determinada, permite estimar el hidrograma de creciente en una localización de interés, en este caso es el Embalse Pao Cachinche; en el cual se muestra la relación entre el gasto instantáneo y el tiempo de ocurrencia de una tormenta. Ver figura 4.38.

Para el balance hídrico se tomo en consideración la unidad volumétrica (m^3), es por ello que en la tabla 4.13 se encuentra expresado los valores de precipitación dados por HIDRICENTRO en m^3 según el área de precipitación.

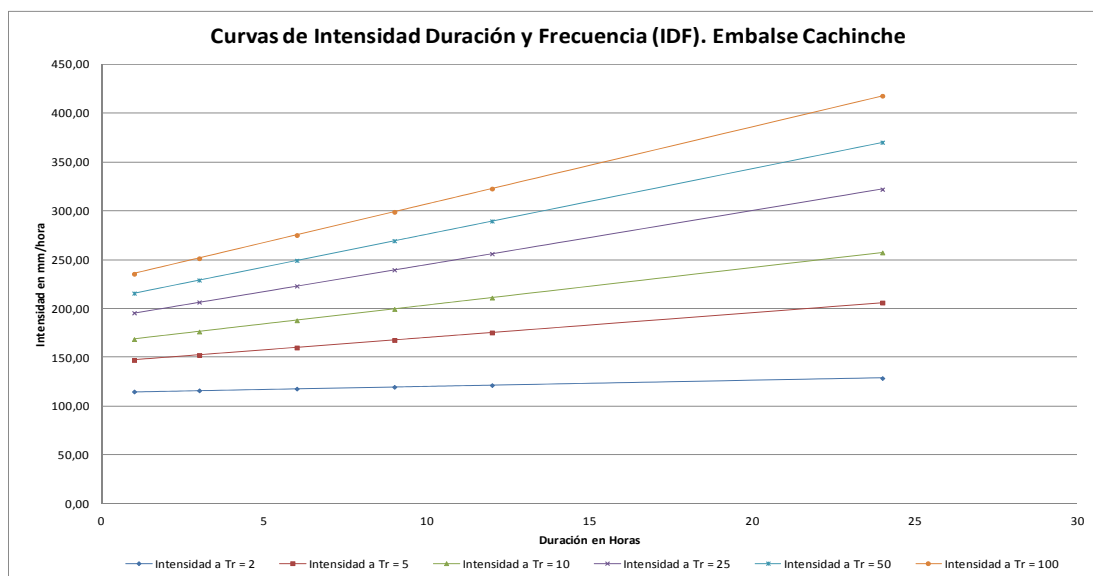


Figura 4.40. Curvas de Intensidad – Duración- Frecuencia. Estación San Francisco Pao

Tabla 4.13. Precipitación a escala volumétrica (m³)*

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual
Promedio	0,003	0,003	0,007	0,072	0,147	0,173	0,305	0,111	0,066	0,050	0,050	0,014	0,110
P Media	3.398,05	2.731,58	6.792,12	72.493,47	147.095,47	172.628,79	304.816,69	111.072,40	66.084,73	49.668,39	50.126,07	13.776,98	83.390,39
Porcentaje	3,10	2,49	6,20	66,15	134,22	157,52	278,14	101,35	60,30	45,32	45,74	12,57	100

Fuente: Datos HIDROCENTRO

*Dato estadístico suministrado por Hidrocentro

b. Evaporación

Según los datos de INAMEH las temperaturas por tributario son las expresadas en la tabla 4.14.

La tabla 4.15 expresa la evapotranspiración potencial para un mes cualquiera con una temperatura media T°C se alcanzó por la ecuación (9) en mm/mes, descrita en el Capítulo II página 40.

Ahora bien la tabla 4.16 muestra la variable EVT en mm, y la figura 4.41 en el mismo orden en mm.

Tabla 4.14. Temperatura por tributarios en °C *

Rios	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Paíto	24,70	25,50	23,70	24,20	23,20	22,60	22,10	22,00	21,00	22,90	22,60	21,20	22,98
Chirgua	21,50	22,20	23,80	24,80	25,60	23,00	21,00	21,50	22,10	22,00	22,00	22,00	22,63
Pirapira	22,10	22,30	23,70	24,20	23,00	22,30	22,00	22,20	23,00	22,70	22,50	22,40	22,70
Paya	22,00	23,00	23,90	24,00	22,10	22,70	23,70	24,10	24,40	25,00	24,60	24,70	23,68
San Pedro	24,20	25,80	23,70	24,10	24,00	24,70	24,10	24,80	25,00	25,00	25,50	24,70	24,63
Embalse Pao Cachinche	25,00	25,60	23,70	24,20	23,00	24,90	25,30	25,00	24,70	25,70	25,20	25,40	24,81
Cabreales	25,00	25,00	25,00	25,40	26,00	25,00	24,40	23,80	24,70	23,70	24,20	23,90	24,68

Fuente: INAMEH

*Dato estadístico suministrado por el Instituto Nacional Meteorológico

Tabla 4.15. Evapotranspiración Potencial (mm/mes) **

Rios	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Paíto	131,027	133,136	128,528	129,758	127,337	125,958	124,852	124,635	122,553	126,641	125,958	122,957	1523,341
Chirgua	123,575	125,070	128,771	131,285	133,407	126,871	122,553	123,575	124,852	124,635	124,635	124,635	1513,864
Pirapira	124,852	125,290	128,528	129,758	126,871	125,290	124,635	125,070	126,871	126,184	125,734	125,511	1514,595
Paya	124,635	126,871	129,016	129,262	124,852	126,184	128,528	129,509	130,261	131,806	130,770	131,027	1542,720
San Pedro	129,758	133,953	128,528	129,509	129,262	131,027	129,509	131,285	131,806	131,806	133,136	131,027	1570,606
Embalse Pao Cachinche	131,806	133,407	128,528	129,758	126,871	131,545	132,600	131,806	131,027	133,680	132,334	132,867	1576,228
Cabreales	131,806	131,806	131,806	132,867	134,506	131,806	130,261	128,771	131,027	128,528	129,758	129,016	1571,958

** Valores obtenidos mediante la aplicación del modelo matemático THORNTHWAITE

Tabla 4.16. Evapotranspiración Actual (mm)**

Rios	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
Paíto	112,828	113,906	132,813	129,758	120,617	115,462	118,262	118,057	102,128	109,052	94,469	95,292	1362,643
Chirgua	106,412	107,004	133,064	131,285	126,366	116,299	116,085	117,053	104,043	107,325	93,476	96,592	1355,003
Pirapira	107,511	107,192	132,813	129,758	120,175	114,849	118,057	118,469	105,726	108,659	94,300	97,271	1354,781
Paya	107,325	108,546	133,316	129,262	118,262	115,669	121,745	122,674	108,551	113,500	98,077	101,546	1378,471
San Pedro	111,736	114,605	132,813	129,509	122,439	120,108	122,674	124,356	109,838	113,500	99,852	101,546	1402,975
Embalse Pao Cachinche	120,881	121,444	151,939	148,390	135,980	125,916	127,936	124,850	109,838	115,113	99,250	102,972	1484,508
Cabreales	113,500	112,767	136,200	132,867	127,407	120,822	123,386	121,975	109,189	110,677	97,319	99,987	1406,096
<i>Promedio</i>	<i>111,4562</i>	<i>112,2091</i>	<i>136,1366</i>	<i>132,9756</i>	<i>124,4638</i>	<i>118,4463</i>	<i>121,1636</i>	<i>121,0619</i>	<i>107,0447</i>	<i>111,1178</i>	<i>96,6777</i>	<i>99,3151</i>	<i>1392,0683</i>
<i>Sumatoria de Evaporación</i>	<i>780,193</i>	<i>785,463</i>	<i>952,956</i>	<i>930,829</i>	<i>871,247</i>	<i>829,124</i>	<i>848,145</i>	<i>847,433</i>	<i>749,313</i>	<i>777,825</i>	<i>676,744</i>	<i>695,205</i>	<i>1396,271987</i>
<i>Promedio de horas luz entre la salida y la puesta del sol para los meses considerados</i>													
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
T (duración Promedio)	10	11	12	12	11	11	11	11	10	10	9	9	
D (número de días mes)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	

** Valores obtenidos mediante la aplicación del modelo matemático THORNTHWAITE

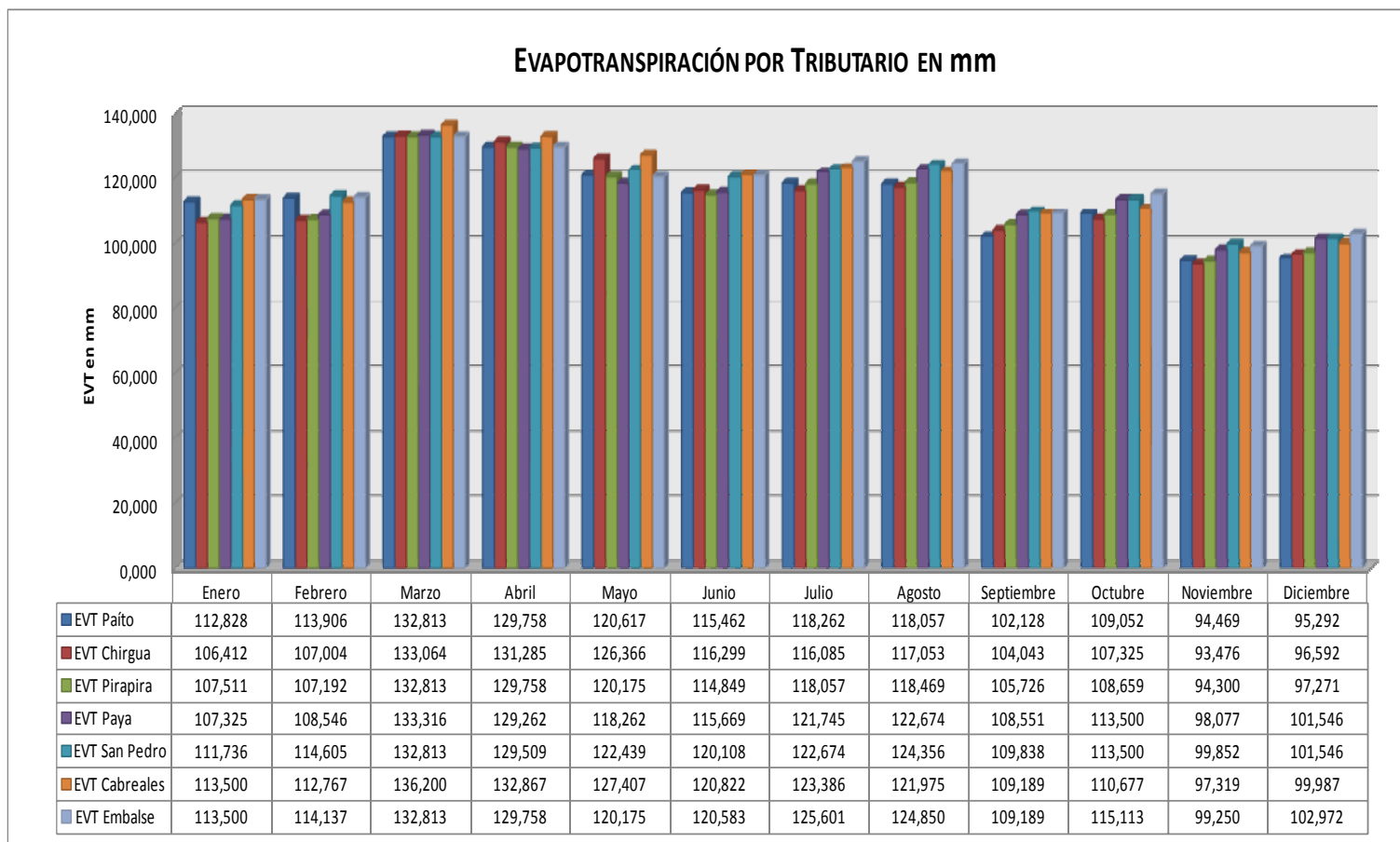


Figura 4.41. Evapotranspiración por Tributario Método de Thorthwaite en mm

HIDROCENTRO estimo los valores de precipitación en unidades volumétricas por área dentro del embalse obteniendo la tabla 4.17

TABLA 4.17. EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL EMBALSE (m³)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total Anual
Prom de EVP	58.247,5	70.275,1	78.046,3	66.278,9	50.393,8	45.190,4	43.699,5	47.649,3	52.060,5	50.936,4	47.262,2	48.407,2	54.870,6
Porcentaje (%)	106,154	128,074	142,237	120,791	91,841	82,358	79,641	86,839	94,879	92,830	86,134	88,221	100

Fuente: HIDROCENTRO

*Dato estadístico suministrado por Hidrocentro

La evapotranspiración potencial mostrada en la tabla 4.17 fue calculada mediante el método de Thorthwaite por presentar datos mensuales. Diversos estudios comparativos realizados por la organización de las Naciones Unidas para la agricultura y alineación (FAO), a partir de evaluaciones de ecuaciones al respecto del parámetro ETP en once localidades con condiciones climáticas y geográficas distintas (Jensen et al. 1990), recomiendan el método de Penman – Monteith como el que ofrece mejores resultados (Allen et al. 1998), solo que para calcular la ETP mediante este método, se presenta la problemática de la obtención de datos para su desarrollo. Para datos mensuales como los que presenta HIDROCENTRO, resulta mejor el método aplicado.

c. Escorrentía Superficial

La escorrentía superficial se ha calculado mediante el método del número de curva del Soil Conservation Service, que trata de determinar la escorrentía superficial directa que genera un aguacero o lluvia aislada de intensidad conocida en cuencas no aforadas.

Se basa en unos coeficientes tabulados (número de curva) que determinan la capacidad que posee la cuenca vertiente de producir escorrentía para un aguacero determinado. Dicha capacidad depende de varios factores inherentes a la cuenca,

como son el tipo de vegetación o cultivo, las prácticas agrícolas, los usos del suelo, la pendiente del terreno, el tipo de suelo, etc. De esta forma mediante sistemas de información geográfica se obtuvo la tabla 4.18 y 4.19, donde se muestra dichos factores.

Tabla 4.18. Factores explícitos inherentes a cada Tributario que desemboca en el Embalse Pao Cachinche °

Ríos	Altitud msnm	Longitud de Cauce (km)	Área de los Ríos (km ²)	% Área	% S	Cobertura Vegetal	Clasificación de los Suelos	Tipo de Suelo	Permeabilidad	Ce Prom
Paíto	600,0000	17,1000	235	0,315587046	2,8400	Cultivos	III	Alfisoles	Impermeables	0,55
Chirgua	850,0000	17,0000	355	0,476737877	1,7100	Pastoreo y Cultivo	IV	Vertisoles	Impermeables	0,525
Pirapira	625,0000	8,5000	41	0,055059868	1,7300	Cultivos Medios	III + VI	Alfisoles + Inceptisoles + ultisoles	Impermeables	0,5
Paya	479,0000	8,6000	33	0,044316479	1,7200	Cultivos Medios	III + VI	Alfisoles + Inceptisoles + ultisoles	Impermeables	0,5
San Pedro	479,0000	5,8000	34	0,045659402	1,1300	Cultivos Medios	III + VI	Alfisoles + Inceptisoles + ultisoles	Impermeables	0,5
Embalse Pao Cachinche	353,0000	45,6000	16,1	0,02162107	3,3000	Bosque	VI	Ultisoles	Impermeables	0,4
Cabreales	600,0000	10,9000	6,544	0,008788092	7,8000	Cultivos Medios	III + VI	Alfisoles + Inceptisoles + ultisoles	Impermeables	0,45
Lago de Valencia (Espejo de Agua)	408,0000	7,5000	24	0,032230166	5,2000	Hierro y Arcilla	VII + VIII	Inceptisoles	Impermeables	0,5

° Datos bibliográficos

Tabla 4.19. Factores explícitos inherentes a cada Tributario que desemboca en el Embalse Pao Cachinche. Continuación

Ríos	CII	CI	CIII	SII	SI	SIII	IaI	IaII	IaIII	SI'	SII'	SIII'
Paíto	62	40,6620862	78,9590255	155,677419	370,660522	67,6858345	74,1321045	31,1354839	13,5371669	296,528418	124,541935	54,1486676
Chirgua	63	41,6955563	79,6591534	149,174603	355,177627	64,8585231	71,0355253	29,8349206	12,9717046	284,142101	119,339683	51,8868185
Pirapira	65	43,8202247	81,0298103	136,769231	325,641026	59,4648829	65,1282051	27,3538462	11,8929766	260,512821	109,415385	47,5719064
Paya	65	43,8202247	81,0298103	136,769231	325,641026	59,4648829	65,1282051	27,3538462	11,8929766	260,512821	109,415385	47,5719064
San Pedro	65	43,8202247	81,0298103	136,769231	325,641026	59,4648829	65,1282051	27,3538462	11,8929766	260,512821	109,415385	47,5719064
Embalse Pao Cachinche	63	41,6955563	79,6591534	149,174603	355,177627	64,8585231	71,0355253	29,8349206	12,9717046	284,142101	119,339683	51,8868185
Cabreales	66	44,9125081	81,7007535	130,848485	311,544012	56,8906456	62,3088023	26,169697	11,3781291	249,235209	104,678788	45,5125165
Lago de Valencia (Espejo de Agua)	59	37,6710246	76,7968308	176,508475	420,258273	76,742815	84,0516546	35,3016949	15,348563	336,206618	141,20678	61,394252

**Valores calculados mediante el método S.C.S de Condiciones Naturales de los Suelos

Tabla 4.20. Precipitación media Efectiva tributarios Método Soil Conservation en mm**

Ríos	CI			CII	CIII							CII	Anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Paito	14,63	13,62	11,12	12,02	116,51	125,41	166,17	181,72	107,94	76,44	38,59	7,44	871,60
Chirgua	15,50	13,58	11,15	13,38	87,64	82,65	117,04	115,31	81,60	61,85	59,85	5,82	665,36
Pirapira	13,64	12,46	10,74	19,26	81,73	145,94	161,56	130,37	98,67	83,40	31,92	6,59	796,29
Paya	13,64	12,46	10,74	19,26	81,73	145,94	161,56	130,37	98,67	83,40	31,92	6,59	796,29
San Pedro	15,43	16,12	16,50	12,26	71,87	144,11	127,04	145,80	165,13	58,74	14,21	0,63	787,84
Embalse Pao Cachinche	15,21	15,65	11,80	6,58	67,68	94,82	107,27	110,21	90,71	44,71	24,59	8,67	597,93
Cabreales	14,27	12,21	8,46	9,96	86,31	91,97	93,80	115,34	108,85	89,38	30,47	8,28	669,30
Promedio de Precipitación Efectiva	14,62	13,73	11,50	13,25	84,78	118,69	133,49	132,73	107,37	71,13	33,08	6,29	740,66

**Valores calculados mediante el método S.C.S

Tabla 4.21. Escorrentía media por tributarios provenientes de la precipitación media anual de las estaciones en mm **

Ríos	CI			CII	CIII							CII	Anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Paito	13,69	12,69	10,20	11,10	115,52	124,42	165,17	180,72	106,95	75,45	37,61	6,56	860,08
Chirgua	14,56	12,65	10,23	12,45	86,65	81,66	116,05	114,32	80,61	60,86	58,87	4,97	653,87
Pirapira	12,71	11,53	9,83	18,31	80,75	144,95	160,57	129,38	97,68	82,42	30,95	5,73	784,79
Paya	12,71	11,53	9,83	18,31	80,75	144,95	160,57	129,38	97,68	82,42	30,95	5,73	784,79
San Pedro	14,49	15,18	15,56	11,33	70,88	143,11	126,05	144,81	164,14	57,75	13,27	0,25	776,83
Embalse Pao Cachinche	14,28	14,71	10,88	5,71	66,70	93,83	106,28	109,22	89,72	43,73	23,63	7,77	586,48
Cabreales	13,34	11,29	7,56	9,06	85,32	90,98	92,82	114,35	107,86	88,39	29,51	7,39	657,84
Q escorrentía Media en mm	13,68	12,80	10,58	12,33	83,79	117,70	132,50	131,74	106,38	70,15	32,11	5,48	729,24

**Valores calculados mediante el método S.C.S

Tabla 4.22. Escorrentía media por tributarios Método Soil Conservation en m³

Ríos	CI			CII	CIII							CII	Anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Rio Paito La Yuca Qda José Leonardo	0,530	0,494	0,403	0,436	4,225	4,548	6,026	6,590	3,914	2,772	1,399	0,270	2,634
Rio Cabreales	0,016	0,014	0,010	0,011	0,098	0,104	0,107	0,131	0,124	0,102	0,035	0,009	0,063
Rio Chirgua	0,849	0,744	0,611	0,733	4,801	4,528	6,412	6,317	4,470	3,388	3,279	0,319	3,038
Rio Pirapira	0,065	0,059	0,051	0,091	0,388	0,693	0,767	0,619	0,468	0,396	0,151	0,031	0,315
Rio Paya	0,087	0,079	0,068	0,123	0,520	0,929	1,028	0,830	0,628	0,531	0,203	0,042	0,422
Rio San Pedro La Arenosa	0,101	0,106	0,108	0,080	0,471	0,945	0,833	0,956	1,083	0,385	0,093	0,004	0,431
Embalse Pao Cachinche	0,034	0,035	0,026	0,015	0,151	0,211	0,239	0,246	0,202	0,100	0,055	0,019	0,111
Escorrentía Media Efectiva en m ³ /s	1,682	1,531	1,277	1,490	10,655	11,958	15,412	15,689	10,890	7,674	5,215	0,695	7,014
Escorrentía Media Efectiva en m ³	4.360.547,77	3.967.856,13	3.310.546,29	3.861.162,60	27.617.388,88	30.995.850,96	39.948.193,51	40.665.215,79	28.226.129,04	19.889.731,38	13.518.159,66	1.801.200,23	18.180.165,19

En la tabla 4.20 se muestra la escorrentía efectiva de los tributarios en mm para la expresión del balance hídrico.

Tabla 4.23. Escorrentía Media Efectiva de los tributarios en mm **

Ríos	CI			CII	CIII							CIV	Anual
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Río Paíto La Yuca Qda José Leonardo	5,851	5,447	4,447	4,810	46,606	50,164	66,466	72,686	43,175	30,577	15,434	2,977	29,053
Río Cabrales	6,421	5,495	3,806	4,484	38,838	41,384	42,212	51,902	48,983	40,222	13,713	3,726	25,099
Río Chirgua	6,199	5,433	4,458	5,353	35,054	33,059	46,818	46,125	32,638	24,739	23,940	2,328	22,179
Río Pirapira	4,093	3,737	3,222	5,779	24,520	43,783	48,468	39,111	29,602	25,021	9,575	1,978	19,907
Río Paya	6,821	6,228	5,370	9,631	40,867	72,971	80,780	65,185	49,336	41,702	15,958	3,297	33,179
Río San Pedro La Arenosa	7,715	8,061	8,252	6,130	35,934	72,053	63,519	72,902	82,567	29,368	7,105	0,317	32,827
Embalse Pao Cachinche	5,325	5,476	4,130	2,304	23,689	33,188	37,546	38,574	31,749	15,650	8,608	3,034	17,440
Escorrentía Media Efectiva en mm	42,424	39,877	33,685	38,490	245,508	346,602	385,809	386,486	318,051	207,279	94,333	17,658	179,683

**Valores calculados mediante el método S.C.S

d. Esguerrimiento o Caudal de Entrada

Para cualquier estudio hidrológico se hace necesario conocer las características del caudal; el cual es el volumen de agua por unidad de tiempo; su registro sistemático se hace en términos de caudal medio diario. Según los datos aportados por la Empresa HIDROCENTRO, la tabla 4.24 y la figura 4.42 muestran los aportes volumétricos realizados por cada tributario, los cuales han sido comparados con el volumen propio del Embalse Pao Cachinche, observando que Cabrales y Paíto presentan los mayores aportes

Tabla 4.24. Aporte de los tributarios al embalse en m³.

Ríos/Embalse	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Embalse Pao Cachinche	3,41E+06	3,34E+06	3,33E+06	3,31E+06	3,41E+06	3,45E+06	3,52E+06	3,69E+06	3,84E+06	3,74E+06	3,18E+06	2,98E+06
Paíto	4,59E+04	4,04E+04	3,83E+04	3,57E+04	1,99E+05	2,27E+05	2,62E+05	3,55E+05	4,20E+05	3,77E+05	5,99E+04	3,38E+04
Cabrales	2,07E+05	1,85E+05	1,76E+05	1,66E+05	1,25E+05	1,33E+05	1,51E+05	2,02E+05	2,68E+05	2,29E+05	2,59E+05	1,58E+05
Chirgua	8,27E+04	7,41E+04	7,06E+04	6,60E+04	3,45E+04	4,10E+04	4,70E+04	6,14E+04	6,66E+04	6,06E+04	1,13E+05	6,29E+04
Pirapira	1,19E+04	1,05E+04	9,97E+03	9,33E+03	2,36E+03	2,63E+03	3,04E+03	4,18E+03	5,05E+03	4,51E+03	1,54E+04	8,80E+03
Paya	6,15E+03	5,42E+03	5,13E+03	4,79E+03	1,92E+03	2,25E+03	2,60E+03	3,44E+03	3,92E+03	3,54E+03	7,96E+03	4,52E+03
La Arenosa	1,18E+04	1,24E+04	1,26E+04	1,17E+04	5,13E+03	4,71E+03	5,52E+03	8,48E+03	1,16E+04	1,01E+04	2,69E+04	1,25E+04
La Yuca	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	6,57E+03	7,82E+03	8,95E+03	1,16E+04	1,22E+04	1,11E+04	0,00E+00	0,00E+00
Qda. J. Leonardo	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	1,75E+04	2,07E+04	2,37E+04	3,09E+04	3,34E+04	3,05E+04	0,00E+00	0,00E+00

Fuente: HIDROCENTRO

Una vez obtenido estos aportes se realizó una comparación entre el volumen del Embalse y los aportes de cada tributario obteniendo la figura desde 4.43.

Para la obtención del caudal de entrada de cada tributario se trabajo con el volumen del Embalse por año y el aporte de cada tributario en porcentaje (dato suministrado por el Dpto. de Captación de la Empresa HIDROCENTRO), obteniéndose la tabla 4.25 de valores de caudal . En anexo A puede observar los valores obtenidos de caudal mediante el porcentaje de transferencia de cada tributario.

Tabla 4.25. Valores de Caudales obtenidos por Tributario m^3/s .**

Ríos	Ce	Área de los Ríos (km^2)	Unidad m^3/s												Anual
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Río Paíto La Yura Qda José Leonardo	0,4	235	0,53	0,47	0,44	0,41	2,58	2,95	3,41	4,60	5,39	4,84	0,69	0,39	2,23
Río Cabrales	0,45	6,54	2,39	2,14	2,04	1,92	1,45	1,53	1,74	2,33	3,10	2,65	2,99	1,83	2,18
Río Chigua	0,4	355	0,96	0,86	0,82	0,76	0,40	0,47	0,54	0,71	0,77	0,70	1,31	0,73	0,75
Río Pirapira	0,3	41	0,14	0,12	0,12	0,11	0,03	0,03	0,04	0,05	0,06	0,05	0,18	0,10	0,08
Río Paya	0,3	33	0,07	0,06	0,06	0,06	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,04	0,09	0,05	0,05
Río San Pedro La Arenosa	0,3	34	0,14	0,14	0,15	0,14	0,06	0,05	0,06	0,10	0,13	0,12	0,31	0,14	0,13
Caudal Suma de ent. Ríos m^3/s			4,22	3,79	3,62	3,39	4,54	5,07	5,82	7,83	9,50	8,41	5,58	3,25	5,42

**Valores calculados

Como se puede observar en los gráficos y datos reportados, el tributario con más aporte es el río Paíto en los tiempos de lluvia, pero en sequía es el Cabrales, el cual presenta casi uniformidad en sus caudales mensuales. Cabe destacar que en valor del caudal del río Paíto en la tabla 4.23, se agregó la mezcla de la PTAR Los Guayos, PTAR La Mariposa y el Traslase.

La subcuenca Pao Cachinche pertenece a la Cuenca del Río Pao y este presenta el patrón característico de los integrantes de la gran Hoya Orinoco.

En estudios anteriores se determina que el aporte de escurrimiento anual que presenta La Subcuenca Pao Cachinche es del 38,77 % del escurrimiento de la cuenca alta y media del Río Pao (Paredes, Franklin; et al., 2008); con los datos actuales y los periodos de sequía que se han manifestado en consecuencia al fenómeno el niño.

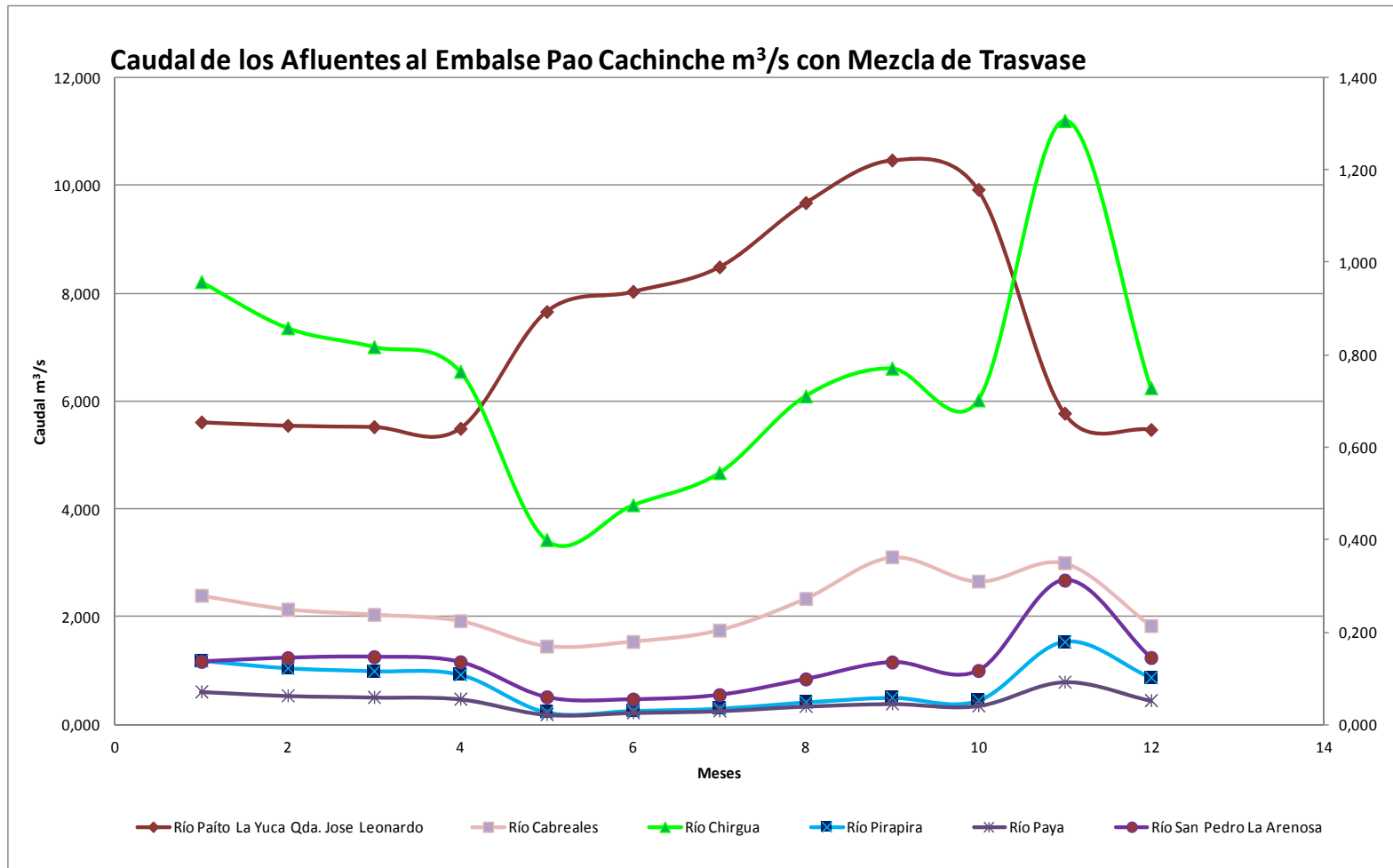


Figura 4.42. Caudal aportado por cada tributario que drenan al Embalse Pao Cachinche con la Inclusión del Trasvase.

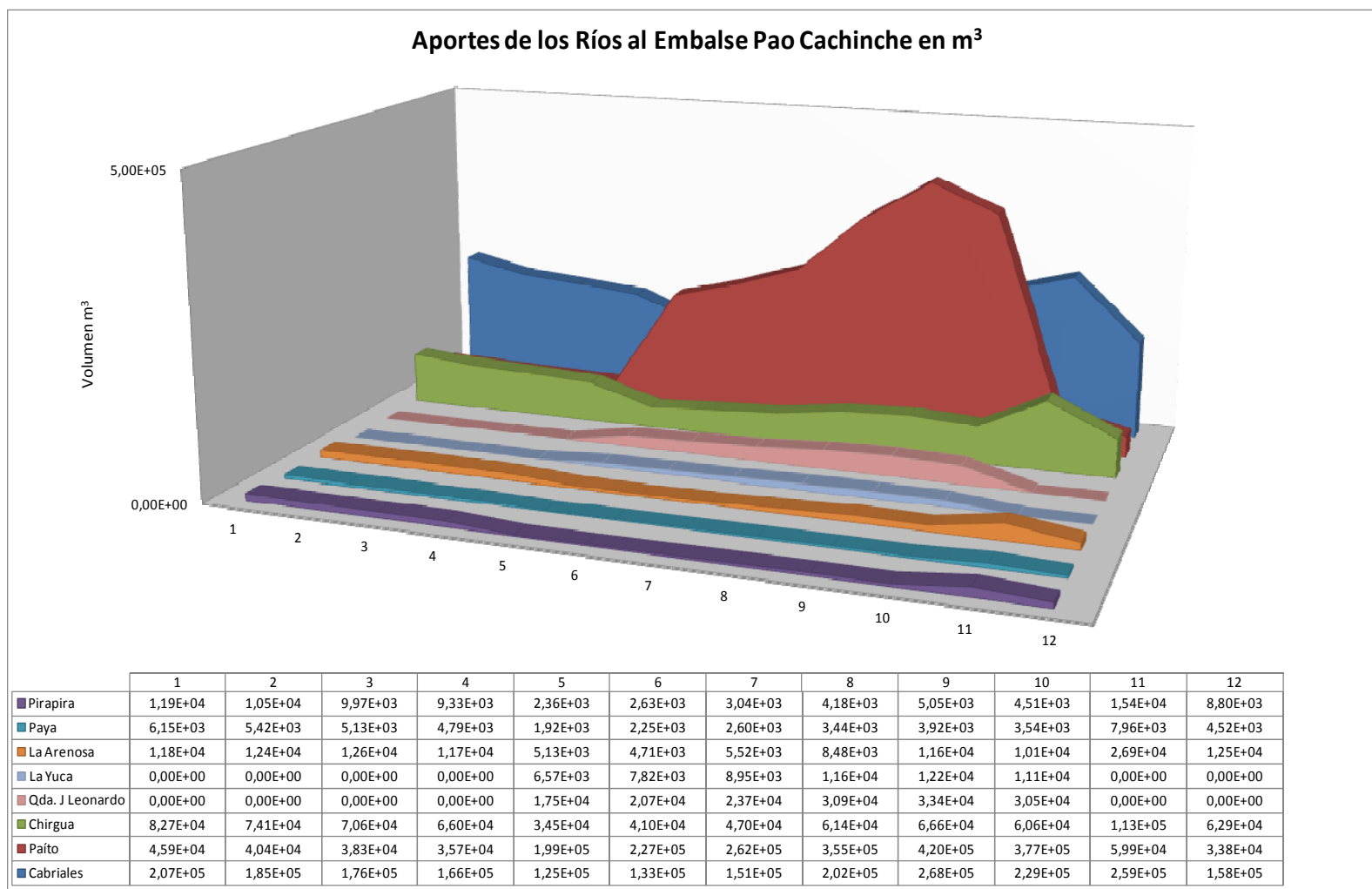


Figura 4.43. Volumen aportado por cada tributario que drenan al Embalse Pao Cachinche.

Se puede inferir que parte del escurrimiento se infiltra en los suelos carentes de humedad, por consiguiente se incrementa la esorrentía subterránea, y esto trae como consecuencia que sea una zona critica ambiental por su fragilidad intrínseca o capacidad de un ecosistema de asimilar resistir y recuperarse del impacto.

Tabla 4.26. Valores de Caudales obtenidos por Tributario adicionando en Paíto Trasvase y PTAR m³/s.**

Ríos	Ce	Área de los Ríos (m ²)	Unidad m ³ /s												Anual
			Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Río Paíto La Yusa Odo José Leonardo	0,4	25000000	5,605	5,542	5,517	5,487	7,654	8,006	8,481	9,673	10,462	9,917	5,767	5,465	7,300
Río Cabreales	0,45	6540000	2,391	2,136	2,037	1,919	1,450	1,534	1,744	2,332	3,104	2,654	2,995	1,829	2,177
Río Chirigua	0,4	35500000	0,958	0,858	0,817	0,764	0,400	0,475	0,544	0,710	0,770	0,702	1,306	0,728	0,753
Río Pirapira	0,3	4000000	0,138	0,122	0,115	0,108	0,027	0,030	0,035	0,048	0,058	0,052	0,179	0,102	0,085
Río Paya	0,3	33000000	0,071	0,063	0,059	0,055	0,022	0,006	0,030	0,040	0,045	0,041	0,092	0,052	0,050
Río San Pedro La Arenosa	0,3	34000000	0,136	0,144	0,146	0,135	0,059	0,055	0,064	0,098	0,135	0,116	0,312	0,144	0,129
Caudal Neto de entrada al Embalse m ³ /s			9,298	8,864	8,692	8,468	9,612	10,146	10,898	12,902	14,575	13,482	10,651	8,321	10,492

**Valores calculados

Por otra parte, se realizó una grafica ubicada en el Anexo A, Figura A.3, titulada Curva de Secuencia de Picos, la cual no pertenece a este estudio, pero es relevante el mencionarla ya que expresa el rendimiento del Embalse; allí se muestra que el Embalse presenta y descenso de su vaso en asa acumulativa motivado a la sequía crítica como resultado del Fenómeno del Niño, el cual se agudiza para los períodos desde (1983-1984, 1992-1994, 1997-1999, 2005-2009), sin embargo para el año 2005 en el mes de abril se observa un incremento en ascenso no detenido producto de los aportes del Río Cabreales y el Trasvase del Lago.

e. Sedimentos

En la tabla 4.27 se muestran los valores en ton/Km²/Año que se obtuvieron aplicando la metodología señalada en el Capítulo III.

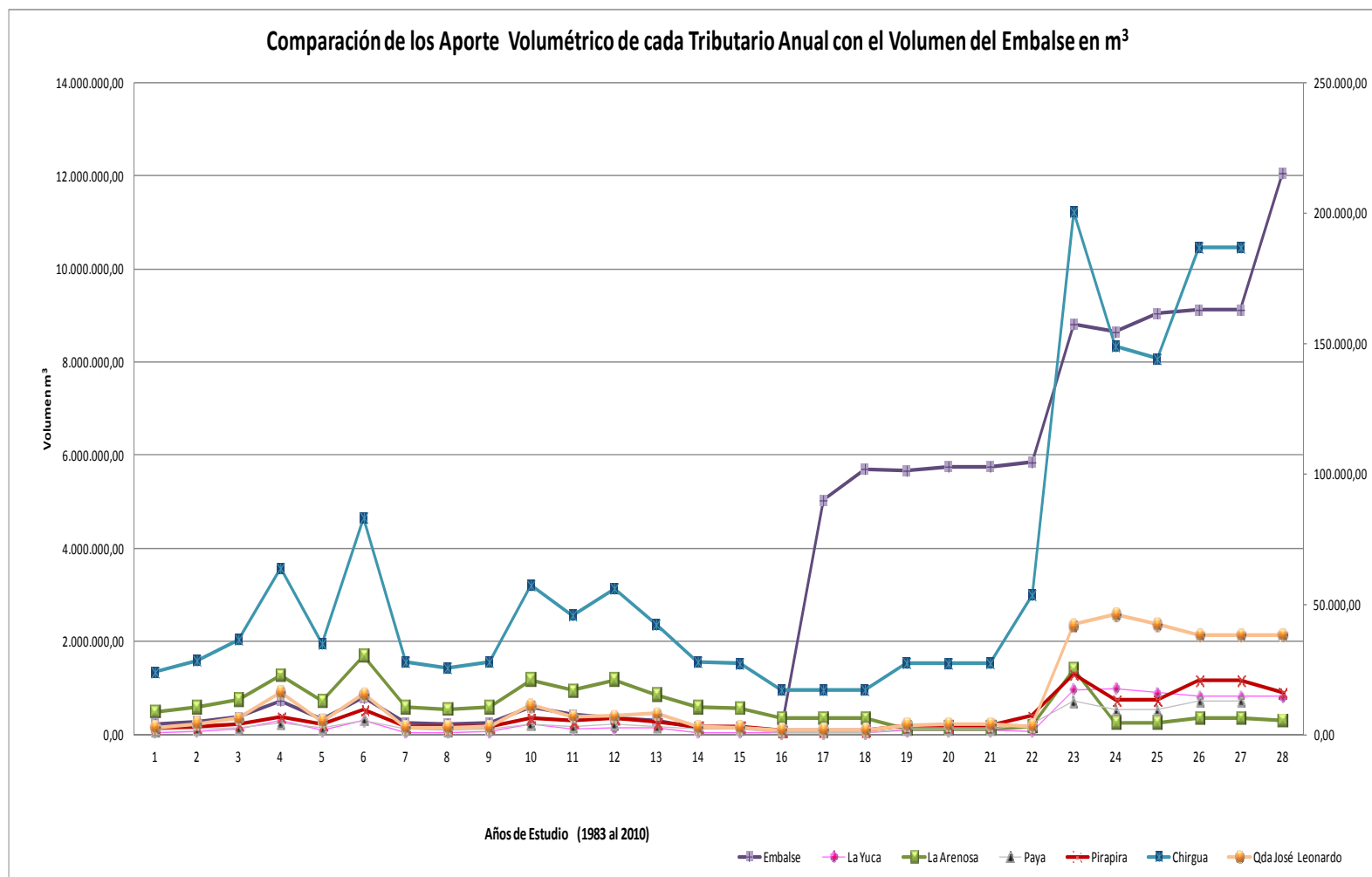


Figura 4.44. Comparación del Volumen aportado por cada Tributario en función del Volumen del Embalse

En estudios realizado por el MARN en el año 1989 reportó que la Sub Cuenca Pao Cachinche presentaba un acarreo de sedimentos en suspensión de 172,92 Ton/Km²/Año. Para este estudio el Río Paíto presentaba un rango de volumen estimado de sólidos bajo ya que la cantidad era menor que 100 Ton/Km²/Año.

Ahora bien, como consecuencia de la precipitación y la escorrentía, se produce denudación y erosión en las cuencas, de forma tal que cantidades considerables de suelo llegan a ríos y en este caso se estima que al embalse, las cuales son transportadas por las corrientes de los tributarios y depositadas cuando disminuye la velocidad.

La aplicación del Método **LANGBEIN- SCHUMM** arrojó lo siguiente:

Tabla 4.27. Producción de Sedimentos por el Método LANGBEIN- SCHUMM acumulado anual ton/millas²/año**

Ríos	CI	CII	CIII							CII	Annual
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Paíto	1,495	1,791	298,791	344,228	550,271	618,384	256,425	122,671	26,089	0,594	2225,932
Chirgua	1,504	2,290	165,420	145,636	301,463	292,759	141,611	76,391	70,933	0,338	1203,924
Pirapira	1,381	5,291	142,139	450,699	528,490	369,952	213,009	148,564	16,883	0,450	1881,194
Paya	1,381	5,291	142,139	450,699	528,490	369,952	213,009	148,564	16,883	0,450	1881,194
San Pedro	3,709	1,872	106,975	441,269	352,648	449,990	545,449	67,986	2,629	0,002	1979,220
Embalse Pao Cachinche	1,715	0,448	93,558	195,848	253,230	267,480	178,179	36,550	9,280	0,844	1043,489
Cabreales	0,797	1,162	160,033	183,491	191,409	292,877	260,847	172,614	15,183	0,759	1283,683
Promedio mensual de sedimentos	1,712	2,592	158,436	315,982	386,572	380,199	258,361	110,477	22,554	0,491	11498,636
Promedio mensual de sed. T/Km ² *mes	0,671	1,017	62,134	123,919	151,603	149,104	101,322	43,326	8,845	0,193	4439,799

**Valores calculados

En la tabla 4.28 se muestran unas cifras al respecto del Río Paíto, este presenta una pérdida anual del suelo de 682,11 ton/Km²/año; el incremento de los sedimentos ha sido elevado en un 7,30% en tan solo 3 años. Esto se debe a que las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales tanto los Guayos como la Mariposa presentan disparidad en su proceso, por consiguiente vierten la mayor cantidad de sólidos en sus canales que llegan al tributario.

Tabla 4.28. Producción de Sedimentos por el Método LANGBEIN- SCHUMM promedio anual ton/Km²/año**

Ríos	Promedio Anual	qs Promedio Anual en Km ²	f	E Promedio Anual T/km ² *año)
Paíto	185,494	71,622	0,105	682,116
Chirgua	100,327	38,738	0,092	421,063
Pirapira	156,766	60,530	0,174	347,873
Paya	156,766	60,530	0,177	341,976
San Pedro	164,935	63,684	0,177	359,796
Embalse Pao Cachinche	86,957	33,576	0,170	197,503
Cabreales	106,974	41,304	0,155	266,478

**Valores calculados

Lo anterior expuesto es corroborado en la tabla 4.29, en esta se muestra desde el año 2005, una constante en aumento de sólidos vertidos dentro del Embalse Pao Cachinche, cuando se comienza a verter el cabreales y un aumento considerable del 471,96 % a partir del 2007 cuando se decide trasvasar el Lago de Valencia.

Tabla 4.29. Producción de Sedimentos por el Método de Fleming promedio anual ton/año**

Caudales Promedios de Sedimentos														qs
Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio
1983	1	170,56	525,01	582,70	228,72	406,22	423,56	405,58	416,27	421,50	396,77	413,91	414,21	484,93
1984	2	228,72	480,29	542,39	514,50	2.407,74	392,03	376,57	387,34	397,64	407,17	387,67	445,33	639,53
1985	3	518,30	531,20	529,03	476,60	403,96	405,45	399,13	385,83	3.686,58	2.108,08	491,62	689,59	900,96
1986	4	461,76	510,40	551,11	491,47	415,58	400,85	1.998,74	4.023,20	9.991,52	7.430,97	2.279,89	486,37	2.216,56
1987	5	475,54	539,48	540,62	524,57	398,28	392,88	374,63	406,61	1.032,77	2.815,18	777,29	557,03	773,35
1988	6	499,37	533,65	580,57	622,85	458,72	374,69	369,85	429,46	15.795,93	8.254,72	6.429,14	1.098,88	2.674,42
1989	7	421,56	515,32	558,08	565,65	453,60	405,65	394,40	398,35	408,63	399,84	466,35	426,54	529,28
1990	8	437,37	463,21	454,78	421,53	364,53	340,62	344,96	374,58	404,07	404,14	409,37	451,77	490,64
1991	9	486,41	492,85	483,52	425,09	407,60	358,90	354,89	357,43	391,26	840,72	555,89	445,26	542,84
1992	10	462,24	501,52	527,53	514,10	381,46	365,05	720,56	7.426,15	4.689,88	2.223,86	2.558,17	813,00	1.656,11
1993	11	472,32	532,32	528,69	462,37	358,30	405,03	419,01	555,37	4.750,15	2.193,24	2.384,66	479,26	1.110,34
1994	12	503,67	527,25	534,74	468,97	403,62	396,66	361,75	393,90	2.065,90	5.558,90	4.556,21	649,23	1.316,20
1995	13	171,60	222,46	201,85	160,65	131,40	96,40	527,64	4.354,16	2.597,77	2.577,21	3.427,93	186,65	1.190,27
1996	14	512,23	519,15	523,57	539,57	419,41	391,36	408,08	434,13	453,89	442,21	426,05	407,03	534,76
1997	15	479,27	451,85	549,04	494,05	436,86	400,51	363,88	419,58	436,83	443,89	429,26	420,58	524,11
1998	16	255,79	258,16	262,91	253,30	258,98	254,78	253,83	250,91	268,89	253,14	248,55	253,31	363,32
1999	17	255,79	258,16	262,91	253,30	258,98	254,78	253,83	250,91	268,89	253,14	248,55	253,31	363,47
2000	18	256,50	260,41	260,72	262,73	253,59	249,91	253,58	255,61	252,38	251,84	250,55	252,21	362,72
2001	19	438,37	489,71	543,10	511,07	437,85	406,46	415,12	385,09	434,89	441,16	402,29	372,40	521,25
2002	20	440,73	501,30	508,21	448,13	403,63	399,27	430,14	448,57	477,46	443,79	399,23	397,02	522,82
2003	21	461,36	499,93	516,44	478,86	485,40	448,29	424,88	440,19	409,66	413,21	372,63	371,95	524,77
2004	22	2.180,86	2.220,23	2.293,20	2.203,54	2.139,90	351,16	13,15	21,77	31,66	46,71	14,15	5,96	967,73
2005	23	3.702,83	3.345,83	2.572,90	3.105,99	6.237,97	7.667,79	9.955,15	14.707,38	7.534,77	6.303,40	8.418,88	5.333,53	5.779,60
2006	24	3.975,65	470,22	442,32	428,47	3.195,04	4.673,57	8.537,47	17.589,43	10.020,56	8.441,62	5.263,73	2.172,49	4.802,90
2007	25	3.659,09	3.372,91	3.016,25	1.909,87	2.826,78	5.905,80	5.740,78	6.977,65	13.403,04	11.741,20	716,80	379,36	4.405,82
2008	26	7.474,54	5.446,10	4.305,78	3.551,03	4.891,51	7.644,58	8.299,09	7.803,85	5.618,35	6.132,15	3.968,70	2.715,91	4.991,83
2009	27	7.474,54	5.446,10	4.305,78	3.551,03	4.891,51	7.644,58	8.299,09	7.803,85	5.618,35	6.132,15	3.968,70	2.715,91	4.991,97
2010	28	2.685,70	2.724,34	2.893,86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	738,71

**Valores calculados

El grafico N° 4.45 y 4.46 muestra el incremento de sedimento total suspendido por mes y por año en el Embalse de Pao Cachinche respectivamente.

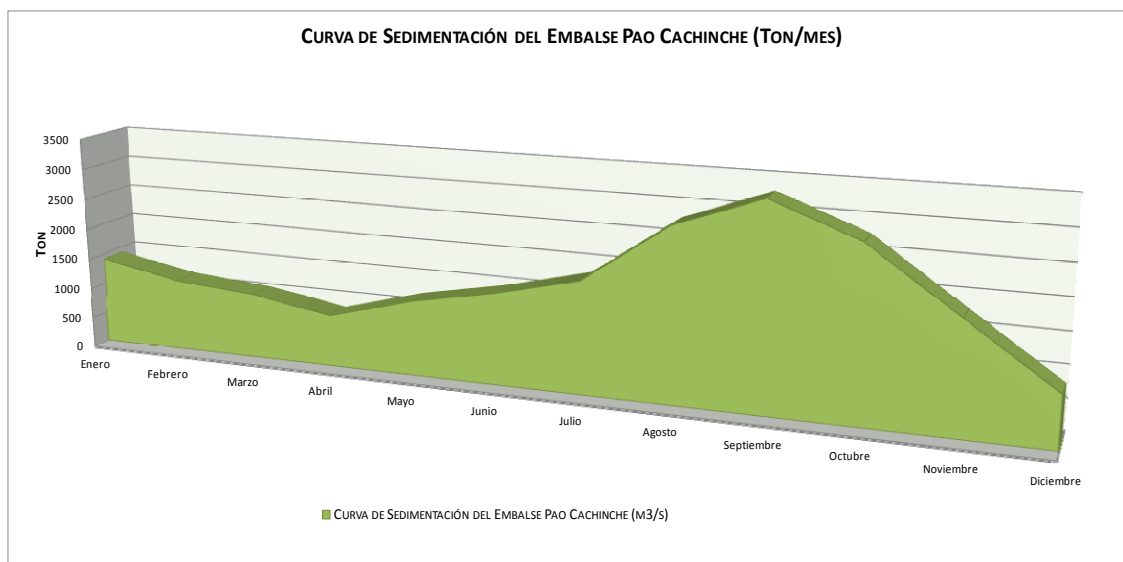


Figura 4.45. Curva de Sedimentación del Embalse Pao Cachinche Método Fleming ton/mes

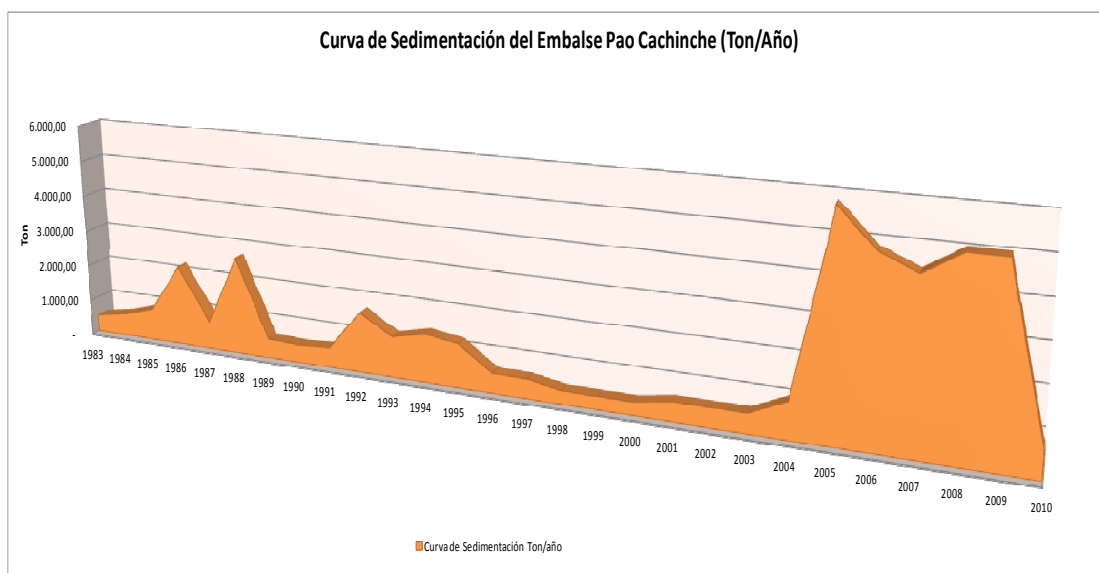


Figura 4.46. Curva de Sedimentación del Embalse Pao Cachinche Método Fleming Ton/año

f. Caudal de Salida

Para establecer el caudal de salida, se indicó el caudal de la Planta de Potabilización Alejo Zuloaga, el cual se obtuvo de los datos suministrados por HIDROCENTRO; Y adicional el caudal ecológico suministrado del Embalse Pao Cachinche a Pao la Balsa. La tabla 4. 30 muestra de forma clara los valores de volumen que se extrae.

Tabla 4.30. Volumen extraído Mensual del Embalse m³ *

Procedencia	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Annual
Caudal a Alejo Zuloaga m ³	7.295.715,19	5.951.967,44	7.295.715,19	6.832.615,68	7.295.715,19	6.832.615,68	7.295.715,19	7.060.369,54	6.832.615,68	9.874.915,19	6.832.615,68	7.060.369,54	86.460.945,16
Caudal de Alivio a Pao Balsa m ³	3.756.085,36	937.674,02	373.712,97	606.488,47	5.049.224,65	38.415.010,86	44.330.593,11	75.409.424,68	82.662.379,58	72.213.066,71	74.783.958,92	27.155.840,30	425.693.459,64
Caudal de Salida Mensual m ³	5.525.900,2759	3.444.820,7304	3.834.714,0807	3.719.552,0751	6.172.469,9177	22.623.813,2723	25.813.154,1478	41.234.897,1074	44.747.497,6317	41.043.990,9462	40.808.287,2998	17.108.104,9165	512.154.404,8031

Fuente: HIDROCENTRO

* Dato histórico suministrado por Hidrocentro

4.1.3.2. Balance Hídrico

Para establecer la expresión final del balance hídrico

$$A = (P + Q_{ent} + Q_{esc}) - (EVT + Q_{sal})$$

Como se puede observar en la tabla 4.23, el balance es positivo de forma ascendente, cabe destacar que el balance presenta una entrada en caudal de gran impacto y continua a partir de 2005, la cual aumenta considerablemente al año 2007 por la entrada del Lago Valencia, es importante destacar, que cuando existe época de sequía durante los periodos ya mencionados anteriormente, el Embalse actúa como una cuenca endorreica, ya que no drena aguas a Pao la Balsa, por consiguiente existe un aumento acelerado de su almacenamiento; y como esta entrada supera a la Evaporación y el Caudal de Salida, contribuye esto a su reservas, en las cuales son depositados cantidades de sólidos en formas distintas. Las tablas 4.31 y 4.32 expresan el balance hídrico en m³ y mm respectivamente; así como también la figura 4.47 muestra gráficamente al balance realizado.

Tabla 4.31. Balance Hídrico en el Embalse Pao Cachinche m³ **

m ³	Variables	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Entradas	P Media m ³	8,90	9,06	28,72	103,22	166,23	232,38	249,51	239,60	175,57	137,10	110,88	37,71	1.498,87
	Qentrada m ³	24.101.644,66	47.169.610.420,49	47.169.610.399,58	47.169.610.374,28	47.169.610.281,68	47.169.610.301,13	47.169.610.347,60	47.169.610.477,20	47.169.610.642,36	47.169.610.545,46	47.169.610.607,57	47.169.610.355,52	518.889.816.397,54
	Qescorrentia m ³	622.935,40	566.836,59	472.935,18	551.594,66	3.945.341,27	4.427.978,71	5.706.884,79	5.809.316,54	4.032.304,15	2.841.390,20	1.931.165,67	257.314,32	256.077.202,40
	Total	24.724.588,96	47.170.177.266,14	47.170.083.363,48	47.170.162.072,15	47.173.555.789,18	47.174.038.512,22	47.175.317.481,90	47.175.420.033,34	47.173.643.122,08	47.172.452.072,76	47.171.541.884,11	47.169.867.707,55	519.145.895.098,81
Salidas	ETP m ³	62.566,72	73.773,36	88.747,78	79.624,18	64.319,23	55.129,76	49.634,91	52.629,95	53.042,76	54.912,81	50.481,18	52.365,68	737.228,31
	Qsalida m ³	5.525.900,2728	3.444.820,7304	3.834.714,0807	3.719.552,0751	6.172.469,9177	22.623.813,2723	25.813.154,1478	41.234.897,1074	44.747.497,6317	41.043.990,9462	40.808.287,2998	17.108.104,9165	256.077.202,3984
	Total	5.588.466,99	3.518.594,09	3.923.461,86	3.799.176,25	6.236.789,15	22.678.943,03	25.862.789,06	41.287.527,06	44.800.540,39	41.098.903,75	40.858.768,48	17.160.470,59	256.814.430,71
Almacenamiento m ³		19.136.121,96	47.166.658.672,05	47.166.159.901,62	47.166.362.895,90	47.167.319.000,03	47.151.359.569,18	47.149.454.692,84	47.134.132.506,28	47.128.842.581,69	47.131.353.169,01	47.130.683.115,63	47.152.707.236,96	518.889.080.668,09

**Valores calculados

Tabla 4.32. Balance Hídrico en el Embalse Pao Cachinche en mm **

mm	Variables	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Entradas	P Media mm	7,636	7,768	24,629	88,521	142,562	199,293	213,985	205,486	150,579	117,586	95,093	32,343	1.285,48
	Qentrada mm	20.741.518,64	40.593.468.520,21	40.593.468.502,22	40.593.468.480,45	40.593.468.400,76	40.593.468.417,50	40.593.468.457,49	40.593.468.569,02	40.593.468.711,15	40.593.468.627,76	40.593.468.681,21	40.593.468.464,30	446.548.895.350,72
	Qescorrentia mm	42,42	655,59	35,63	773,88	245,64	896,63	279,52	883,28	225,02	643,38	108,47	99,39	4.888,84
	Total	20.741.568,70	40.593.469.183,57	40.593.468.562,48	40.593.469.342,85	40.593.468.788,96	40.593.469.513,42	40.593.468.951,00	40.593.469.657,79	40.593.469.086,75	40.593.469.388,73	40.593.468.884,77	40.593.468.596,03	446.548.901.525,04
Salidas	ETP mm	60.981,21	71.903,86	86.498,81	77.606,41	62.689,31	53.732,71	48.377,11	51.296,25	51.698,60	53.521,25	49.201,93	51.038,67	718.546,12
	Qsalida mm	4.755.507,9800	2.964.561,73	3.300.098,18	3.200.991,46	5.311.936,25	19.469.718,82	22.214.418,37	35.486.142,09	38.509.034,11	35.321.851,07	35.119.008,00	14.722.981,86	220.376.249,91
	Total	4.816.489,1902	3.036.465,5859	3.386.596,9886	3.278.597,8692	5.374.625,5538	19.523.451,5330	22.262.795,4775	35.537.438,3411	38.560.732,7055	35.375.372,3262	35.168.209,9310	14.774.020,5260	221.094.796,0282
Almacenamiento mm		15.925.079,5099	40.590.432.717,9814	40.590.081.965,4956	40.590.190.744,9837	40.588.094.163,4041	40.573.946.061,8872	40.571.206.155,5181	40.557.932.219,4444	40.554.908.354,0434	40.558.094.016,4032	40.558.300.674,8376	40.578.694.575,5052	446.327.806.729,0140

**Valores calculados

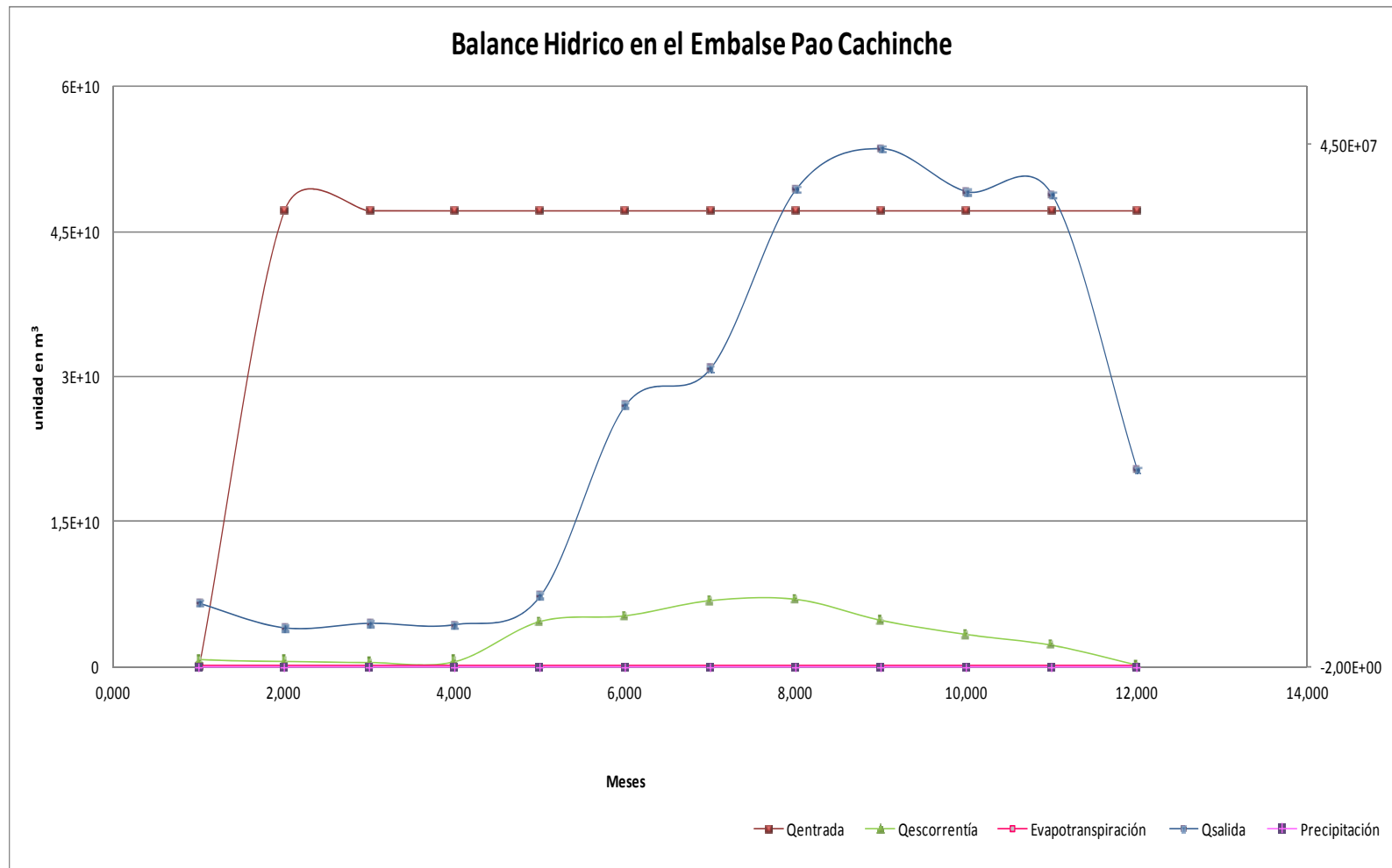


Figura 4.47. Balance Hídrico del Embalse Pao Cachinche en Carabobo - Venezuela

- ✓ Determinación de los constituyentes químicos involucrados en desarrollo del Balance de Constituyentes

Los datos aquí presentados son los registros entregados por tres entes gubernamentales como lo son HIDROCENTRO, Ministerio del Poder Popular para el Ambiente (MPPAMB), Ministerio del Poder Popular para la Salud (MPPS), para ello se hizo recorrido por los tributarios, las Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales y el Embalse Pao Cachinche.

La contaminación del agua resulta de introducir en el medio acuático sustancias, organismos o productos químicos, que afectan la calidad tanto del agua misma como de los hábitats que sustenta, conduciendo a efectos indeseables en los usuarios del agua: no solo seres humanos sino todos los organismos vivos. Los contaminantes del agua pueden incluir sedimentos, aceites y grasas, basura, crecimiento excesivo de algas hongos y bacterias, nutrientes, cambios de temperatura, alteraciones de la química.

Este es el caso del Embalse Pao Cachinche; los daños físicos o estructurales que han ocurrido en el hábitat acuático son motivados a que la tierra, el polvo y otros materiales sólidos entran al embalse. Según el documento emitido por la Comisión para la Cooperativa Ambiental 2011, CEC.ORG sobre el Análisis Especial sobre Emisiones a Aguas Superficiales ***“La biodisponibilidad de las sustancias químicas orgánicas sintéticas (es decir, el grado en que éstas pueden ser asimiladas por un organismo) se puede alterar por la presencia de partículas, con las que las sustancias químicas orgánicas tienden a formar complejos demasiado grandes para pasar a través de membranas como las branquias, la piel o las paredes del tracto digestivo. Dado que las cantidades de partículas disueltas varían de manera considerable de un cuerpo de agua a otro, la biodisponibilidad y la toxicidad de un contaminante pueden fluctuar según las características del agua”***. Es por ello que el flujo de los tributarios (aguas receptoras) influye en la

capacidad de dilución o asimilación del contaminante para atenuar cualquier efecto adverso; esta capacidad varía según se muestren los episodios hidrológicos estacionales, así como también del volumen de la descarga. Otro factor de gran influencia en la contaminación es el tiempo de residencia que presenta el suministro del contaminante, cabe destacar que el Embalse Pao Cachinche viene presentando una contaminación desde alrededor de 1973, año para el cual el escritor Eduardo Duarte redacta el deterioro que sufría el importante depósito del vital líquido. **“RESUMEN”** suplemento dominical El Carabobeño; luego de 4 años Luis Fernando Arocha director del INOS, decide impedir que las aguas del Cabriales fueran a parar al Embalse de la ciudad. ***"SIENDO CACHINCHE LA FUENTE DE ABASTECIMIENTO DE VALENCIA NO PODÍAMOS PERMITIR QUE HACIA ÉL CONCURRIERA NI UN SOLO LITRO DE LAS AGUAS CONTAMINADAS DEL RÍO CABRIALES, NINGÚN DÍA DEL AÑO"***. Para entonces, en él convergían todas las aguas negras de la ciudad, sin tratamiento previo.

Las salidas estuvieron cerradas hasta 2004 aproximadamente. El crecimiento todavía descontrolado de la cota del lago (desde la década de los 70 a la fecha, habría ascendido casi 10 metros) motivó una criticada decisión, tomada por el Ministerio del Ambiente con miras a disminuir el nivel. ***"IRRESPONSABLEMENTE DESVIARON LAS AGUAS DEL CABRIALES Y EL MARURIA HACIA LA CUENCA DE EL PAÍTO"***. Volvía una remesa de aguas no del todo saneada al embalse Pao-Cachinche. Daniel Pabón Art. Del 22 de marzo del 2011 ***"EL CABRÉALES A CACHINCHE: UNA DECISIÓN CUESTIONADA"***.

Ahora bien, en las tablas 4.33, 4.34 y 4.35 se encuentran tabulados los parámetros fisicoquímicos que destacan la calidad de las aguas en mg/l, datos obtenidos a través del Dpto. de Captación de HIDROCENTRO, aunado a la Comisión Legislativa de la Asamblea Nacional para tratar la Contaminación de las Aguas de Cachinche mediante los entes gubernamentales como MPPS, MINAMB e HIDROCENTRO, así mismo en las tablas 4.36 y 4.37 se encuentran los valores extraídos de los promedios mensuales por estación de sequía y lluvia de cada

tributario, al cual se le analizaron sus aguas y conjuntamente con su caudal volumétrico se obtuvieron las tablas de Kg/mes al respecto del conjunto de parámetros en cada tributario; así como las vertientes de entradas al embalse y del propio embalse.

Se muestra en la tabla que la mayor cantidad en masa de contaminantes de todos los parámetros evaluados, lo presenta el Traspase del Lago y las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, cuyos parámetros más importantes fueron la DBO, los fosfatos y sulfatos.

Para el año 1997 al 1999, se realizaron muestreos en los dos brazos del Embalse, cuyos resultados indicaron la presencia de condiciones permanentes de hipoxia y de anoxia a partir de los 7 – 10 m de profundidad y por las altas concentraciones de nutrientes en sus aguas, las cuales permitieron calificarlo como un cuerpo Hipereutrófico (González et al, 2004); cabe enfatizar que para la fecha de esos muestreos el río cabréales tenía desembocaba en el Lago de Valencia, sin embargo el daño al embalse ya había empezado. Ahora bien, 5 años después se ha incrementado los niveles de hipoxia y anoxia haciendo evidente la proliferación de la Bora, la Lemna y un conjunto de bacterias, como es el caso de la bacteria más evidente encontrada en el estudio del Embalse por la Comisión Legislativa Ambiental la Cianobacterias; Estas dominaron durante el periodo de estudio (cuyas muestras fueron recolectadas en periodo de lluvia, ya que los datos de sequía fueron en su mayoría suministrados por HIDROCENTRO).

Las altas temperaturas superficiales ($>28^{\circ}\text{C}$) y la estratificación térmica permanente son características comunes del Embalse Pao Cachinche. (González et al., 2004), esto permitió que se presenten tasas de descomposición en el hipolimnion, restringiendo la vida de peces y otros organismos aeróbicos a vivir en el estrato superficial del Embalse.

Cabe destacar que los valores expresan aguas contaminadas, no correspondientes a la clasificación tipo 1B del Decreto 883; ya que en este Decreto se expresa claramente “Aguas que pueden ser condicionadas por medio de tratamientos convencionales de coagulación, floculación, sedimentación, filtración y cloración”, el cual entre sus parámetros reglamentarios no debe presentar Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) ni Demanda Química de Oxígeno (DQO), así como también Sílice y Níquel entre otros.

Por otro parte, se muestran en las figuras del 4.49 y 4.50 se muestran las variaciones en porcentajes del parámetro fosfato, provenientes de las distintas zonas evaluadas, evidenciándose que el mayor aporte de éste es a través de la Planta de Tratamiento la Mariposa en un 87% en la época de sequía y de 89% en lluvia.

Cabe destacar, que este parámetro deriva como se explico en el capítulo I, de herbicidas, plaguicidas que son vertidos en ríos sin control, y otros detergentes fosfatados, que no son eliminados en la Planta de Tratamiento de Agua Residual la Mariposa por su mal funcionamiento; el alto nivel de estos compuestos promovió la proliferación vegetal excesiva, provocando la aparición de algas cianofíceas en la superficie, creando una capa superficial que impide la penetración de la luz y el intercambio del oxígeno con la atmósfera, de esta forma todo organismo viviente muere; esto trae como consecuencia que la eutrofización presente una elevada producción de la toxina por determinadas algas como los dinoflagelados- mareas rojas, cambios en el sabor y olor de las aguas dentro del reservorio. (Colín Baird, 2001).

Por otra parte en las figura 4.50 y 4.51 se expresan las variaciones en porcentajes del parámetro nitrato, procedentes de las distintas zonas evaluadas, acreditando en un 82% de aporte por parte del Trasvase del Lago de Valencia en época de sequía y un 52% en época de lluvia; tanto los nitratos como los fosfatos se

consideran una fuente de contaminación difusa, ya que su proveniencia es de varias rutas, que se hace imposible controlar.

El exceso de nitrato dentro del embalse procedente del trasvase, tiene su origen en los vertidos líquidos de aguas residuales procedentes de empresas, bien sea, que el proceso industrial maneje estos compuestos como son las de elaboración de químicos, o de la excreta de animales (excretan amoníaco); es decir, excretan el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco, esto es **Nitrificación** (oxidación biológica del amonio al nitrato por microorganismos aerobios, los cuales usan el oxígeno molecular como receptor de electrones) la cual se compone de dos procesos consecutivos, **Nitritación** y **Nitratación**, el primero lo realizan las bacterias **Nitrosomonas** y **Nitrosococcus** y el segundo la bacteria **Nitrobacter**. (Capene, 2006).

El Nitrato. (NO_3^-) naturalmente se reduce en condiciones anaerobias a nitrito, óxido nítrico, óxido nitroso, reduciendo la potabilidad del agua. Esta formación de nitrito es cancerígena, ya que al ser absorbido en la sangre convierte a la hemoglobina en metahemoglobina. La metahemoglobina se caracteriza por inhibir el transporte de oxígeno en la sangre. Aunque la formación de metahemoglobina es un proceso reversible, si puede llegar a provocar la muerte, especialmente en niños ("síndrome del bebé azul"). (Capene, 2006).

Cabe señalar que los nitratos también pueden formar Nitrosaminas y Nitrosamidas compuestos son cancerígenos.

Las figuras 4.53 a la 4.56 se encuentran expresada el porcentaje de sulfato y de cromo, las cuales indican claramente que la procedencia viene de la Planta de Aguas Residuales la Mariposa y del Trasvase, cabe destacar el valor en masa (kg) que entra a través de la Planta la Mariposa al Embalse de Pao Cachinche de sulfato es de 914.184,30 Kg/mes, del Trasvase entran 171.883,50 Kg/mes (ver tabla 4.33) y del Cromo 100,78 Kg/mes. Se resaltó estos valores por la consecuencia que traen al ser humano.

Una combinación del dióxido de azufre con partículas suspendidas, en condiciones favorables para su acumulación y oxidación es responsable de episodios poblacionales, así como del incremento de la morbilidad y la mortalidad en enfermos crónicos del corazón y de las vías respiratorias. Los óxidos de azufre penetran en los pulmones y se convierten en un agente irritante al tracto respiratorio inferior, cuando se absorben en la superficie de las partículas respirables que se inhalan o al disolverse en las gotas de agua que penetran por la misma vía. Los sulfatados son agentes irritantes de tres a cuatro veces más potentes que el dióxido de azufre. Estas pequeñas partículas penetran hasta los pulmones, donde se depositan y si el dióxido de azufre no está ya en forma de sulfato, el ambiente húmedo de los pulmones proporciona las condiciones apropiadas para su oxidación. (Colín Baird, 2006).

Por otra parte, los desechos de productos químicos dentro del embalse como los sulfatos de aluminio provenientes de la Planta Potabilizadora Alejo Zuloaga, quedan permanentemente en el hipolimnion debido a las condiciones de anoxia imperantes en el Embalse



Figura 4.48. Descarga de Lodos Residuales de Sulfato de Aluminio al Embalse Pao Cachinche

FUENTE: DIP. GERMÁN BENEDETTI

FECHA: 08-05-2010

Un Embalse o Lago puede presentar los mayores valores de transparencia del agua durante la época de lluvias, ya que en esta época la concentración de nutrientes se diluye por el aumento de los caudales de los vertidos al mismo. Esto hace que se disminuya así la turbiedad de las aguas, la cual es básicamente de origen biogénico (fitoplancton), lo que es un carácter típico de sistemas eutróficos (Wetzel, 2001). Pero cuando se presenta la época de sequía (En el caso del Embalse periodo de sequía por el fenómeno el Niño), las concentraciones de nutrientes aumentan y con ello la abundancia de las cianobacterias por consiguiente el estado eutrófico. Así, bajo condiciones eutróficas y de estabilidad del agua, se convierte en un estado hipertrófico como lo ha sido el brazo 2 del Embalse ya que dominan las cianobacterias. Estas avasallan por su habilidad de fijar el N atmosférico cuando la relación NT-PT es baja, por monopolizar el amonio como fuente de N y por generar sombra sobre otras algas (Feber et al., 2004).

Es importante el mencionar, que las cianobacterias pueden producir una o varias toxinas potentes como: Dermotoxinas, Neurotoxinas las cuales afectan el sistema neuromuscular. Las Hepatotoxinas, afectan el hígado. Una de las cepas mas toxica es la microcistina, que generan problemas sanitarios y ambientales. Existen más de 70 variantes, la más común es la microcistina LR. Estas pueden ingresar al organismo por ingestión directa de agua con floraciones, por contacto a través de baños, por inhalación por spray o por consumo de animales expuestos a cianotoxinas.

Tabla 4.33. Parámetros de Calidad de las Aguas de los Tributarios y de las Vertidos al Embalse Pao Cachinche en mg/l*

PARÁMETROS	Método	LÍMITES MÁXIMOS O RANGOS (1)	CAÑO JOSÉ LEONARDO CHIRINOS		CAÑO LA YUCA		LÍMITES MÁXIMOS O RANGOS (2)	RIO CABRALES (RIO ARRIBA DEL TRASVASE DEL LAGO DE VALENCIA)		CANAL DE TRASVASE DEL LAGO DE VALENCIA		MEZCLA CANAL DE TRASVASE + SALIDA PTAR LOS GUAYOS		RIO PAITO SECTOR PTE. LA VIRGEN		RIO PAITO SECTOR LA ARENOSA	
			HIROCENRO	MÍN. P.P AMBIENTE	HIROCENRO	MÍN. P.P AMBIENTE		HIROCENRO	MÍN. P.P AMBIENTE	HIROCENRO	MÍN. P.P AMBIENTE	HIROCENRO	MÍN. P.P AMBIENTE	HIROCENRO	MÍN. P.P AMBIENTE	HIROCENRO	MÍN. P.P AMBIENTE
Coliformes Totales (Coli. Total /100 ml)	9221 E	5,000	>160,000	2,400,000	>160,000	2,400,000	Promedio mensual < 10,000	>160,000	3,500,000	35,000	240,000	>160,000	2,400,000	>160,000	230,000	>160,000	23,000
Coliformes Fecales (Coli. Fecal /100 ml)	9215 B	NRI	>160,000	2,400,000	>160,000	2,400,000	NRI	>160,000	3,500,000	24,000	240,000	>160,000	2,400,000	>160,000	230,000	>160,000	23,000
Plantón (org/mL)	10200 F	NRI	10,160		9,360		NRI	4,000		26,960		45,600		19,040		7,760	
OBO ₅ (mg/L)	5210 B	60	34	25	17	10	NRI	5	<5	11	<5	16	6	<5	9	7	
Nitrogeno Amomiacal (mg/L)	4500-NH ₃ D	NRI	12.669	10.88	5.541	4.16	NRI	0.479	1.10	0.679	<0.05	2.578	0.67	0.985	0.70	5.564	3.75
Nitrogeno Total Kjeldahl (mg/L)	4500-Nitro C	40	-	13	-	7	NRI	-	2	-	2	-	5	-	2	-	6
Fosforo Total (mg/L)	4500-P C	10	2.305	1.29	1.242	0.60	NRI	0.303	0.18	1.161	0.89	1.401	0.71	0.477	0.24	0.965	0.50
DQO (mg/L)	5200 D	350	126	94	89	47	NRI	50	28	55	56	151	66	62	49	55	26
Acidos y Grasas (mg/L)	5620 B	20	4.8	<1.0"	3.2	<1.0"	6.3	ND	<1.0	1.6	<1.0	4.4	<1.0	ND	<1.0	ND	<1.0
Detergentes (mg/L)	5540 C	2.0	2.031	1.68	0.970	0.76	1.8	0.234	0.10	0.487	0.18	0.421	0.18	0.468	0.25	0.656	0.14
Sólidos Suspendedos (mg/L)	2540 D	80	7.04	40	54.00	8	NRI	3.16	32	33.33	52	14	88	16.00	8	6.59	12
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	2540 C	NRI	312.96	236	225.97	228	1,900	321.84	160	1,356.67	1,212	1,126	972	359.00	292	318.41	232
Sólidos Totales (mg/L)	2540 B	NRI	320.00	276	310.00	236	NRI	325.00	198	1,390.00	1,264	1,140	1,060	375.00	300	325.00	244
pH (valor)	4500-H B	6-9	7.40	7.28	7.42	7.29	6-8.5	7.52	7.40	8.70	8.67	8.52	8.57	7.69	7.52	7.50	7.47
Cloruros (mg/l)	4500-CL B	1,000	42.40	46	36.98	51	600	24.65	36	73.96	94	73.96	46	24.65	33	4.93	40
Sulfatos (mg/l)	4500-SO E	1,000	7.8	50	12.2	49	400	ND	34	430.4	333	347.4	291	92.2	90	58.6	87
Nitritos (mg/l)	4500-NO B	NO ₂ + NO ₃ (N)	7.33	-	6.00	-	NO ₂ + NO ₃ (N) = 10	6.58	-	6.02	-	16.40	-	4.55	-	5.52	-
Nitrosos (mg/l)	4500-NO B	= 10															
Conductividad Especifica a 25 °C (microhm/cm)	2510 B	NRI	514.59	507	485.75	466	NRI	315.28	294	1,783.26	1,742	1,582.55	1,512	487.89	466	472.68	450
Cobres Total (mg/L)	3111 B	1.0	0.010	<0.050	0.007	<0.050	1.6	0.031	<0.050	0.006	<0.050	0.003	<0.050	0.009	<0.050	0.001	<0.050
Zinc Total (mg/L)		5.0	0.043	<0.100	0.025	0.14	5.0	0.027	<0.100	0.012	<0.100	0.009	<0.100	0.019	<0.100	0.026	<0.100
Hierro Total (mg/L)		10.0	1.5	1.400	0.73	1.8	1.8	0.66	0.218	0.16	0.180	0.10	2.759	2.36	2.486	0.36	
Cromo Total (mg/L)		3.0	0.002	<0.050	0.012	<0.050	0.06	0.002	<0.050	0.004	<0.050	0.010	<0.050	0.006	<0.050	0.004	<0.050
Niquel Total (mg/L)		NRI	0.007	<0.050	0.007	<0.050	NRI	0.008	<0.050	ND	<0.050	ND	<0.050	ND	<0.050	0.009	<0.050
Cadmio Total (mg/L)		0.2	-	<0.005	-	<0.005	0.01	-	<0.005	-	<0.005	-	<0.005	-	<0.005	-	<0.005
Plomo Total (mg/L)		0.5	0.010	<0.050	0.009	<0.050	0.08	0.013	<0.050	0.015	<0.050	0.016	<0.050	0.008	<0.050	0.010	<0.050
Manganeso Total (mg/L)		2.0	0.146	<0.100	0.239	0.11	0.1	0.070	<0.100	0.121	<0.100	0.113	<0.100	0.116	<0.100	0.302	<0.100

(1) Decreto Oficial Nº 5.021, Decreto 883, Sección II, De las descargas a cuerpos de agua.

(2) Decreto Oficial Nº 5.021, Decreto 883, Art. 4, Clasificación Sub-tipo 1 B

Fuente: HIDROCENRO

*Datos suministrados por los Laboratorios de MINAMB, MPPS, Hidrocentro

Tabla 4.34. Evaluación de los Parámetros Fisicoquímicos de la Planta de Tratamiento los Guayos Enero – Julio 2010

FECHA	DBO (5,20) (mg/L)		DQO (mg/L)		FÓSFORO TOTAL (mg/L)		NITRÓGENO (mg/L)		SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)		ACEITES Y GRASAS (mg/L)		DETERGENTE (mg/L)		COLOR REAL (UC. Pt-Co)		TURBEDAD (NTU)		pH	
	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE	AFLUENTE	EFLUENTE
ENERO	153	60	274	166	2.6	1.7	21	14.6	82	50	28	6	104	42	119	133	88	93	7.5	7.2
FEBRERO	390	78	415	201	3	2.7	26.9	13.1	90	77	0	0	48	49	140	91	96	108	7.4	7.2
MARZO	258	45	415	71	5.4	4.2	24.6	24.4	94	58	23	10	90	30	140	186	106	142	7.4	7.2
ABRIL	180	43	390	106	9.1	9.6	25.5	26.1	95	99	10	0	70	78	122	125	124	114	7.6	8.3
MAYO	176	79	350	146	6.7	6.6	15	18.5	101	22	16	0	100	30	94	91	114	85	7.6	7.4
20 JULIO	103	33	179	123	3.635	3.27	22	16	40.4	1.5	4.8	8.8	2.49	0.82	NRD	NRD	NRD	NRD	7.2	7.4
DECRETO 883 (EFLUENTE)		60		350		10		40		80		20		2		500		<250		6 - 9

Fuente: HIDROCENTRO

*Datos suministrados por los Laboratorios de MINAMB, MPPS, Hidrocentro

Tabla 4.35. Evaluación de los Parámetros Fisicoquímicos de la Planta de Tratamiento La Mariposa Enero – Julio 2010

Fecha	DBO(5,20) mg/l		DQO (mg/l)		Fosforo Total (mg/l)		Nitrogeno (mg/l)		Sólido Suspendidos Totales (mg/l)		Aceite y Grasas (mg/l)		Color Real (UC Pt,Co)		Turbiedad (NTU)		PH	
	Efluente I	Efluente II	Efluente I	Efluente II	Efluente I	Efluente II	Efluente I	Efluente II	Efluente I	Efluente II	Efluente I	Efluente II	Efluente I	Efluente II	Efluente I	Efluente II	Efluente I	Efluente II
Enero	58	50	124	98	2,8	2,2	23,7	18	86	16	7	6	119	133	88	93	7,1	7,5
Febrero	49	58	111	136	5,1	7,45	24,1	23,5	108	38	9	9	140	91	96	108	7,3	7,2
Marzo	73	37	108	84	7,5	7,85	27	27,7	88	63	9	9	140	186	106	142	6,9	7,2
Abril	53	50	120	120	4	3,5	24,4	26	92	53	10	6	122	125	124	114	7,2	7,1
Mayo	72	60	151	102	4,3	3,2	24,5	22,2	66	55	8	8	94	91	114	85	7,2	7,4
20-jun	32	19	128	57	5,3	2,465	20	17	11,67	10,71	12,8	8,8	NRD	NRD	NRD	NRD	7,32	7,49
Decreto 883 Afluente	60		360		10		40		80		20		500		<250		6 a 9	

Fuente: HIDROCENTRO

*Datos suministrados por los Laboratorios de MINAMB, MPPS, Hidrocentro

Tabla 4.36. Parámetros de Calidad de las Aguas de los Tributarios y de las Vertidos al Embalse Pao Cachinche en Kg/mes **

Parámetros	DBO ₅ Kg		DQO Kg		FOSFORO Kg		CLORUROS Kg		SULFATOS Kg		CALCIO Kg		MAGNESIO Kg		SILICE Kg		DUREZA TOTAL Kg	
Ríos	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA
Río Paíto	957,26	2.917,20	3.498,57	16.853,57	95,84	98,05	2.016,70	10.402,74	4.075,50	26.110,96	1.760,54	12.470,83	601,64	3.849,17	716,30	919,28	7.073,34	44.766,21
Río Cabreales	2.657,59	2.214,98	4.790,19	4.614,56	124,73	18,45	14.171,31	4.549,95	7.760,11	7.475,58	-	-	-	-	-	-	-	-
Río Chirgua	625,52	311,14	3.831,28	2.229,28	67,32	35,73	4.934,53	1.714,38	5.707,83	2.540,98	3.725,72	1.459,25	1.587,24	425,74	1.514,53	222,47	5.928,76	5.422,15
Río Pirapira	203,86	58,02	638,06	188,56	29,47	2,42	504,39	125,98	682,06	170,44	496,59	102.043,00	142,90	26,28	245,98	36,55	1.836,73	364,69
Río Paya	104,88	47,12	328,28	153,13	15,16	1,97	259,50	102,30	350,91	138,41	255,49	82,87	73,52	21,34	126,55	29,68	944,97	296,16
Río San Pedro la Arenosa	266,78	121,43	849,87	394,66	39,26	5,08	671,84	263,66	908,49	356,72	661,44	213,57	190,34	55,03	327,64	76,50	2.446,47	763,30
Río La Yuca	-	164,83	-	862,94	-	12,04	-	358,55	-	118,29	-	-	-	2,32	-	-	-	-
Quebrada José Leonardo	-	888,00	-	3.290,84	-	60,20	-	1.107,39	-	203,72	-	-	-	3,81	-	-	-	-
Trasvase el Lago	15.956,35	15.956,35	32.752,51	32.752,51	2.971,24	2.971,24	56.796,22	56.796,22	171.883,50	171.883,50	-	-	-	-	-	-	-	-
Planta La Mariposa	159.565,35	159.565,35	504.927,37	504.927,37	5.334,14	5.334,14	299.980,01	299.980,01	914.184,30	914.184,30	53.734,90	53.734,90	9.618,32	9.618,32	7.059,41	7.059,41	372.158,05	372.158,05
Planta los Guayos	120.225,87	120.225,87	9.849,60	9.849,60	65,25	65,25	9.265,19	9.265,19	28.235,52	28.235,52	1.659,67	1.659,67	295,49	295,49	216,69	216,69	11.494,48	11.494,48
Cantidad Adsorbida dentro del Embalse	1,2409E-17	5,2761E-18	3,2697E-10	3,1903E-10	1,62	3,41	283,08	118,40	3,1316E-17	1,3437E-17	4,8371E-03	5,6319E-03	0,3031	0,15	0,40	0,72		
Salida del Embalse	757,42	982,83	1.899,89	2.579,95	84,23	114,37	5.106,17	6.933,93	5.292,54	7.187,01	2.995,48	4.067,72	126,66	172,00	88,66	120,40	11.192,14	15.198,38
Cantidad de Entrada	300.563,45	302.470,29	561.465,73	576.117,03	8.742,42	8.604,58	388.599,69	384.666,36	1.133.788,23	1.151.418,41	62.294,35	171.664,09	12.509,45	14.297,49	10.207,10	8.560,58	401.882,80	435.265,04
Cantidad Acumulada	299.806,03	301.487,46	559.565,84	573.537,08	8.656,57	8.486,80	383.210,43	377.614,03	1.128.495,69	1.144.231,40	59.298,86	167.596,36	12.382,49	14.125,35	10.118,04	8.439,47	390.690,66	420.066,66

**Valores calculados

Tabla 4.37. Parámetros de Calidad de las Aguas de los Tributarios y de las Vertidos al Embalse Pao Cachinche en Kg/mes. **

Parámetros	FOSFATOS Kg		NITRATOS Kg		COBRE Kg		CROMO Kg		HIERRO Kg		MANGANESO Kg		NIQUEL		PLOMO	
Ríos	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA
Río Paíto	109,83	1.134,01	1.582,74	11.460,44	0,25	5,52	0,04	9,50	11,47	601,21	2,66	95,91	0,13	8,27	0,21	6,44
Río Cabreales	58,05	55,92	2.565,62	5.279,05	0,57	5,72	-	0,37	62,27	-	13,41	12,92	-	4,89	-	2,40
Río Chirgua	325,26	166,78	-	1.337,90	0,16	0,83	0,16	0,26	6,10	4,51	0,31	0,16	0,31	0,10	2,19	0,93
Río Pirapira	12,10	15,41	137,62	82,96	0,03	0,04	0,01	-	0,50	0,15	0,51	0,01	0,01	0,10	0,30	0,05
Río Paya	6,23	12,51	70,81	67,37	0,02	0,03	0,01	-	0,25	0,12	0,26	0,01	0,01	0,08	0,15	0,04
Río San Pedro la Arenosa	16,11	32,25	183,31	173,65	0,04	0,08	0,01	-	0,66	0,31	0,67	0,02	0,01	0,20	0,40	0,10
Río La Yuca	-	-	-	255,97	-	0,07	-	0,12	-	13,57	-	2,32	-	0,07	-	0,24
Quebrada José Leonardo	-	-	-	739,13	-	0,26	-	0,05	-	-	-	3,81	-	0,18	-	0,26
Trasvase el Lago	1.771,99	2.939,32	20.566,89	20.566,89	3,36	3,36	100,78	100,78	125,13	125,13	136,04	136,04	-	-	76,42	76,42
Planta La Mariposa	18.602,58	18.602,58	16,15	16,15	100,99	100,99	10,63	10,63	6.734,14	6.734,14	1.009,85	1.009,85	-	-	1.445,69	1.445,69
Planta los Guayos	574,56	574,56	11,12	11,12	3,28	3,28	0,33	0,33	18,06	18,06	16,91	16,91	-	-	18,71	18,71
Cantidad Adsorbida dentro del Embalse	1,62	40,01	24,1667	7,0056	0,1334	0,3155	0,1399	0,3262	0,0230	0,0530	0,0289	0,0128	5,5544E-01	0,01	1,9695E-08	4,4324E-08
Salida del Embalse	308,59	429,99	1.098,31	1.491,45	0,36	0,49	10,86	14,74	20,36	27,64	9,58	12,92	1,36	1,84	8,59	11,67
Cantidad de Entrada	21.476,70	23.533,35	25.134,25	39.990,63	108,70	120,18	111,96	122,03	6.958,57	7.497,19	1.180,63	1.277,96	0,47	13,89	1.544,07	1.551,28
Cantidad Acumulada	21.166,50	23.063,35	24.011,78	38.492,17	108,21	119,37	100,97	106,96	6.938,19	7.469,50	1.171,02	1.265,03	-1,44	12,04	1.535,47	1.539,61

**Valores calculados

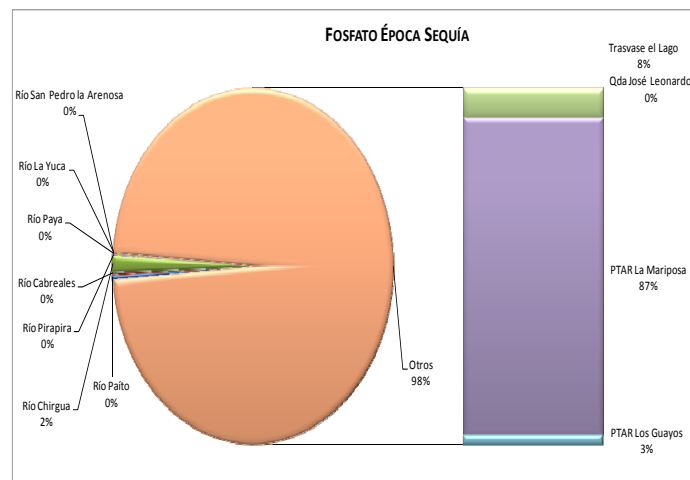


Figura 4.49. Evaluación del Fosfato en sequía

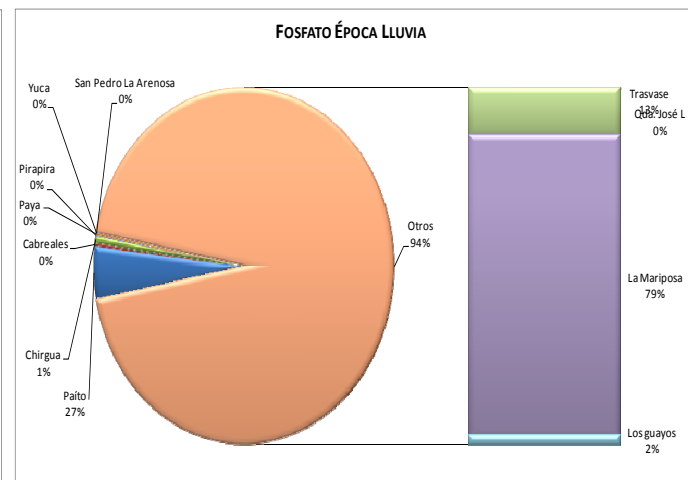


Figura 4.50. Evaluación del Fosfato en lluvia

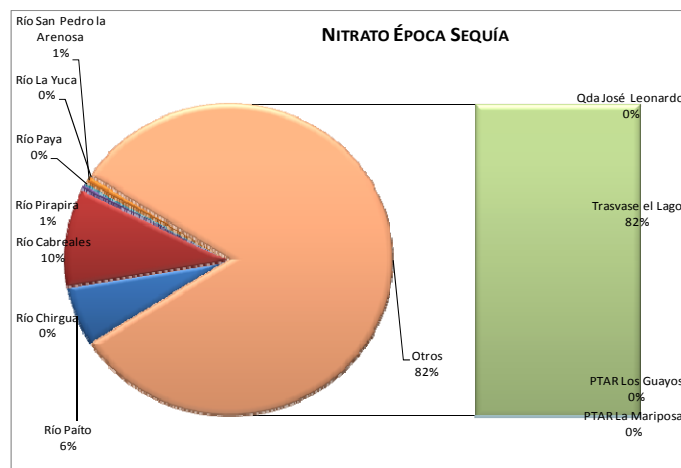


Figura 4.51. Evaluación del Nitrato en sequía

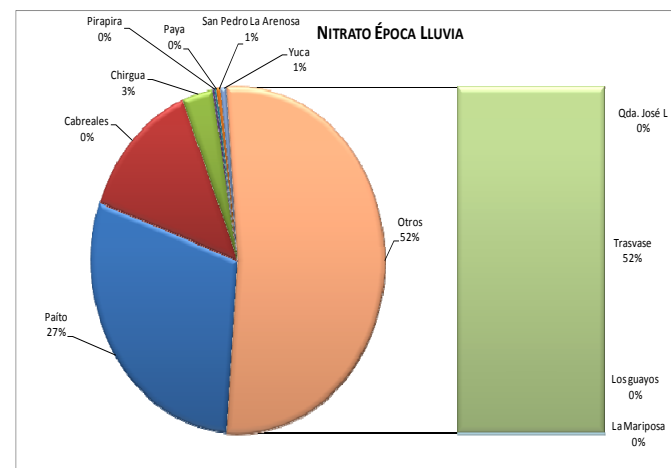


Figura 4.52. Evaluación del Nitrato en lluvia

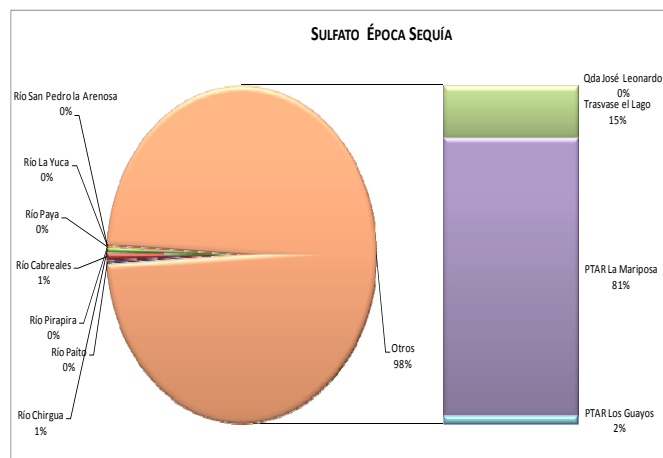


Figura 4.53. Evaluación del Sulfato En Sequía

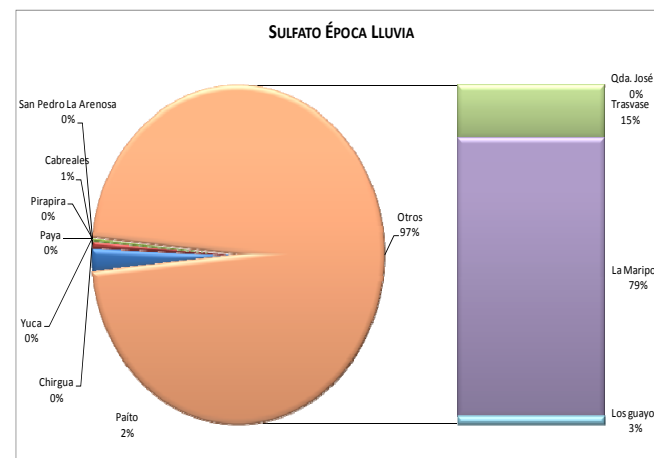


Figura 4.54. Evaluación del Sulfato en Lluvia

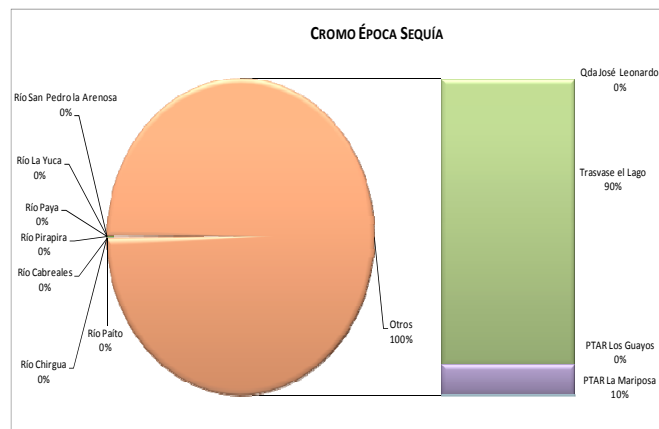


Figura 4.55. Evaluación del Cromo En Sequía

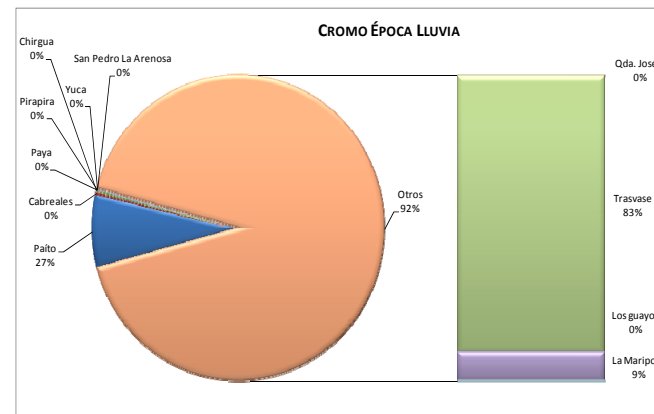


Figura 4.56. Evaluación del Cromo en Lluvia

En la tabla 4.38 se muestra la concentración de adsorción en miligramos por litros que presentó el contaminante al establecerle como pluma estable en un estado estacionario de tiempo y espacio puntal, siguiendo la metodología que se explicó en el capítulo III pagina 50 y en la tabla 4.39 se muestra la concentración de adsorción para una pluma estable en estado no estacionario, donde la concentración varía solo con el tiempo.

Tabla 4.38. Concentración de Adsorción pluma estable estado estacionario **

Concentración de Adsorción en mg/l de Contaminante				
Contaminates	C(x,0,0,t) en tiempo de sequía		C(x,0,0,t) en tiempo de lluvia	
	Cos (mg/l)	Cf (mg/l)	Coll (mg/l)	Cfll(mg/l)
Fosforo	2,96	137,69	2,77	128,86
Cromo	0,04	11,91	0,04	12,34
Hierro	2,36	1,96	2,41	2,01
Nitrato	8,51	2.057,52	12,88	3.112,89
Silice	3,46	34,06	2,76	27,17
Niquel	0,00	0,05	0,00	1,33
Plomo	0,52	0,00	0,50	0,00
Calcio	21,09	0,00	55,27	0,00
Magnesio	4,24	25,81	4,60	28,05
Cloruros	131,57	24.101,40	123,85	22.685,65
Sulfatos	383,88	0,00	370,71	0,00
DBO	101,77	-	97,38	-
Cobre	0,04	11,36	0,04	11,94
Manganeso	0,41	2,46	0,41	2,46
DQO	190,10	0,00	185,48	0,00

Cos: Concentración inicial sequía. Coll: Concentración inicial lluvia

Cf: Concentración final sequía. Cfll: Concentración final lluvia

**Valores calculados

Cabe destacar que las concentraciones que presentan variaciones importantes son las de los nutrientes fosforo, nitratos y los cloruros.

Tabla 4.39. Concentración de Adsorción pluma estable estado no estacionario

Concentración de Adsorción en mg/l de Contaminante (variable en el Tiempo)								
Contaminantes	Cf sequía (mg/l)				Cf Lluvia (mg/l)			
	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años
Fosforo	1.773.299,09	2.507.823,53	3.071.443,89	3.546.597,78	1.659.614,51	2.347.049,27	2.874.536,45	3.319.228,66
Cromo	111.014,04	156.997,30	192.281,32	222.026,98	115.051,69	162.707,38	199.274,70	230.102,22
Hierro	14.198,20	20.079,28	24.592,00	28.396,39	14.545,86	20.570,95	25.194,16	29.091,71
Nitrato	23.999.879,56	33.940.935,95	41.568.963,69	47.999.677,57	36.310.192,29	51.350.337,31	62.891.026,65	72.620.261,20
Silice	331.780,36	469.208,27	574.660,42	663.560,70	264.593,27	374.191,39	458.288,98	529.186,53
Niquel	970,44	1.372,41	1.680,84	1.940,85	27.281,88	38.582,20	47.253,11	54.562,90
Plomo	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
Calcio	14,18	20,05	24,56	28,36	37,16	52,55	64,36	74,32
Magnesio	1.256.882,28	1.777.499,72	2.176.983,37	2.513.763,52	1.365.977,18	1.931.783,19	2.365.941,23	2.731.953,23
Cloruros	166.119.073,69	234.927.828,04	287.726.629,33	332.238.067,00	156.361.020,30	221.127.857,70	270.825.187,80	312.721.964,94
Sulfatos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	107.283,04	151.720,90	185.819,12	214.565,13	112.779,65	159.494,28	195.339,51	225.558,31
Manganeso	30.928,94	43.740,13	53.570,49	61.857,88	30.928,94	43.740,13	53.570,49	61.857,88
DQO	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00

**Valores calculados

Tanto en la tabla 4.38 y 4.39 la concentración de adsorción del contaminante aumenta en el tiempo, esto se debe a que cada metal presenta múltiples reacciones, de una misma base, y como la fuente del contaminante es fija y continua, esto permitió resultados en incremento de la proporción volumétrica del contaminante en el embalse.

En la Tabla 4.40 se visualiza el Balance de constituyentes Químicos dentro del Embalse Pao Cachinche, observándose el contenido sulfatos como primer componente en grado de acumulación en una cifra de 1.128.498,41 Kg/mes para sequía y de 2.575.123,49 Kg/mes para lluvia; así mismo se tiene a los siguientes metales que se acumulan solo en el periodo de lluvia: sílice con 18.994,15 Kg /mes

magnesio 31.789,47 Kg/mes, calcio con 377.180 kg/mes, fosfatos en 19.104kg/mes y cloruros en 849.830 kg/mes., como contaminantes de mayor cantidad acumulada dentro del embalse.

El valor reportado en la tabla 4.37 del parámetro sulfato, puede provenir de la no consideración del flujo de entrada del lodo de sulfato de Aluminio presente dentro del sistema, ya que la muestra para la determinación de la concentración puntual de este compuesto a la entrada del embalse no se tomó; valor que está influyendo en los resultados de la acumulación.

En cuanto al fósforo, este parámetro puede estar acumulándose en época de lluvia, debido a la diversidad de los compuestos del fosforo, ya que por lo general no se determina polifosfatos, que pueden estar presentes dentro del reservorio; la hidrólisis de los complejos del fosfato, es acelerada por enzimas bacterianas en aguas residuales, produciendo un incremento en la concentración de este parámetro; por otra parte, los ortofosfatos inorgánico reactivos y solubles disponibles en plantas y algas, son liberados a su forma inorgánica durante la descomposición de las algas, de forma tan rápida que solo una fracción muy baja está en la superficie y la otra se transfiere en sedimentos o en precipitados de hierro, aluminio y calcio.

Los elementos o trazas que acceden a un río o reservorio, por cualquiera que sea la vía, pueden interactuar con los solutos del agua formando complejos, con partículas orgánicas e inorgánicas o incluso con microorganismos que medran en el reservorio mediante proceso adsorptivos o asimilativos sirviendo de alimento al fitoplancton. Tanto las partículas orgánicas de carácter biogénico (algas, bacterias, microorganismos en general) como inorgánicas (oxihidroxidos de hierro, manganeso, carbonato cálcico y silicatos aluminosos) pueden actuar secuestrando químicamente y movilizandolos elementos reactivos; esto ocasiona en las cercanías de la interface agua – sedimento condiciones anoxicas que implican precipitación y

disolución afectando directamente a todo el conjunto de trazas involucradas en reservorio. (J.M. Rodríguez 1999).

Al respecto de los metales y las partículas sedimentables, la distribución de estos en la fase acuosa y particulada hace que ocurran reacciones dentro del reservorio (embalse Pao Cachinche), que propicie una afinidad del ión metálico para la formación de un complejo, o por los ligandos del soluto; en este caso los compuestos dentro del embalse que propician una acumulación del sulfato en masa son las siguientes: El sulfato cúprico (CuSO_4), complejo sulfato cúprico con amoníaco ($[\text{CuSO}_4].\text{NH}_3$), sulfato de hierro $[\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3]$, sulfato de manganeso $\text{Mn}(\text{SO}_4)_2$.

Cabe destacar que las emisiones directas a aguas superficiales no son la única fuente de contaminación, aunque no se realizó el estudio de las aguas subterráneas para este balance, se puede decir que las aguas subterráneas mueven los contaminantes de manera eficaz. Cortes de suministro, gradientes hidráulicos, así como la irrigación y suministro de agua potable, hacen complejo la contaminación del agua.

Las escorrentías de fuentes no puntuales o difusas, como los campos de producción agrícola o animal como las cochineras, las industrias como las de curtiembres han introducido cantidades de contaminantes (metales) a los sistemas de aguas residuales. Las aguas de lluvia y de drenaje provenientes de fuentes difusa contienen cantidades significativas de contaminantes que afectan la salud, un ejemplo de esto es que un 76,2% de las casas muestreadas en la Michelena presentan niveles de plomo en agua en el grifo superiores a los límites permisibles por la Legislación Venezolana; esta agua se vierte a los canales y aumenta su concentración cuando llega a las plantas de aguas residuales.

Los tanques de sedimentación y los estanques han recibido agua de lluvia aunado al agua de canaletas de aéreas industriales y urbanas, realizando el tratamiento y liberándola lentamente a un sistema de drenaje; pero estos sistemas

han sido saturado por paralización de obras, personal, falta de operatividad y han liberado el agua del sistema antes de recibir tratamiento ocasionando que la contaminación del Embalse agudice.

En las desembocaduras de convergencia de los ríos Paya, Paíto y Pirapira, el pH fue de 8,47, en la desembocadura del río de Chirgua, el pH fue de 8,14, el Trasvase del Lago presentó un pH de 8,69 y en la salida de la planta de los Guayos se obtuvo un pH de 8,79 y en la salida de planta la Mariposa de 8,9, dentro del embalse las aguas presentaron un pH de 6,00 a 6,3; en este punto, es de importancia resaltar la disminución brusca de este pH que viene con cierta alcalinidad y disminuye ésta para pasar a un estado de acidez leve, esto se debe a la cantidad de lodos residuales de sulfato de aluminio $[Al_2(SO_4)_3]$ que son vertidos directamente al embalse, originando diferentes tipos de reacciones con los metales involucrados de mayor concentración dentro del mismo.

Como se explicó en el párrafo 3 de la página() de este capítulo, existen múltiples reacciones que pueden estar ocurriendo; siendo que la superficie del embalse presenta eutrofización, existe la presencia de microorganismos que su superficie adsorbe químicamente a iones metálicos variados como el cobre (Cu^{2+}), plomo (Pb^{2+}), níquel (Ni^{2+}), una vez que este microorganismo muere sus elementos constitutivos son mineralizados en la columna de agua, si esta adsorción es mínima, genera una acumulación de iones metálicos produciendo reacciones colaterales entre elementos formadores de sales ácidas, o complejos éstas permiten el establecimiento de aguas ácidas, donde la reacción pasa de los sulfatos (provenientes de los lodos residuales de la planta de potabilización) desprendidos por la acción del aire y agua a formar sulfuros de hierro (FeS_2), expuestos al medio, a su vez este, puede oxidarse naturalmente por la acción del medio y formar Ión Férrico Fe^{+3} . (J.M. Rodríguez, 1999).

La dureza total (representada por el carbonato cálcico formado mediante las concentraciones de calcio (Ca^{2+}) y el carbonato proveniente de la interacción entre el dióxido de carbono y el agua) puede adsorber los metales pesados, así como los fosfatos; sin embargo, la baja superficie específica de los cristales de carbonato, hace que su contribución a proceso regulador global sea pequeña (J.M. Rodríguez, 1999).

Al respecto de la DBO y DQO, la tabla 4.42 presenta los valores obtenidos en concentración (mg/l) de cada uno a la entrada y salida, observándose en la acumulación valores que no pertenecen a la clasificación de las Aguas tipo 1A y 1B; el decreto 883 establece los Valores Guías para fuentes superficiales, que pueden ser ajustadas por procesos convencionales de potabilización, en donde DBO_5 es de 2,5 mg/l, DQO es de 15mg/l O_2 , ahora bien, los valores que indica la columna de salida del embalse fueron tomados en la torre toma, pudiendo inferir que estos valores disminuyeron por la aireación artificial que presenta el embalse alrededor de la torre toma, y la aireación natural producida por la caída de gravedad que presenta el cauce al entrar a la compuerta de la torre, degradando así la materia orgánica. El valor de la acumulación de DBO indica que el embalse presenta un estado anoxico, que requiere con urgencia mayor suministro de oxígeno dentro de los brazos del embalse.

Tabla 4.42. Parámetro DBO y DQO. Comparación con Decreto 883

Parametro	Unid. mg/L que entran el embalse		Unid. mg/L que salen en el embalse		Unid. mg/L que se acumula en el embalse		Parametros Clasificación Aguas subtipo 1A y 1B unid. mg/L	Parametros Clasificación de Vertidos Líquidos unid. mg/L Dec. 883 Sección III *
	EPOCA DE SEQUÍA**	EPOCA DE LLUVIA**	EPOCA DE SEQUÍA*	EPOCA DE LLUVIA*	EPOCA DE SEQUÍA**	EPOCA DE LLUVIA**		
DBO_5 mg/l.	25,5895	57,9551	0,0645	0,1883	25,5250	57,7668	NA	60
DQO mg/l	47,8023	110,3875	0,1618	0,4943	47,6406	109,8931	NA	350

*Dato suministrado por los Laboratorios de MPPS, Hidrocentro, MINANB

**Valores calculados

En la tabla 4.39 se realizó una comparación entre los valores obtenidos acumulados dentro del embalse y los parámetros establecidos en el Decreto 883 de las Normas para la Clasificación y el Control de la Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos; donde se muestra que, para este tipo de agua (Clasificación 1B) los resultados obtenidos se encuentran fuera de la normativa; es decir, los parámetros de fósforos, calcio, magnesio, sílice, fosfatos, hierro, níquel y plomo no están contemplados como parámetros dentro del agua tipo 1B sino como parámetros de vertidos de aguas residuales.

Los metales se pueden encontrar en aguas superficiales en sus formas iónicas estables, pueden reaccionar con otros iones para formar productos peligrosos. A menudo están implicados en reacciones de transferencia electrónica en las que el oxígeno está presente. Esto puede llevar a la formación de oxí-radicales tóxicos; a su vez, los metales pueden formar metaloides y luego unirse a compuestos orgánicos para formar sustancias lipófilas (esto es insoluble en agua y solubles en disolventes orgánicos), que frecuentemente son altamente tóxicas. (Nalco, 1991).

Los metales pueden tener dos opciones; o que se transformen en compuestos de tipo complejo o que migren en diferentes direcciones, los cuales sean transportados a la planta potabilizadora y no sean eliminados por la misma, ya que la planta no está adecuada para este tipo de elementos a purificar, como consecuencia, los metales pueden unirse a macromoléculas celulares en el cuerpo humano, o de animales y establecerse el proceso de bioacumulación.

Tabla 4.40. Balance de Constituyentes Químicos en el Embalse Pao Cachinche en Kg / mes **

Balance por Parametros	Kg/mes que entra al Embalse Pao		Unid. Kg/mes que se absorbe el embalse		Unid. Kg/mes que salen en el embalse		Unid. Kg/mes que se acumula en el embalse	
	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA
Fósforos Kg	8.742,42	8.604,58	1,6E+03	3,41E+00	84,23	257,39	7.040,96	19.104,03
Cloruros Kg	388.599,69	384.666,36	2,8E+05	2,66E+02	5.106,18	15.605,00	100.409,02	849.830,51
Sulfatos Kg	1.133.788,23	1.151.418,41	3,1E-17	3,02E-17	5.292,55	16.174,56	1.128.498,41	2.575.123,49
Calcio Kg	62.294,35	171.664,09	4,8E-03	1,27E-02	2.995,49	9.154,51	59.299,00	377.180,12
Magnesio Kg	12.509,45	14.297,49	3,0E+02	3,29E-01	126,66	387,08	12.079,67	31.789,47
Silice Kg	10.207,10	8.560,58	4,0E+02	7,18E-01	88,66	270,96	9.718,36	18.994,15
Fosfatos Kg	21.476,70	23.533,35	1,6E+03	4,00E+01	308,59	967,70	19.550,92	51,90
Nitratos Kg	25.134,25	39.990,63	2,4E+04	7,01E+00	1.098,31	3.356,55	-130,79	86,63
Cobre Kg	108,70	120,18	1,3E+02	3,16E-01	0,36	1,11	-25,03	0,27
Cromo Kg	111,96	122,03	1,4E+02	3,26E-01	10,86	33,18	-38,75	0,24
Hierro Kg	6.958,57	7.497,19	2,3E+01	5,30E-02	20,36	62,21	6.915,23	16,81
Manganeso Kg	1.180,63	1.277,96	2,9E+01	2,89E-02	9,58	29,07	1.142,16	2,85
Niquel Kg	0,47	13,89	5,6E-01	1,56E-02	1,36	4,15	-1,44	0,03
Plomo Kg	1.544,07	1.551,28	2,0E-05	4,43E-08	8,59	26,27	1.535,48	3,46

**Valores calculados

Tal como lo expresa Donald Voet et. al., 2006) ***“LOS METALES NO PUEDEN SER ROTOS EN COMPONENTES MENOS PELIGROSOS, PORQUE NO SON BIO-DEGRADABLES. LA ÚNICA OPORTUNIDAD QUE TIENEN LOS ORGANISMOS CONTRA LOS METALES ES ALMACENARLOS EN TEJIDOS CORPORALES DONDE NO PUEDAN CAUSAR NINGÚN DAÑO CUANDO SU CONCENTRACIÓN ES DESPRECIABLE O TOLERANTE AL CUERPO RECEPTOR.”***

La distancia con que viajan depende de la estabilidad, el estado físico del contaminante y de la velocidad del flujo del río. Los contaminantes viajan mayores distancias cuando están disueltos en un río de flujo rápido. Las concentraciones en un lugar son entonces generalmente bajas, pero el contaminante puede ser detectado en muchos más sitios que si no hubiera sido transportado tan fácilmente, (Feber et al., 2004). En el embalse los contaminantes son transportados por las corrientes que son producidas por los vientos.

Ahora bien, según Nalco (1991), el agua es una consecuencia de la polaridad, es el efecto hidrófobo. En el proceso de formación de los agregados con moléculas cargadas el agua excluye activamente a las sustancias apolares. Esto conduce a la formación de bicapas fosfolipídicas, que contribuyen al movimiento de los contaminantes hidrófobos a través de las membranas. El nivel de hidrofobicidad está determinado por el coeficiente de relación agua/octanol. La concentración de un compuesto en octanol se divide por la concentración en agua. Cuanto mayor sea el número que resulta de esta operación, más hidrófobo será el compuesto en cuestión.

La permanencia de un compuesto en el agua viene también determinada por su presión de vapor, ésta es la tendencia de un líquido o sólido a volatilizarse y aumenta cuando se eleva la temperatura, ya que se incrementa la energía cinética de las moléculas de la superficie.

Tabla 4.41. Comparación de los Constituyentes Químicos Acumulados en el Embalse Pao Cachinche con la Gaceta 5.833. Decreto 883.

Balance por Parametros	Unid. mg/L que se acumula en el embalse		Parametros Clasificación Aguas subtipo 1A y 1B unid. mg/L	Parametros Clasificación de Vertidos Líquidos unid. mg/L Dec. 883 Sección III
	EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA		
Fósforos mg/l	0,5995	1,3368	NA	10
Cloruros mg/l	8,5486	49,6901	600	1000
Sulfatos mg/l	96,0784	219,2415	400	1000
Calcio mg/l	5,0482	32,1114	NA	NA
Magnesio mg/l	1,0284	2,6785	NA	NA
Silice mg/l	0,8274	1,5561	NA	NA
Fosfatos mg/l	1,8021	4,4191	NA	NA
Nitratos mg/l	2,0443	7,3753	10	10
Cobre mg/l	0,0092	0,0229	1	1
Cromo mg/l	0,0086	0,0205	0,05	2
Hierro mg/l	0,5907	1,4312	1	10
Manganeso mg/l	0,0997	0,2424	0,1	2
Niquel mg/l	0	0,0023	NA	NA
Plomo mg/l	0,1307	0,2950	0,05	0,5

Entonces más moléculas de la solución acuosa tienen tendencia a evaporarse, lo que significa que ya no están en disolución; es decir, la tendencia al escape o “fugacidad” de una sustancia determina su movimiento de un compartimento a otro.

Por otra parte La estabilidad molecular es un factor que determina el tiempo que un compuesto químico permanece en el ambiente y las distancias que puede recorrer. Augue (2006). En el medio ambiente, los procesos físicos y químicos tales como hidrólisis y oxidación, rompen los compuestos químicos. La ruptura no está solamente determinada por la estabilidad del compuesto químico, sino también por factores ambientales como temperatura, nivel de radiación solar, pH y naturaleza de la sustancia absorbente. Por ejemplo, el pH del agua determina la solubilidad en ésta de los metales. A veces no es posible la biotransformación de un compuesto por medio de su ruptura, porque puede dar lugar a un incremento de la toxicidad del compuesto.

En la figura 4.57 4,58 se observa el balance de los constituyentes químicos que presenta el Embalse Pao Cachinche en mg/l en sequía y lluvia respectivamente. Valores transformados de la tabla 4.40 del Balance en unidades de Kg.

4.2. Análisis de la Situación Ambiental del Embalse Pao Cachinche

El desarrollo de las Sociedades ha hecho inevitable el uso de los recursos, estos son agotables, limitados.

Los efectos climáticos, así como los cambios en el uso de la tierra pueden concretar un efecto hidrológico dentro de lo que es el área de la Cuenca, en este caso la Cuenca del Río Pao; la cual se divide en dos microcuencas: La microcuenca Pao Cachinche y la microcuenca Pao La Balsa.

En Pao Cachinche, los efectos hidrológicos críticos que ocurren como consecuencia del mal uso de los recursos naturales es la contaminación del Embalse

Pao Cachinche; una de las causas de estos efectos hidrológicos fue la deforestación, ya que incremento la escorrentía superficial, la erosión y el lavado de los nutrientes del suelo y como consecuencial sedimentación de los cauces de los ríos.

Otra causa fue el uso de fertilizantes y pesticidas en las actividades agrícolas y agropecuarias, cabe destacar que la zona de Pao es muy agrícola y se practica en muchas zonas la avicultura y puericultura, lo que lleva a la excreta de orina y heces tanto de cochineras como de gallineros. También hay población rural sin sistemas cloacales por consiguiente la escorrentía superficial de esa área contendrá sedimentos, sales, virus, bacterias y otros organismos patógenos.

La contaminación que presenta el río Paíto mediante los enlatados, vidrios rotos, botellas, papel, restos de materiales de construcción, plásticos, restos de alimenticios, animales muertos, insectos, excrementos, son también participes de la degradación de estos ríos y del embalse.

Todo esto conlleva a la obtención de una morfología de los cauces, que a su vez ocasiona cambios en los flujos de los ríos, incremento en la temperatura y reducción del oxígeno disuelto, y por término la hipereutrofización del embalse.

Otro factor dentro de la contaminación ha sido la variabilidad climática la cual ha afectado toda condición medio ambiental imaginable e inimaginable; desde los años 1982 se ha presentado un fenómeno de sequía denominado el Niño que no sola ha afectado la población Venezolana sino casi toda Suramérica.

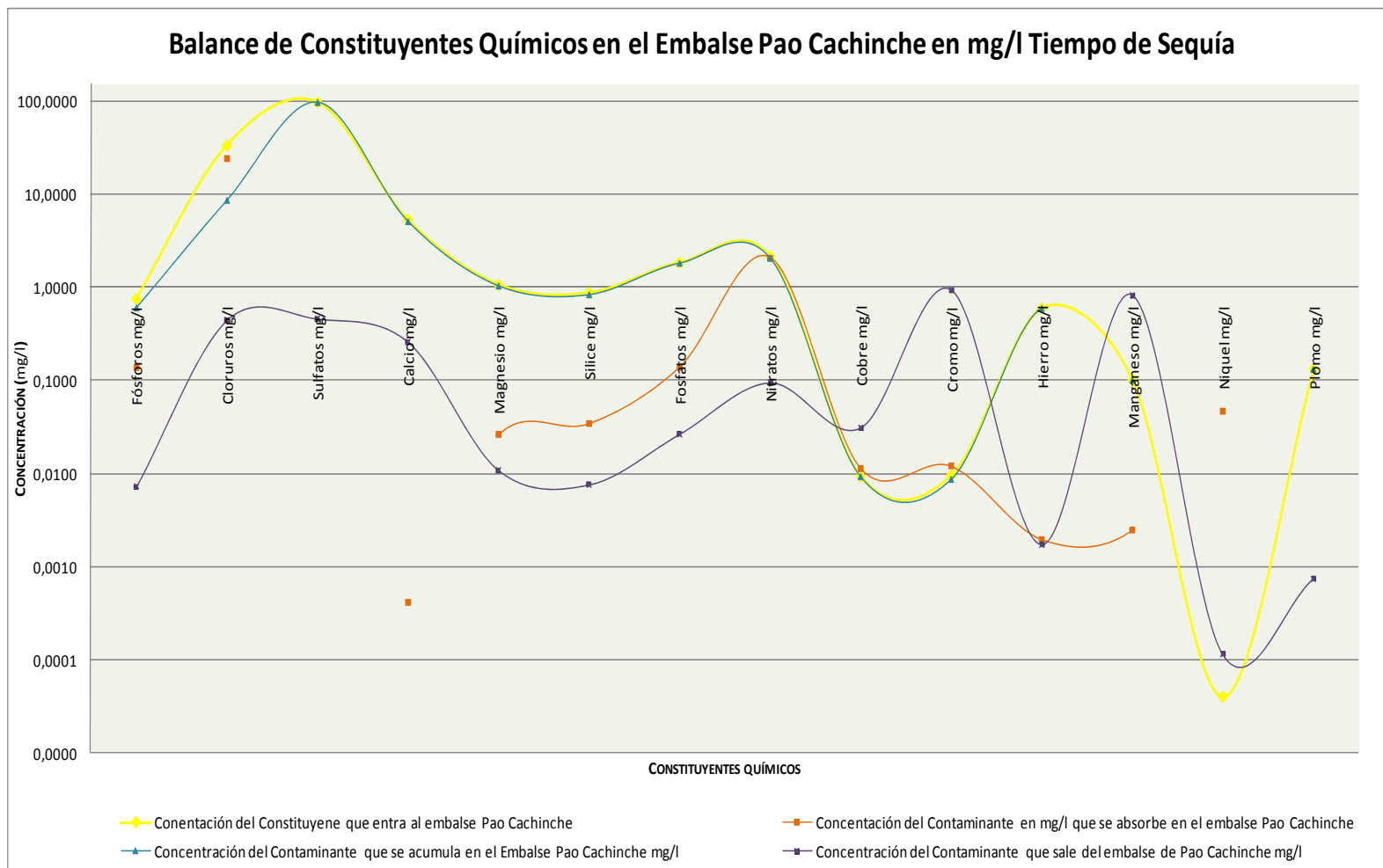


Figura 4.57 Balance de Constituyentes Químicos en el Embalse Pao Cachinche en tiempo de sequía (estado estacionario)

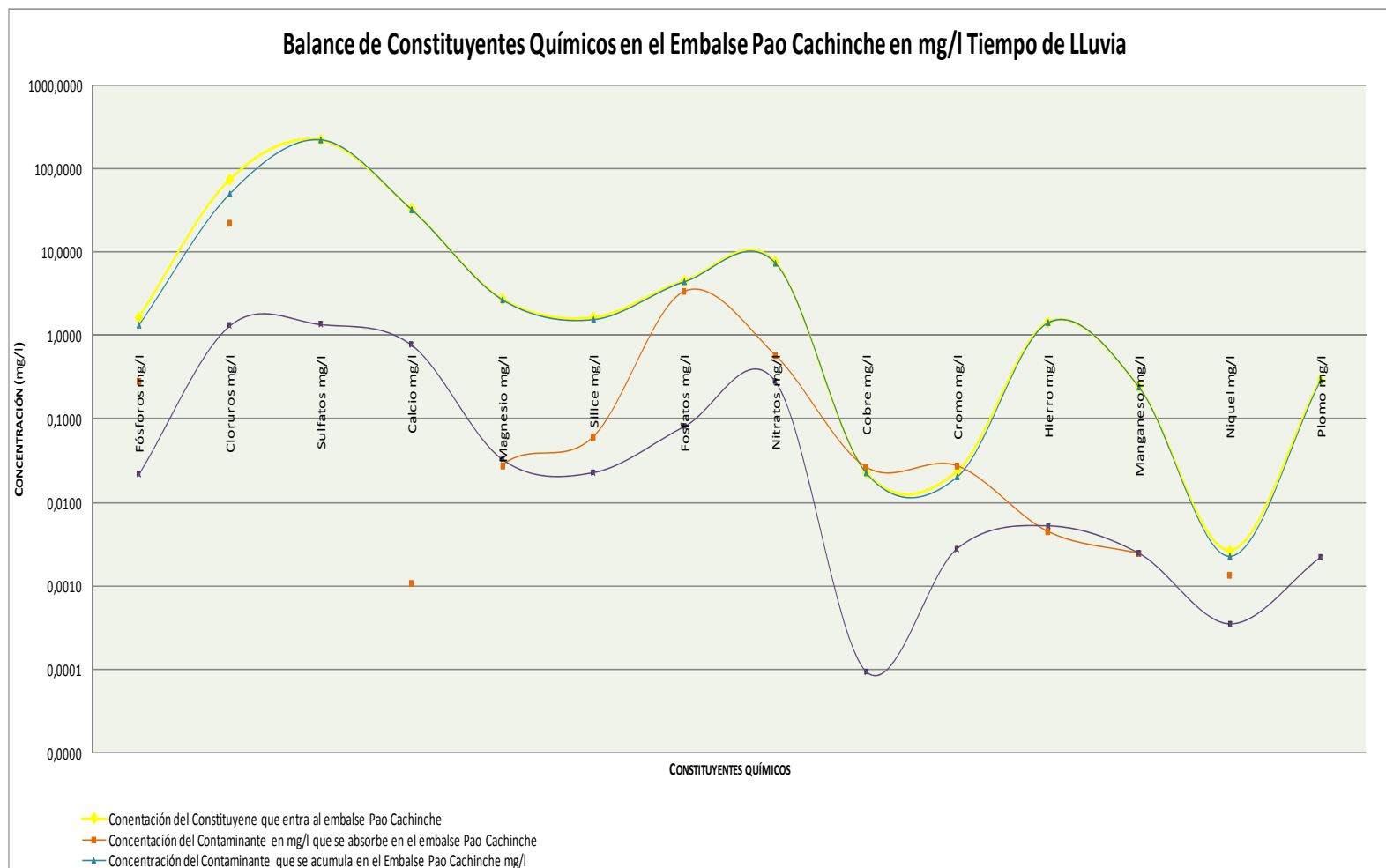


Figura 4.58 Balance de Constituyentes Químicos en el Embalse Pao Cachinche en tiempo de lluvia (estado estacionario)

Según el estudio realizado por Ing. José Marengo sobre **Impacto de la Sequía en los años 1982-83 en la Agricultura del Altiplano Peruano**, indica que *“para la fecha del 4-12-1982, se presento el evento de tener Temperaturas anormales altas a lo largo de las costas occidentales, de Ecuador hasta el norte de Chile. Precipitaciones sobre lo normal en el sureste de Brasil, pero partes de Paraguay, Norte de Colombia y Venezuela permanecen secas. Para 1983 las altas temperaturas persisten y Venezuela y Brasil presentan anomalías cálidas, y desde el 15 -01-1983 hasta 16-03-1983 se registraron temperaturas anormales en toda la costa occidental Sudamericana; y en Venezuela persiste la sequía en el interior del País”*.

Esta sequía trajo innumerables consecuencias al país, entre las secuelas es que ha incrementado el fenómeno de hipereutrofización, ya que provocó innumerables incendios en los alrededores al embalse, ya que en las áreas donde se provoca el incendio son terrenos virgen, y los efectos de post-fuego se incrementan con erosión, sedimentación, y flujo de fango que han ejercido impacto sobre la zona de Pao, Paíto y Tocuyito.

Los incendios provocaron surcos en los suelos, que favorecieron la pérdida de los mismos durante el año de lluvia torrencial 1999 – 2000, donde hubo las mayores inundaciones. La capacidad de transportar los sedimentos hacia los ríos y el embalse fue de inmediato. La calidad el embalse empeoró ya que la deposición de sedimentos y la movilización de nutrientes fueron contiguas.

Otra fuente de contaminación hacia el Embalse lo constituye el Vertedero la Guásima; él mismo es fuentes extremas de contaminación, enfermedades y otros problemas. Tomando en cuenta el crecimiento exponencial de los habitantes de las zonas urbanas, es evidente que se ha gestado un problemática que se agranda con el correr de los años y que en consecuencia va a ser cada vez más costoso y complicado de remediar.

El vertedero está ubicado en el Sector La Guásima, Parroquia Tocuyito del Municipio Libertador, Edo. Carabobo, con una extensión de aproximadamente 65 hectáreas, en continuo crecimiento, que desde hace más de cuarenta años a perjudicado el recurso agua tanto subterránea como superficial contaminando con sus lixiviados, la quebrada El José León que presenta contaminación con cromo, la cual desemboca en el río Paíto principal tributario del embalse Pao Cachinche que ya se ha dicho es la principal fuente de agua del Sistema Acueducto Regional del Centro.

Ahora bien, este vertedero genera gases tales como metano, anhídrido carbónico, óxidos de nitrógeno y sulfuro de hidrógeno producto de la fermentación anaeróbica de dicha materia orgánica, los cuales se liberan a la atmósfera contribuyendo con el Efecto Invernadero o calentamiento global. El gas metano tiene un potencial invernadero 20 veces superior al anhídrido carbónico, es decir, que 20 moléculas de anhídrido carbónico representan una molécula de gas metano. Además el sulfuro de hidrógeno es transportado por las corrientes de aire hacia las comunidades vecinas provocándoles molestias al olfato y en las vías respiratorias.

El caso más grave que padece la población de Tocuyito es producido por la combustión de desechos plásticos por la presencia de cloruro de polivinilo (PVC) el cual genera un par de compuestos conocidos como Furanos y Dioxinas cuyos potenciales tóxico y cancerígeno ha sido ampliamente comprobado internacionalmente provocando morbilidad por Bronconeumonía, Pulmonía, Tos recurrente, Asma, Neumoconiosis Bilateral, Fibrosis Pulmonar, Fibrosis Ocular, daños a nivel de la piel entre otras.

Por otra parte con la situación sobre la crecida del Lago de Valencia, y pasar sus aguas al embalse, así como las aguas residuales presentes en las plantas de tratamiento la Mariposa y los Guayos que están fuera de los límites permisibles

adecuados a la Ley para aguas superficiales, generó un incremento de la contaminación del embalse que ha traído problemas en la salud pública.

A raíz de esto La salud pública carabobeña y de Cojedes en general se ve afectada en distintas formas, una de las cuales se produce por la alteración de los patrones de precipitación, así como también en los patrones de temperatura y otros elementos climáticos (entre ellos humedad relativa, viento e insolación), lo cual puede incrementar ciertas enfermedades infecciosas, en particular las metaxénicas.

4.3. Propuesta de Saneamiento.

La calidad del agua potable es de suma importancia para la salud, por lo cual Venezuela al igual que otros países tiene legislaciones internas que están relacionadas con su agua de consumo humano. Estas normas sirven para determinar la responsabilidad de los distintos sectores involucrados en la producción y distribución del agua potable, su monitoreo y su control.

Venezuela cuenta con reglamentaciones que definen agua potable; es decir, los patrones que se deben seguir para que el agua sea inocua para la salud humana. Entre esas reglamentaciones hay una muy específica, que se denomina “Norma de Calidad del Agua Potable”. Allí se establece que sustancias pueden estar presentes en el agua y las concentraciones máximas permisibles que no significan riesgo para la salud.

Ahora bien, todos los países que establecen este tipo de normas nacionales utilizan como parámetro principal de comparación las Guías de la OMS para la Calidad del Agua Potable. Las guías son documentos que se publican aproximadamente cada 12 años, donde se acopia la última información disponible en el mundo sobre el tema. Las últimas directrices publicadas por la OMS son las acordadas en Génova en 1993 (confirmadas en Génova 2004).

La cantidad de coliformes fecales recomendada por las Guías de la OMS es de 0 UFC (unidades formadoras de colonias) /100ml. La mayoría de los países

analizados se ajustan a este estándar y lo adoptan dentro de sus normas nacionales. Venezuela no entra dentro de este rango de especificación.

Así mismo, la presencia de bacterias coliformes en el suministro de agua es un indicio de que el suministro de agua puede estar contaminado con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición. Las guías de la OMS establecen un parámetro de 0 UFC/ml para las bacterias coliformes totales. Ningún país cumple con esta recomendación incluyendo Venezuela.

Para ejecutar una medida de saneamiento, este sería el plan a seguir:

✓ En primer lugar sería que las Normas Internas que Regulan la Calidad de Agua Potable en nuestro país deben ser sometidas a una evaluación y posterior corrección, acto este que toma tiempo pero es necesario, ya que parte de la problemática es el espacio abarcado de permisibilidad de la norma al cual no se cumplen de forma reglamentaria dichos valores.

Una solución a este punto es que el gobierno provea ayuda de igual forma como lo hace la EPA (environmental protection agency) a los entes públicos de agua para colaborar en el cumplimiento de los estándares óptimo de calidad en agua para consumo humano, como lo establece los valores guías por la OMS.

“Lo más importante para impedir la contaminación es proteger las fuentes del agua potable. Es mejor, más eficaz y económico prevenir la contaminación de los abastecimientos de agua potable que pagar por el tratamiento o limpieza de los mismos ya contaminados” Esta afirmación hecha por la EPA demuestra lo imprescindible que es la Armonización de las Normas de Calidad de Agua Potable para alcanzar la meta de erradicar la contaminación del Embalse y demás acuíferos. Entre los parámetros que están fuera del reglamentado por la OMS se encuentran el Arsénico, Cadmio, Cianuro, Mercurio, Plomo, Cloruros, Hierro, Sólidos disueltos, Zinc, Turbiedad y Color.

✓ Por otra parte es necesario establecer estricta revisión de los colectores industriales que descargan al Lago de Valencia y los que descargan por quebradas al tributario Paíto sin tratamiento previo. Esto se logra con la conjunción de los entes gubernamentales de la competencia en Aragua y Carabobo.

✓ El establecer en las compañías el reuso de sus aguas mediante un tratamiento específico para su proceso de efluente, ejecutando un “Plan de Cero Residuos”, (reduce descargas al lago del agua industrial) disminuiría los afluentes al Lago de Valencia y la contaminación agresiva que presenta el Lago y el Embalse Pao Cachinche.

✓ Es necesario y con carácter de urgencia la instalación de nuevas plantas de Tratamientos de Aguas Residuales tanto en Aragua como en Carabobo, ya que la población demográfica ha aumentado y por consiguiente su consumo, es por ello que la multiplicación de granjas porcinas y de avícolas sin inspección del vertido de sus aguas residuales en los ríos o quebradas aledaños, han causado daño por exceso de nutrientes. Las aguas de estas plantas (con emisión de parámetros óptimos en calidad) deberán ser trasvasadas a la Cuenca del Río Pao; de esta forma se tendría cero descargas de Aguas residuales al Lago de Valencia.

✓ Parar el trasvase definitivo del Lago de Valencia a Pao Cachinche, ya que en 1995 un estudio realizado por el MARN actualmente MPPA titulado “Estudio de Factibilidad y diseño de las obras de Control del Nivel del Lago de Valencia” concluyó que las aguas no son aptas para el consumo Humano. Y para su reuso es necesario el acondicionamiento con un tratamiento que permita la remoción de compuestos orgánicos. Para este saneamiento se plantea la posibilidad de usar un Reactor de Biopelícula Sumergida Aireada (BSA) Modelo Planteado por Márquez & Navas (2002) realizando un previo tratamiento de ablandamiento y de un control bacteriológico.

✓ Así mismo establecer un estudio para descartar las sustancias tóxicas, formadas por reacciones químicas que han ocurrido por el avance de los años;

estamos hablando de Dioxinas, Derivados de Hidrocarburos, Trihalometanos, organismos patógenos y virus.

Para esto se pretende utilizar las plantas la Mariposa I y II conjuntamente con los Guayos con sus modificaciones respectivas acondicionadas para tal fin, entre las cuales está la capacidad de tratamiento a un caudal superior a los $6\text{m}^3/\text{s}$. el agua que salga de estas plantas sería de utilización de riego de las áreas con déficit de agua, y otro porcentaje volvería a las fuentes superficiales con las especificaciones de control de aguas tipo 1B para consumo humano para descargarlas en la convergencia de Pirapira, Paíto y Paya.

✓ Por otra parte establecer más sistemas de aireación artificial en el embalse que pueda abarcar la zona del brazo 1 y la zona del brazo 2 ya que la aireación insuficiente, junto con bajos niveles de oxígeno, puede desencadenar la mortalidad de peces, olores desagradables y el enturbiado de las aguas. Si un estanque no tiene circulación de oxígeno suficiente se estratifica con agua caliente en la superficie y agua fría con poco oxígeno en el fondo. La falta de oxígeno incrementa la descomposición anaeróbica del fango en el fondo. Esto aumenta los nutrientes en el estanque, lo que a su vez provoca el crecimiento de algas.

El embalse sin circulación de oxígeno o aireación suficientes desarrolla Termoclina. La termoclina es una estratificación del agua causada por su temperatura; el agua más caliente en la superficie en contacto con el aire y el agua más fría en el fondo donde falta oxígeno. (NALCO 1.991). Una circulación y aireación adecuadas aumentarían la cantidad de oxígeno en todas las profundidades, desintegrando así la dañina termoclina. El agua fría tiene más oxígeno que la caliente, al mezclar la fría del fondo con la caliente de la superficie automáticamente todo el cuerpo de agua se oxigena por igual. El aireado de un estanque garantiza un hábitat más natural y sano para los peces, reduce el florecimiento de algas, mejora la claridad del agua y elimina los posibles malos olores. Es decir, la aireación facilita

los ciclos biológicos en un estanque y asegura la eficacia de productos bacteriales reductores de nutrientes y de aclarado del agua. (**IMPORTANCIA DE LA AIREACIÓN DEL AGUA**. Artículo Publicado por Empresa SEFERAIN, 2006).

✓ Adicional a esto se requiere hacer una adecuación para la Planta potabilizadora Alejo Zuloaga, ya que su rendimiento esta por el 50% de tratamiento; mencionando además que requiere la adición de un tratamiento como la Osmosis Inversa; este tratamiento presenta una membrana que tiene una área micro porosa que rechaza las impurezas y que no impide el paso del agua. La membrana rechaza las bacterias, pirógenos, y 85%-95% de sólidos inorgánicos. Los Iones "polivalentes" son rechazados más fácilmente que los iones "monovalentes". Los sólidos orgánicos con un peso molecular superior a 300 son rechazados por la membrana, pero los gases pasan a través de ella. La ósmosis inversa es una tecnología de rechazo en porcentaje. La pureza del agua producida depende de la pureza del agua en el vaso de entrada. La pureza del agua producida por la ósmosis inversa es más grande que en el agua de alimentación, la cual permite garantizar la adecuación del agua para el consumo humano con los parámetros establecidos por la OMS. Artículo por **EXCEL WATER TECHNOLOGIES (2007)**.

✓ Se debe parar el desahogo de los lodos de Sulfato de Aluminio de la Planta potabilizadora Alejo Zuloaga al Embalse y buscarle una disposición final por ejemplo, trabajar con la recuperación del coagulante por medio de la solubilización del aluminio presente en lodo. Debido al carácter anfótero del $\text{Al}(\text{OH})_3$, este proceso es viable mediante acidificación o alcalinización. **RECUPERACIÓN DE SULFATO DE ALUMINIO A PARTIR DE LOS LODOS GENERADOS POR LA PLANTA POTABILIZADORA** (Villegas, et.al., 2005).

✓ Por otra parte se debe establecer un plan de reforestación dentro del área del Embalse y por los aledaños de los ríos ya que se aumenta la fertilidad del suelo y se mejora su retención de humedad, estructura y contenido de nutrientes (reduciendo la lixiviación, proporcionando abono verde y agregando nitrógeno, en el

caso de que las especies utilizadas sean de este tipo).(GOMEZ, 2004). La cobertura arbórea también ayuda a reducir el flujo rápido de las aguas lluvias, regulando, de esta manera, el caudal de los ríos, mejorando la calidad del agua y reduciendo la entrada de sedimento a las aguas superficiales. Debajo de los árboles, las temperaturas son más frescas y los ciclos húmedos y secos son moderados constituyendo un microclima favorable para los microorganismos y la fauna, también ayuda a prevenir la laterización del suelo.

✓ Por último la reubicación de las granjas porcinas de forma tal que el espacio sirva para implementar tecnología de biodigestores para los excremento; los procesos de biodegradación se desarrollan dentro del biodigestor, que es la tecnología utilizada para realizar la fermentación anaeróbica y la producción de biogás. Los principales beneficios en el consumo de biogás es que se aprovecha de manera directa para la iluminación y cocción de alimentos; porque se utiliza para generar la electricidad que se usa en las propias unidades pecuarias. La producción de energía eléctrica, a través de sistemas de biogás, se utiliza también para mover maquinaria y equipo en las granjas porcinas y en los establos lecheros, así como para hacer funcionar ventiladores, líneas de alimentación, bombas, ordeñadoras, lechonerías y tanques de frío, entre otros. Del Artículo de **JUAN C. BONILLA DE SAGARPA 2012 (SECRETARIA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, DESARROLLO RURAL, PESCA Y ALIMENTACIÓN DE MÉXICO) REVISTA EL SITIO AVÍCOLA.**

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

5.1.1. Caracterización Geomorfológica

- ✓ La presente investigación establece que el Embase Pao Cachinche recibe el aporte de un total de 7 Ríos (incluyendo Caño la Yuca) y la Quebrada José Leonardo.
- ✓ Se pudo conocer pendientes, áreas, longitudes de cauce principal de cada Río.

5.1.2. Captación de Tomas de Muestras

- ✓ Las captaciones de las muestras de agua para su posterior análisis se realizaron el 14 de junio del 2010, coincidiendo con la temporada de lluvia, para la temporada de sequía se trabajo con los datos de HIDROCENTRO en las evaluaciones captadas por la empresa en época de Febrero a Marzo.

5.1.3. Calidad de las Aguas

- ✓ Al respecto del Caudal de los Ríos afluentes se obtuvo que para la época de sequía un estimado de $3,97 \text{ m}^3/\text{s}$ y para la época de lluvia $6,86 \text{ m}^3/\text{s}$.
- ✓ El aporte del Traspase con las plantas de tratamiento es una constante de $5,07 \text{ m}^3/\text{s}$.
- ✓ En general el aporte de afluentes al Embalse en época de sequía es $9,05 \text{ m}^3/\text{s}$ en sequía y de $11,93 \text{ m}^3/\text{s}$ en lluvia.
- ✓ Acerca de la Materia Orgánica expresada en la DBO_5 y la DQO , se encontraron valores desde (9,52 a 23,8) mg/L y (19 a 86) mg/L respectivamente; en cuanto al estado de nutrientes Fosforo y Nitrógeno se presentan valores desde (0,25 a 2,4) mg/l y (1,25 a 19,21) mg/L correspondientemente, los cuales están por encima de los valores guías para aguas superficiales $\text{DBO}_5 = 2,5 \text{ mg/L}$ y $\text{DQO} = 15 \text{ mg/L O}_2$; $\text{P} = 0,03 \text{ mg/L}$

y $\text{NH}_3 = 0,3 \text{ mg/L}$; ratificando la clasificación que ha presentado el Embalse Pao Cachinche desde el 2004 de Hipereutrófico.

- ✓ En función a los sólidos suspendidos en aguas superficiales, se encuentra las aguas del Embalse fuera de especificación en un 252% en comparación a lo establecido en la Norma Europea Real Decreto 927/88. Así mismo las salidas de las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales están fuera de especificación según Decreto 883 con valores oscilantes (88 a 129) mg/L.
- ✓ En cuanto a la concentración de los cloruros se encuentran dentro de los valores reglamentarios por el Decreto 883.
- ✓ El trasvase del Lago de Valencia presentó un 7,5 % fuera del límite máximo permisible de la cantidad de sulfatos; la Planta la Mariposa mostró un 46,66 % de incremento al respecto de la carga másica de sulfato en el 2010.
- ✓ La generación de sedimentos anual en el Embalse estimados por el método LANGBEIN-SCHUMM fue de 4.439,79 Ton /km²-año.
- ✓ En referencia a la determinación de aceite y grasas se observó valores por encima del máximo permisible que es 20 mg/L en el canal del Trasvase, la mezcla del Trasvase con PTAR Los Guayos y el Río Paíto en un porcentaje de discrepancia de 1.366,6 %.
- ✓ Los valores de detergentes obtenidos fueron comparados con los máximos permisibles para aguas superficiales presentando excedentes entre el (340 a 540) %.
- ✓ Acerca de los metales, se encontraron discrepancias en varios elementos que se encuentran fuera de norma, como el Hierro, el Manganese cuyo valores oscilan en 63,74 % y (13,79 a 66,88) % respectivamente del valor límite que es (1mg/L y 0,1mg/L) correspondientemente.
- ✓ Se obtuvieron valores de coliformes totales fuera de especificación del Decreto 833 oscilantes en 2.400.000 a 4.300.000,00 por cada 100 ml en los

tributarios; en el Embalse en Torre Toma superficial de 4.000.000 siendo su valor limite es de 10.000 por cada 100 ml.

- ✓ En general el Embalse Pao Cachinche caracterizado como aguas superficiales para consumo humano tipo 1B, presentó parámetros reglamentados en el Decreto 883 Sección III De las Descargas a Cuerpos de Aguas.

5.1.4. Balance Hídrico

- ✓ En referencia a las precipitaciones se obtuvo en el Embalse una precipitación media anual entre 736,10mm a 1.604,60 mm, siendo los meses de diciembre a marzo inferior a 32,500 mm.
- ✓ La precipitación media efectiva anual por tributario calculada bajo el método SOIL CONSERVATION oscila entre (597,92 a 871,59) mm.
- ✓ La intensidad de las tormentas calculadas a tiempo de retorno de 2 a 100 con duración de 1 día alcanzo una oscilación entre (114,96 a 417,71) mm/h.
- ✓ La evaporación se calculo bajo el método de THORTHWAITE mediante las temperaturas promedios mensuales suministros de INAMEH, obteniéndose un promedio anual de todos los tributarios que vierten al Embalse de 1.396,27 mm.
- ✓ La aplicación del método SCS permitió conocer la Escorrentía Media por tributario, trabajando con el Coeficiente de escorrentía según cobertura vegetal y pendiente de terreno obteniéndose valores medios mensuales que varían entre (1,53 m³/s a 15,68 m³/s).
- ✓ Entre las comparaciones realizadas a escala volumétrica, se encontró que de los tributarios el que más aporte tenía era el Río Cabréales (volumen casi constante) y Paíto (en época de lluvia supera el volumen del Cabréales).
- ✓ Los períodos de sequía que ha sufrió Venezuela, como consecuencia del fenómeno el Niño y los resultados obtenidos de los caudales de gasto

máximos que se presentó, indican claramente que existe una infiltración en los suelos carentes de humedad incrementando la escorrentía subterránea.

- ✓ En referente a los sedimentos, se obtuvo por el método de LANGBEIN-SCHUMM un promedio anual entre todos los tributarios de 136,88 T/millas²/año equivalente a 53,055 T/Km²/Año.
- ✓ Se encontró que el Río Paíto es el tributario que presenta mayor pérdida anual del suelo con un valor de 682,11 Ton/Km²/Año; y el incremento de sedimentos asciende en un 7,30 %.
- ✓ El valor del sedimento dentro del Embalse resultó un promedio de 873,20 Ton/mes hasta el año 2004, incrementándose a partir del 2005 en un 471,96% de sedimentos, cuando se vierte el río Cabriales, manteniéndose elevado por el vertido del trasvase del Lago y las Plantas de Aguas Residuales.
- ✓ Se ha calculado a partir del cierre del balance las disponibilidades netas del Embalse observando un valor promedio mensual de $43.222 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{mes}$.

5.1.5. Balance de Constituyentes Químicos

El balance de masa de los constituyentes estudiados se obtuvo en un volumen estacionario de dimensiones fijas, expresados en unidad de masa por unidad de tiempo.

- ✓ En referencia al parámetro DBO₅, y DQO entre los tributarios estudiados, el que presenta mayor carga másica promedio diario para la DBO₅ es el Río Cabriales con 199,90 Kg/día en sequía y 138,03 Kg/día en lluvia y para la DQO es el Río el Paíto con 309,77Kg/día en sequía y 1.518,74 Kg/día para lluvia.
- ✓ El valor de DBO y DQO a la salida del embalse disminuye notoriamente, motivado al flujo de oxígeno, que choca cuando cae por gravedad en la torre toma, generando la degradación de la materia orgánica

- ✓ Al respecto de los vertidos líquidos de las PTAR y Traslase, tanto la planta la Mariposa como el Traslase aportan la mayor DBO₅ de 10.535,22 Kg/día y 15.956,35 Kg/día respectivamente; para la DQO es la PTAR La Mariposa que reportó un valor de 36.115,20 Kg/día.
- ✓ El Embalse Pao Cachinche presentó una de DBO₅ de 27.798,15 Kg/día y una DQO 38.384,82 Kg/día.
- ✓ En cuanto a los Nutrientes en general en los tributarios se halló que el Río el Paíto presenta el mayor de los aportes de Fosforó tanto en época de sequía como de lluvia de 3,27 Kg/día; así mismo en cuanto al Fosfato y Nitrato cuyos valores son de 37,80 Kg/día y de 382,01 Kg/día respectivamente.
- ✓ La PTAR la Mariposa fue la que presentó mayor aporte de fosforo con una cantidad de 177,80Kg/día. Así mismo en cuanto a los fosfatos y Nitratos la prevaleciendo el Fosfato entre los dos parámetros evaluados con una cantidad de 620, 08Kg/día.
- ✓ En cuanto a los Metales el Níquel presenta una participación del 67% en el Río Chirgua y un 27% en el Río Paíto.
- ✓ El cromo presento un 90% proveniente del Traslase del Lago de Valencia.
- ✓ El plomo proviene en un 94% de la PTAR La mariposa.
- ✓ Al respecto de los sulfatos, estos presentaron un 81% provenientes de la PTAR La Mariposa y un 15% del Traslase y de los lodos de sulfato de aluminio vertidos en el embalse
- ✓ El balance de constituyentes químicos obtenido en este estudio, reveló que el sulfato tiene el mayor de los aportes al embalse en carga másica de 37.616, 520 Kg/día.
- ✓ Se concluye que de los constituyentes químicos, solo se absorben dentro del embalse en época de sequía, siendo el nitrato, el fosforo y los compuestos de cloruro quien realizan la mayor absorción.

- ✓ El Embalse de Pao Cachinche presenta contaminación tanto química como biológica; sustentable esta afirmación con los valores reportados en el balance de Constituyentes en carga másica por día.

5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Se invita realizar un estudio sobre las diferentes transformaciones y migraciones de los metales que presentan mayor carga másica dentro del balance de contaminantes expuesto en esta investigación.
- ✓ Se estimula a HIDROCENTRO y al MPPA realizar una barimetría dentro del Embalse Pao Cachinche en ambos brazos para corroborar el nivel de sedimentos que presenta el embalse según lo calculado dentro de esta investigación.
- ✓ Se insta al MPPS a promover nuevas investigaciones a nivel bacteriológico, para determinar las bacterias predominantes motivadas al gran aporte de coliformes fecales y totales en las aguas del Embalse Pao Cachinche.
- ✓ Se insta a poner en ejecución el Plan de Saneamiento del Embalse Pao Cachinche Propuesto en esta investigación.
- ✓ Se recomienda desarrollar un programa de monitoreo continuo sobre los tributarios y el Embalse de forma trimestral de manera de obtener data vigente sobre el Embalse Pao Cachinche, donde se establezca protocolos de medición, técnicos encargados.
- ✓ Motivado a que el Embalse descarga aguas a Pao la Balsa, se recomienda el realizar un estudio sobre la posible contaminación de Pao La Balsa.
- ✓ Se sugiere el realizar un estudio sobre la infiltración de lixiviados en los suelos aledaños al Embalse y en las aguas subterráneas.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- ANDERSON, D.M., GLIBERT, P.M. & BURKHOLDER, J.M. 2002. **Harmful algal blooms and eutrophication: nutrient sources, composition, and consequences.** *Estuaries* 25: 704-726.
Disponible en: <http://www.lenntech.es/por-que-es-importante-el-oxigeno-disuelto-en-el-agua.htm#ixzz0id8Zu2Sp>
- ALLEN, R.G., L. PEREIRA, D. RAES, AND SMITH M.. 1998. **Crop Evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements.** Irrigation and Drainage Paper N° 56. 300 p. FAO, ROME, ITALY.
- ÁLVAREZ Pedro, GUEVARA Edilberto (2003). **Biorremediación y Atenuación Natural de acuíferos Contaminados por sustancias Químicas peligrosas.** Editorial CDCH-UC ISBN 980-233-360-3
- ÁLVARO, OROZCO Bioingeniería de Aguas Residuales. Editorial Acodal. ISBN-958964545.
- AUGE, M. (2006). **Hidrogeología.** Inédita. Maestría en Gestión del Agua. Centro de Estudios Tras disciplinarios del Agua. Facultad de Veterinaria – UBA. Buenos Aires.
- BAIRD, COLI. 2001. **Environmental Chemistry.** Second Edition. Editorial Reverté. ISBN: 84-291-7902-X.
- CAMARGO, J.A. y ALONSO, A. 2006. **Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: a global assessment.** *Environment International* 32: 831-849.
- DECRETO N°1.400 (Norma sobre la Regulación y Control del aprovechamiento de los recursos hídricos y cuencas hidrográficas) (1996, Agosto 02). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. N°36.013.
- DURAN MARÍA DEL CARMEN. 2007. Introducción a la Química Ambiental. Edición Reverté. ISBN: 84-291-7907-0. Pág 145-192.

- EEA. 2005. **Source apportionment of nitrogen and phosphorus inputs into the aquatic environment**. Environmental Assessment Report No 7. European Environment Agency, Copenhagen.
- FEBER LR, et, al. (2004) **Do cyanobacteria dominate in eutrophic lakes because they Fix atmospheric nitrogen?** Freshwater Biol. 49: 690-708.
- GONZÁLEZ Ernesto J., Lic. ORTAZ Mario, Tec. PEÑA Carlos, Msc. MATOS María Leny (Octubre 2004). **Fitoplancton de un Embalse Tropical Hipereutrófico (Pao Cachinche- Venezuela): Abundancia de Biomasa y Producción Primaria**. Universidad central de Venezuela. Revista Interciencia. INCI v.29 N°10. Caracas. Octubre 2007 .0378-1844.
- GUEVARA Edilberto, POLO Mirna (Diciembre 2001). **Contaminación de Acuíferos por efecto de los Lixiviados en el Área adyacente al Vertedero de desechos Sólidos La Guásima, Municipio Libertador Estado Carabobo**. Revista Ingeniería U.C. 2001. Vol. 8 N° 2. Editorial CDCH. ISSN 13166832.
- GUEVARA Edilberto, CARRASCO Marco (Diciembre 2001). **Modelación estocástica de DBO y OD. Caso Estudio Río Cabréales**. Revista Ingeniería U.C. 2001. Vol. 8 N° 2. Editorial CDCH. ISSN 13166832.
- GUEVARA Edilberto, CARTAYA Humberto (2004) **Hidrología Ambiental**. Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo. ISBN 980-328-505.
- GUEVARA Edilberto, CARBALLO Nahir (Diciembre 2008). **Modelo IDF regional para el estado Cojedes, Venezuela**. Revista Ingeniería U.C. 2008. Vol. 15 N° 3. Editorial CDCH.
- HILL John, W/Koth Darts. Química Para el Nuevo Milenio. 10ma Edición. Prentice Hall. México 1999. ISB: 970-17-0341-3
- JIMENEZ Francisco (1994). **El Ciclo Hidrológico y el Hombre: Hacia un uso sostenible del agua**. Costa Rica, Turrialba.
- LEY DE AGUAS (2007, Enero 02). Gaceta Oficial de la República Bolivariana de Venezuela. N°38.595.

- MARQUEZ Adriana (2006). **Aplicación de los Modelos HEC en el análisis de variables hidrológico- ambientales. Caso de estudio de zonificación de las manchas de inundación de la cuenca del río Urama.** Estado Carabobo.
- MORENO, Diana P. and RAMIREZ, John J. **Temporal Variation of Trophic in the Lake of the Parque Norte, Medellín (Antioquía), Colombia.** *Actu Biol*, Jan./June 2010, vol.32, no.92, p.75-87. ISSN 0304-3584.
- OMS (Organización Mundial para la Salud)
http://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/wsh0302/es/index.htm
- ONU (2008). **Objetivos de Desarrollo del Milenio. Informe 2008.** Disponible: (<http://www.un.org/spanish/millenniumgoals/pdf/goal72008.pdf>).
- PABÓN Daniel. (Abril, 2010) Diario El Carabobeño. "Aguas Contaminadas en Pao Cachinche". Disponible en:
<http://www.el-carabobeno.com/impreso/articulo/t220310-b03/hoy-es-el-da-mundial-del-agua-el-cabiales-a-pao-cachinche-una-decisin-cuestionada>
- PEÑUELA Ana Carolina, PEREZ Indira del Carmen, ALONSO Guillermina. (2007). **Estudio Bacteriológico del Embalse Pao Cachinche. Efecto del Sistema de aireación Artificial y de la desviación de afluentes.** Universidad Central de Venezuela. Caracas – Venezuela.
- PNUD (2009). **Situación de los ODM en Venezuela.** Disponible: <http://www.pnud.org.ve/image/stories/informe%20nacional%20odm%202004.pdf> (consulta 2010, 3 marzo).
- RYDING, S.O., RAST, W. [eds]. 1989. **The control of eutrophication of lakes and reservoirs.** New Jersey: The Partheon Publishing Group.
- UNESCO (2005). **Decenio Internacional para la acción. El agua como fuente de vida.2005-2015.** Disponible:
<http://www.unesco.org/watercelebrations/decades/index.es.shtml>.

TORTORA G; FUNKE B; CASE C. (2007). **Introducción a la Microbiología**. Editorial Médica Panamericana. ISBN: 978-950-06-0740-7. Pág. 836

VEDUGO Althofer M., 1995 ***La calidad de las aguas continentales españolas. Estado Actual e Investigación***, pág. 172

WETZEL RG (2001) **Limnology Lake and river ecosystems** 3rd edition. Academic Press. San Diego, Ca., EEUU. 1006 pp.

WHIPPLE G C (1954) **Microscopy of Drinking Water** 4th edition. New York, John Wiley. N° 677-2000/SUNASS-INF.

Disponible: www.sunass.gob.pe/doc/fiscalización/2006.

Tabla A.1. Caudales medidos en el Embalse Pao Cachinche desde el período 1983 al 2010 m³

Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
1983	1	0,027	0,066	0,071	0,034	0,054	0,055	0,053	0,055	0,055	0,053	0,054	0,054	0,631
1984	2	0,034	0,061	0,067	0,065	0,220	0,052	0,050	0,052	0,053	0,054	0,052	0,058	0,816
1985	3	0,065	0,066	0,066	0,061	0,053	0,053	0,053	0,051	0,308	0,198	0,062	0,081	1,118
1986	4	0,059	0,064	0,068	0,062	0,054	0,053	0,190	0,330	0,680	0,537	0,210	0,062	2,371
1987	5	0,061	0,067	0,067	0,066	0,053	0,052	0,050	0,054	0,112	0,249	0,090	0,069	0,988
1988	6	0,063	0,066	0,071	0,075	0,059	0,050	0,050	0,056	0,978	0,584	0,479	0,118	2,649
1989	7	0,055	0,065	0,069	0,070	0,058	0,053	0,052	0,053	0,054	0,053	0,060	0,056	0,697
1990	8	0,057	0,059	0,059	0,055	0,049	0,047	0,047	0,050	0,053	0,053	0,054	0,058	0,641
1991	9	0,062	0,062	0,061	0,055	0,054	0,049	0,048	0,048	0,052	0,095	0,069	0,058	0,713
1992	10	0,059	0,063	0,066	0,065	0,051	0,049	0,084	0,537	0,373	0,206	0,231	0,093	1,877
1993	11	0,060	0,066	0,066	0,059	0,048	0,053	0,055	0,069	0,377	0,204	0,218	0,061	1,337
1994	12	0,063	0,066	0,067	0,060	0,053	0,053	0,049	0,052	0,195	0,427	0,365	0,078	1,526
1995	13	0,027	0,033	0,031	0,026	0,022	0,017	0,066	0,352	0,233	0,232	0,291	0,029	1,358
1996	14	0,064	0,065	0,065	0,067	0,055	0,052	0,054	0,056	0,058	0,057	0,056	0,054	0,704
1997	15	0,061	0,058	0,068	0,063	0,057	0,053	0,049	0,055	0,057	0,057	0,056	0,055	0,688
1998	16	0,037	0,037	0,038	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,039	0,037	0,036	0,037	0,445
1999	17	0,037	0,037	0,038	0,037	0,037	0,037	0,037	0,037	0,039	0,037	0,036	0,037	0,445
2000	18	0,037	0,038	0,038	0,038	0,037	0,036	0,037	0,037	0,037	0,037	0,036	0,037	0,444
2001	19	0,057	0,062	0,067	0,064	0,057	0,054	0,054	0,051	0,056	0,057	0,053	0,050	0,683
2002	20	0,057	0,063	0,064	0,058	0,053	0,053	0,056	0,058	0,061	0,057	0,053	0,053	0,686
2003	21	0,059	0,063	0,065	0,061	0,062	0,058	0,055	0,057	0,054	0,054	0,050	0,050	0,688
2004	22	0,203	0,206	0,211	0,205	0,200	0,048	0,004	0,005	0,007	0,010	0,004	0,002	1,104
2005	23	0,309	0,285	0,232	0,269	0,468	0,551	0,678	0,924	0,543	0,472	0,593	0,413	5,737
2006	24	0,327	0,060	0,057	0,056	0,275	0,372	0,600	1,065	0,681	0,595	0,409	0,203	4,700
2007	25	0,306	0,287	0,263	0,183	0,250	0,448	0,438	0,511	0,858	0,773	0,084	0,051	4,451
2008	26	0,540	0,420	0,349	0,299	0,386	0,550	0,587	0,559	0,430	0,461	0,327	0,242	5,149
2009	27	0,540	0,420	0,349	0,299	0,386	0,550	0,587	0,559	0,430	0,461	0,327	0,242	5,149
2010	28	0,240	0,242	0,254	0,254	0,386	0,550	0,587	0,559	0,430	0,461	0,327	0,242	4,532
Qe Prom		0,127	0,113	0,107	0,098	0,128	0,146	0,168	0,226	0,261	0,235	0,167	0,094	1,869
Porcentaje		6,818	6,021	5,707	5,238	6,828	7,804	8,993	12,092	13,958	12,558	8,943	5,042	100,000

Fuente: Dpto. de Captación de Hidrocentro. 2010

Tabla A.2. Valores de la Varianza obtenida de los Caudales tomado de la Torre Toma del Embalse Pao Cachinche desde el período 1983 al 2010 m³ **

Varianza													
Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1983	0,0004	0,0001	0,0000	0,0002	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0016	0,0012	0,0005	0,0001	0,0568
1984	0,0003	0,0001	0,0001	0,0000	0,0003	0,0003	0,0005	0,0011	0,0016	0,0012	0,0005	0,0000	0,0411
1985	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0001	0,0001	0,0004	0,0000	0,0209
1986	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0003	0,0000	0,0004	0,0065	0,0034	0,0001	0,0000	0,0093
1987	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0008	0,0000	0,0002	0,0000	0,0287
1988	0,0002	0,0001	0,0000	0,0000	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0190	0,0045	0,0036	0,0000	0,0226
1989	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0016	0,0012	0,0004	0,0001	0,0509
1990	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0004	0,0005	0,0011	0,0016	0,0012	0,0005	0,0000	0,0558
1991	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0004	0,0005	0,0012	0,0016	0,0007	0,0004	0,0000	0,0495
1992	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0003	0,0003	0,0036	0,0005	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000
1993	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	0,0009	0,0005	0,0000	0,0001	0,0000	0,0105
1994	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0002	0,0014	0,0014	0,0000	0,0043
1995	0,0004	0,0002	0,0002	0,0002	0,0004	0,0006	0,0004	0,0006	0,0000	0,0000	0,0006	0,0002	0,0097
1996	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0015	0,0012	0,0005	0,0001	0,0503
1997	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0015	0,0012	0,0005	0,0001	0,0516
1998	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0003	0,0004	0,0006	0,0013	0,0018	0,0015	0,0006	0,0001	0,0751
1999	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0003	0,0004	0,0006	0,0013	0,0018	0,0015	0,0006	0,0001	0,0751
2000	0,0003	0,0002	0,0002	0,0001	0,0003	0,0004	0,0006	0,0013	0,0019	0,0015	0,0006	0,0001	0,0752
2001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0015	0,0012	0,0005	0,0001	0,0521
2002	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	0,0010	0,0015	0,0012	0,0005	0,0001	0,0518
2003	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0005	0,0011	0,0016	0,0012	0,0005	0,0001	0,0516
2004	0,0002	0,0003	0,0004	0,0004	0,0002	0,0004	0,0010	0,0018	0,0024	0,0019	0,0010	0,0003	0,0217
2005	0,0012	0,0011	0,0006	0,0011	0,0043	0,0061	0,0096	0,0180	0,0030	0,0021	0,0067	0,0038	0,5542
2006	0,0015	0,0001	0,0001	0,0001	0,0008	0,0019	0,0069	0,0261	0,0065	0,0048	0,0022	0,0004	0,2968
2007	0,0012	0,0011	0,0009	0,0003	0,0006	0,0034	0,0027	0,0030	0,0132	0,0107	0,0003	0,0001	0,2470
2008	0,0063	0,0035	0,0022	0,0015	0,0025	0,0060	0,0065	0,0041	0,0011	0,0019	0,0009	0,0008	0,3984
2009	0,0063	0,0035	0,0022	0,0015	0,0025	0,0060	0,0065	0,0041	0,0011	0,0019	0,0009	0,0008	0,3984
2010	0,0005	0,0006	0,0008	0,0009	0,0025	0,0060	0,0065	0,0041	0,0011	0,0019	0,0009	0,0008	0,2626
σ	0,0008	0,0005	0,0003	0,0003	0,0006	0,0013	0,0018	0,0031	0,0028	0,0018	0,0009	0,0003	0,1079

**Valores Calculados

Tabla A.3. Tablas de Curvas de Intensidad Duración y Frecuencia Del Embalse Pao Cachinche **

N° Años	Duración							
	1h	3h	6h	9h	12h	24h	Tr años	P%
1	2,823	8,470	16,940	25,410	33,881	67,761	29,00	3,448
2	2,797	8,390	16,780	25,170	33,560	67,119	14,50	6,897
3	2,777	8,331	16,663	24,994	33,326	66,652	9,67	10,345
4	2,727	8,180	16,360	24,540	32,719	65,439	7,25	13,793
5	2,680	8,041	16,082	24,123	32,165	64,329	5,80	17,241
6	2,646	7,938	15,876	23,814	31,752	63,503	4,83	20,690
7	2,643	7,929	15,859	23,788	31,718	63,435	4,14	24,138
8	2,638	7,914	15,827	23,741	31,655	63,310	3,63	27,586
9	2,575	7,726	15,452	23,179	30,905	61,810	3,22	31,034
10	2,549	7,647	15,294	22,941	30,588	61,175	2,90	34,483
11	2,549	7,647	15,294	22,941	30,588	61,175	2,64	37,931
12	2,507	7,522	15,044	22,565	30,087	60,174	2,42	41,379
13	2,501	7,502	15,003	22,505	30,006	60,013	2,23	44,828
14	2,461	7,383	14,765	22,148	29,531	59,061	2,07	48,276
15	2,423	7,268	14,535	21,803	29,071	58,142	1,93	51,724
16	2,387	7,160	14,321	21,481	28,642	57,284	1,81	55,172
17	2,328	6,985	13,969	20,954	27,939	55,877	1,71	58,621
18	2,298	6,894	13,787	20,681	27,574	55,148	1,61	62,069
19	2,282	6,845	13,690	20,535	27,381	54,761	1,53	65,517
20	2,205	6,615	13,231	19,846	26,461	52,923	1,45	68,966
21	2,190	6,571	13,141	19,712	26,282	52,565	1,38	72,414
22	2,120	6,361	12,722	19,083	25,444	50,887	1,32	75,862
23	2,107	6,321	12,641	18,962	25,283	50,566	1,26	79,310
24	2,103	6,309	12,619	18,928	25,237	50,474	1,21	82,759
25	2,025	6,076	12,152	18,228	24,304	48,607	1,16	86,207
26	1,946	5,839	11,678	17,517	23,356	46,713	1,12	89,655
27	1,848	5,544	11,087	16,631	22,174	44,348	1,07	93,103
28	1,195	3,585	7,171	10,756	14,342	28,684	1,04	96,552

**Valores Calculados

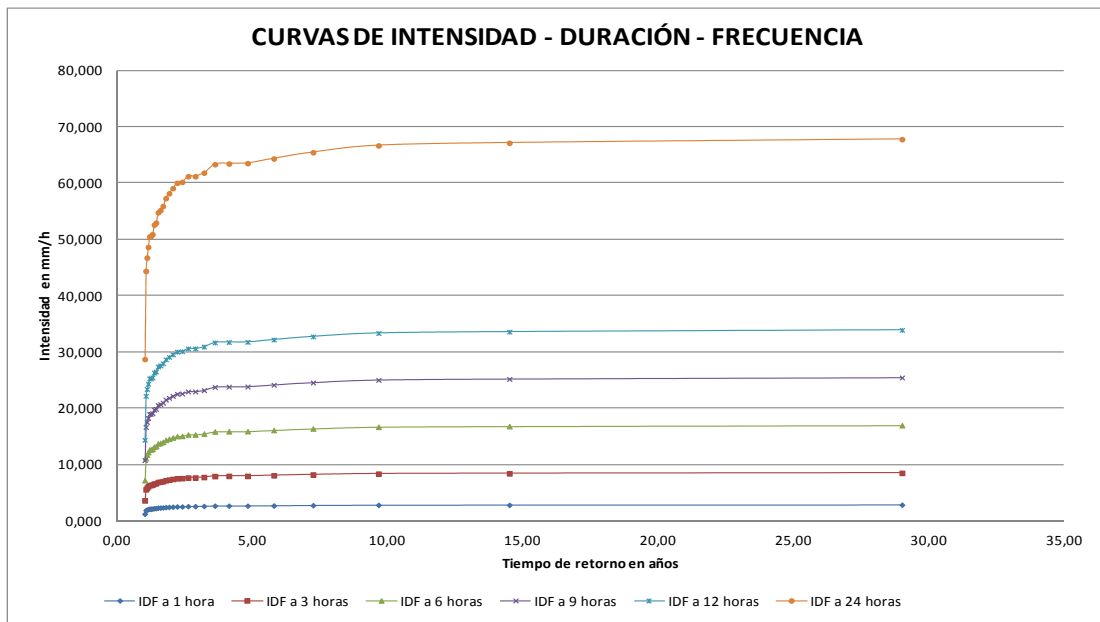


Figura A.1 Curvas de IDF. Provenientes de las precipitaciones recopiladas por HIDROCENTRO con Duración de 24 horas y período de Retorno de 29 años Del Embalse Pao Cachinche. (mm/h)

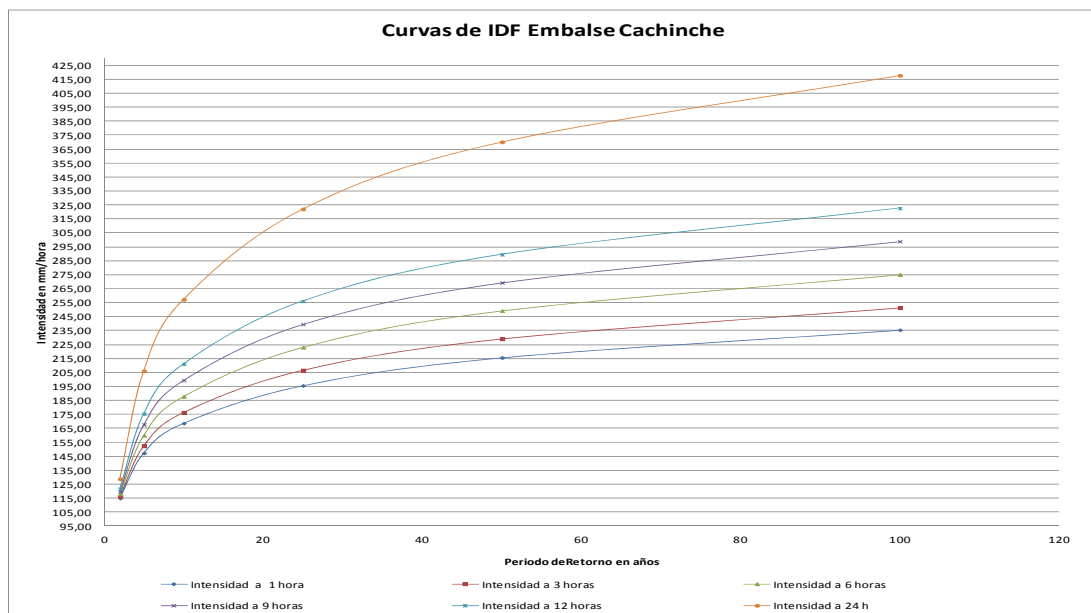


Figura A.2 Curvas de Intensidad Máxima para distintas duraciones y Períodos de Retornos. Estación INAMEH (mm/h)

Tabla A.4. Cálculo del Parámetro J para la Evapotranspiración Potencial**

Rios	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Sumatoria
Paíto	11,0481	11,5892	10,3840	10,7143	10,0571	9,6695	9,3504	9,2870	8,6611	9,8627	9,6695	8,7851	119,0781
Chirgua	8,9722	9,4140	10,4498	11,1153	11,6574	9,9274	8,6611	8,9722	9,3504	9,2870	9,2870	9,2870	116,3808
Pirapira	9,3504	9,4776	10,3840	10,7143	9,9274	9,4776	9,2870	9,4140	9,9274	9,7338	9,6054	9,5415	116,8404
Paya	9,2870	9,9274	10,5157	10,5818	9,3504	9,7338	10,3840	10,6480	10,8474	11,2500	10,9811	11,0481	124,5547
San Pedro	10,7143	11,7943	10,3840	10,6480	10,5818	11,0481	10,6480	11,1153	11,2500	11,2500	11,5892	11,0481	132,0711
Embalse Pao Cachinche	13,3346	13,6934	14,8181	15,1076	14,0553	12,6267	12,0696	11,2500	11,2500	11,7258	11,3853	11,5211	152,8373
Cabreales	11,2500	11,2500	11,2500	11,5211	11,9317	11,2500	10,8474	10,4498	11,0481	10,3840	10,7143	10,5157	132,4122

**Valores Calculados

Tabla A.5. Cálculo del Parámetro a para la Evapotranspiración Potencial**

Rios	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Paíto	0,6768	0,6854	0,6661	0,6714	0,6609	0,6547	0,6496	0,6486	0,6386	0,6578	0,6547	0,6406
Chirgua	0,6436	0,6506	0,6672	0,6778	0,6865	0,6588	0,6386	0,6436	0,6496	0,6486	0,6486	0,6486
Pirapira	0,6496	0,6516	0,6661	0,6714	0,6588	0,6516	0,6486	0,6506	0,6588	0,6557	0,6537	0,6527
Paya	0,6486	0,6588	0,6683	0,6693	0,6496	0,6557	0,6661	0,6704	0,6736	0,6800	0,6757	0,6768
San Pedro	0,6714	0,6887	0,6661	0,6704	0,6693	0,6768	0,6704	0,6778	0,6800	0,6800	0,6854	0,6768
Embalse Pao Cachinche	0,7134	0,7191	0,7371	0,7417	0,7249	0,7020	0,6931	0,6800	0,6800	0,6876	0,6822	0,6843
Cabreales	0,6800	0,6800	0,6800	0,6843	0,6909	0,6800	0,6736	0,6672	0,6768	0,6661	0,6714	0,6683

**Valores Calculados

Tabla A.6. Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Paíto m³**

EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	Volumen promedio mensual de la entrada al embalse del Río Paito m ³														Volumen Anual m ³	Caudal Anual m ³ /s
Porcentaje de Transf.	Porcentaje de Transf.	Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre		
0,137700	0,653800	1983	1	9586,156959	23397,6634	25415,8882	12099,4236	90628,81748	93685,06583	90515,12588	92403,30183	93324,26194	91915,80675	19374,06824	19384,9874	55144,21	0,638
		1984	2	12099,4236	21801,3318	24010,204	23024,8969	372079,0901	88107,46098	85337,30405	87269,62718	89105,18157	90795,89094	18392,53897	20532,1487	77712,92	0,899
		1985	3	23160,02952	23616,2788	23539,5036	21668,3949	90227,66056	90491,48384	89371,42721	86999,69495	521761,9816	334830,1846	22208,46433	29050,8607	113077,16	1,309
		1986	4	21131,30608	22879,2445	24316,1649	22203,1932	92280,95532	89676,66815	320971,6641	559229,1688	1151144,149	910074,5395	75044,41142	22020,3073	275914,31	3,193
		1987	5	21629,99285	23907,7897	23948,0129	23381,9245	89220,09571	88257,64756	84988,57557	90697,48532	190057,414	421232,9135	31946,33477	24523,287	92815,96	1,074
		1988	6	22486,0733	23702,7018	25342,101	26795,9904	99806,82181	84999,59871	84127,51253	94719,66296	1655760,868	989265,4903	170864,3661	42049,468	276660,05	3,202
		1989	7	19657,68353	23054,2563	24559,9819	24823,873	98920,62333	90527,88088	88528,52505	89231,61342	91055,41467	89496,10476	21297,57154	19841,5079	56749,59	0,657
		1990	8	20240,38708	21183,711	20877,4193	19656,608	83165,33405	78804,85896	79601,68538	84979,95638	90248,2637	90260,74284	19205,08969	20767,6753	52415,98	0,607
		1991	9	22021,80487	22252,5875	21917,8787	19788,0931	90872,08802	82143,12689	81415,09669	81876,91479	87969,25638	161425,5375	24483,28495	20529,5155	59724,60	0,691
		1992	10	21148,51413	22563,0006	23486,6131	23010,9295	86215,94587	83259,98946	142827,0931	909606,4523	631595,8883	349343,5521	82226,81541	33105,8465	200699,22	2,323
		1993	11	21513,75317	23655,9138	23527,7587	21153,2684	82035,35675	90417,57611	92885,91857	116160,7428	638028,543	345520,8095	77768,71459	21764,3914	129536,06	1,499
		1994	12	22639,52085	23476,6382	23741,1131	21392,5845	90167,52784	88931,98124	82660,9379	88439,31243	329502,3108	722823,6798	130005,4445	27692,9777	137622,84	1,593
		1995	13	9632,416378	11836,0222	10957,1428	9141,44478	37004,24162	28938,59518	111532,7857	595440,1995	395202,1038	392718,2519	103726,3049	10296,9286	143035,54	1,656
		1996	14	22944,30781	23190,1026	23346,764	23911,0872	92956,03967	87987,96813	90958,42759	95536,28091	98972,02171	96944,37869	19823,5417	19117,9962	57974,08	0,671
		1997	15	21764,73318	20770,6232	24243,4274	22295,6028	96012,21301	89616,30934	83047,85041	92986,12966	96007,09101	97236,09989	19941,82967	19621,2657	56961,93	0,659
		1998	16	13222,72157	13319,8366	13514,1383	13120,7337	63403,69969	62584,81758	62400,53315	61829,97061	65320,84418	62264,65608	12925,14349	13120,9017	38085,67	0,441
		1999	17	13222,72157	13319,8366	13514,1383	13120,7337	63403,69969	62584,81758	62400,53315	61829,97061	65320,84418	62264,65608	12925,14349	13120,9017	38085,67	0,441
		2000	18	13251,85347	13412,1314	13424,7221	13506,7797	62352,90073	61633,46513	62352,03518	62747,71054	62117,45976	62012,19164	13007,29705	13075,7593	37741,19	0,437
0,136500	0,541100	2001	19	20100,503	21947,1476	23825,5801	22703,4189	79604,48505	75041,85468	76307,55926	71893,13967	79178,30445	80082,76753	18775,78339	17660,1199	48926,72	0,566
		2002	20	20186,18978	22358,506	22602,6295	20454,9008	74626,97248	73986,43913	78491,26432	81148,48563	85268,43005	80460,49862	18662,46382	18580,5949	49735,61	0,576
		2003	21	20932,71796	22309,755	22892,6193	21560,3142	86392,44841	81108,17007	77728,50357	79942,65871	75510,14787	76028,65875	17668,63007	17643,0292	49976,47	0,578
		2004	22	71814,19905	72841,371	74735,0313	72406,3395	280427,6164	66817,44692	4927,364803	7351,759189	9896,67202	13476,82925	1317,986122	663,485729	56389,68	0,653
		2005	23	109314,0898	100862,915	81882,5733	95080,9623	655526,6081	772187,9156	949959,9848	1294849,066	761537,5121	660978,3596	209791,3287	146034,142	486500,45	5,631
0,140400	0,599200	2006	24	118963,5593	21858,1351	20822,3843	20303,2211	426850,7595	577251,9864	931211,3932	1652696,247	1057442,273	922904,075	148644,3548	73641,047	497715,79	5,761
		2007	25	111382,0731	104410,693	95548,326	66483,1733	387316,4166	695063,0349	679604,2518	793429,7894	1331998,739	1199157,712	30544,39721	18433,5843	459447,68	5,318
		2008	26	196342,5333	152717,287	126738,68	108763,446	598515,0017	853045,5844	910515,4062	867121,3401	668075,5188	716122,5927	118798,4659	87916,6636	450389,38	5,213
		2009	27	196342,5333	152717,287	126738,68	108763,446	598515,0017	853045,5844	910515,4062	867121,3401	668075,5188	716122,5927	118798,4659	87916,6636	450389,38	5,213
		2010	28	87139,55616	88132,9601	92458,2578	108763,446	598515,0017	853045,5844	910515,4062	867121,3401	668075,5188	716122,5927	118798,4659	87916,6636	433050,40	5,012
Promedio de Volumen Mensual m ³				45852,548	40410,562	38283,133	35692,080	198822,979	226544,390	261632,128	354809,263	419912,590	376852,934	59891,668	33786,526	174374,23	
Promedio de Caudal Mensual m ³ /s				0,531	0,468	0,443	0,413	2,301	2,622	3,028	4,107	4,860	4,362	0,693	0,391		2,018

**Valores Calculados

Tabla A.7. Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Cabréales m³ **

EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	Volumen promedio mensual de la entrada al embalse del Río Cabréales m ³														Volumen	Caudal
Porcentaje de Transf.	Porcentaje de Transf.	Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual m ³	Anual m ³ /s
0,523400	0,170270	1983	1	103915,543	156413,309	164084,616	113468,511	140031,357	142478,038	139940,341	141451,921	142189,196	141061,657	141119,557	141161,061	138942,93	1,608
		1984	2	113468,511	150345,626	158741,586	154996,418	365346,549	138012,883	135795,232	137342,155	138811,609	140165,107	137388,748	145521,44	159661,32	1,848
		1985	3	155510,059	157244,27	156952,446	149840,331	139710,21	139921,414	139024,752	137126,06	485175,282	335526,914	151893,144	177901,207	193818,84	2,243
		1986	4	147798,847	154442,79	159904,549	151873,108	141353,977	139269,113	324432,467	515169,662	989027,57	796039,143	352723,461	151177,956	335267,72	3,880
		1987	5	149694,364	158352,308	158505,197	156353,486	138903,604	138133,115	135516,057	140086,329	219628,982	404696,673	188906,952	160691,823	179122,41	2,073
		1988	6	152948,34	157572,765	163804,149	169330,407	147378,814	135524,882	134826,733	143306,286	1392998,8	859435,509	716936,709	227309,13	366781,04	4,245
		1989	7	142197,583	155108,013	160831,301	161834,356	146669,367	139950,552	138349,966	138912,824	140372,869	139124,563	148430,825	142896,303	146223,21	1,692
		1990	8	144412,449	147998,039	146833,819	142193,495	134056,46	130565,679	131203,579	135509,157	139726,704	139736,694	140477,267	146416,681	139927,50	1,620
		1991	9	151183,648	152060,857	150788,623	142693,272	140226,107	133238,132	132655,307	133025,015	137902,243	196707,715	160539,775	145511,431	148044,34	1,713
		1992	10	147864,255	153240,742	156751,409	154943,327	136498,63	134132,237	181818,719	795664,416	573102,884	347145,6	380023,899	193314,275	279541,70	3,235
		1993	11	149252,535	157394,923	156907,804	147882,326	133151,856	139862,247	141838,28	160470,955	578252,55	344085,301	363078,583	150205,215	218531,88	2,529
		1994	12	86053,1969	89235,0941	90240,3675	81313,5712	23482,4487	23160,6737	21527,4975	23032,3673	85812,7232	188245,928	494152,866	105261,471	109293,18	1,265
		1995	13	36612,9755	44988,9182	41648,2828	34746,7843	9637,06366	7536,51667	29046,6311	155071,28	102923,007	102276,135	394265,417	39138,7976	83157,65	0,962
		1996	14	87211,6972	88145,9673	88741,4401	90886,442	24208,6645	22914,8231	23688,4238	24880,6402	25775,4147	25247,353	75349,6131	72667,8227	54143,19	0,627
		1997	15	82728,1144	78949,4859	92149,6723	84745,9586	25004,5878	23338,8941	21628,2617	24216,5009	25003,2539	25323,3263	75799,2277	74580,7585	52789,00	0,611
		1998	16	50259,7855	50628,9213	51367,4654	49872,1279	16512,3095	16299,0469	16251,0535	16102,4611	17011,594	16215,6669	49128,6863	49872,7667	33293,49	0,385
		1999	17	50259,7855	50628,9213	51367,4654	49872,1279	16512,3095	16299,0469	16251,0535	16102,4611	17011,594	16215,6669	49128,6863	49872,7667	33293,49	0,385
		2000	18	50370,5164	50979,7354	51027,5931	51339,4951	16238,6485	16051,285	16238,4231	16341,4694	16177,3323	16149,9172	49440,9533	49701,1795	33338,05	0,386
0,529700	0,241900	2001	19	78001,7322	85167,7956	92457,2144	88102,5714	35587,3682	33547,6338	34113,4699	32139,9935	35396,8432	35801,1855	72861,0437	68531,6155	57642,37	0,667
		2002	20	78334,2471	86764,1071	87711,4493	79377,0034	33362,1598	33075,8078	35089,7003	36277,6172	38119,4478	35970,051	72421,2973	72103,5979	57383,87	0,664
		2003	21	81231,214	86574,9247	88836,7798	83666,6553	38621,9428	36259,594	34748,7064	35738,5495	33756,9853	33988,7868	68564,6399	68465,2936	57537,84	0,666
		2004	22	278681,181	282667,21	290015,722	280979,033	125365,811	29870,8934	2202,78977	3286,62086	4424,33	6024,84753	5114,5586	2574,71349	109267,31	1,265
		2005	23	424202,735	391407,225	317752,374	368969,859	293054,678	345208,384	424681,797	578865,254	340447,097	295491,896	814113,31	566698,058	430074,39	4,978
0,561800	0,249600	2006	24	476023,701	87463,6775	83319,1988	81241,8062	177806,992	240457,436	387901,141	688439,558	440483,296	384440,683	594789,163	294669,09	328086,31	3,797
		2007	25	445686,956	417791,505	382329,413	266027,399	161338,748	289532,266	283092,826	330507,469	554851,277	499515,629	122221,099	73760,5959	318887,93	3,691
		2008	26	785649,823	611086,695	507135,259	435208,718	249314,66	355340,751	379280,116	361204,083	278290,47	298304,738	475363,092	351791,892	423997,52	4,907
		2009	27	785649,823	611086,695	507135,259	435208,718	249314,66	355340,751	379280,116	361204,083	278290,47	298304,738	475363,092	351791,892	423997,52	4,907
		2010	28	348682,355	352657,386	369964,738	435208,718	249314,66	355340,751	379280,116	361204,083	278290,47	298304,738	475363,092	351791,892	354616,92	4,104
Promedio de Volumen Mensual m ³				206567,356	184514,211	175975,185	165792,001	125285,880	132523,673	150703,698	201524,260	268187,653	229269,506	258748,527	158049,312	188095,11	
Promedio de Caudal Mensual m ³ /s				2,391	2,136	2,037	1,919	1,450	1,534	1,744	2,332	3,104	2,654	2,995	1,829		2,177

**Valores Calculados

Tabla A.8. Calculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Chirgua m³ **

EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	Volumen promedio mensual de la entrada al embalse del Río Chirgua m ³														Volumen	Caudal
Porcentaje de Transf.	Porcentaje de Transf.	Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual m ³	Anual m ³ /s
0,275400	0,081730	1983	1	19172,3139	46795,3267	50831,7764	24198,8472	11329,2953	11711,3497	11315,083	11551,1194	11666,2464	11490,1788	38748,1365	38769,9748	23964,97	0,277
		1984	2	24198,8472	43602,6637	48020,4079	46049,7937	46512,7318	11014,1064	10667,8156	10909,3708	11138,8291	11350,1807	36785,0779	41064,2973	28442,84	0,329
		1985	3	46320,059	47232,5577	47079,0072	43336,7898	11279,1476	11312,1275	11172,1119	10875,6272	65224,2379	41856,3337	44416,9287	58101,7213	36517,22	0,423
		1986	4	42262,6122	45758,489	48632,3299	44406,3865	11535,8251	11210,2693	40123,9127	69907,9229	143901,822	113766,277	150088,823	44040,6146	63802,94	0,738
		1987	5	43259,9857	47815,5795	47896,0258	46763,849	11153,1943	11032,8809	10624,2219	11337,8793	23758,6302	52657,3356	63892,6695	49046,5739	34936,57	0,404
		1988	6	44972,1466	47405,4036	50684,202	53591,9808	12476,616	10625,5999	10516,5824	11840,6822	206982,771	123665,752	341728,732	84098,936	83215,78	0,963
		1989	7	39315,3671	46108,5126	49119,9638	49647,746	12365,8344	11316,6774	11066,7427	11154,6341	11382,6232	11187,6975	42595,1431	39683,0157	27912,00	0,323
		1990	8	40480,7742	42367,4219	41754,8385	39313,216	10396,3028	9851,21004	9950,81943	10623,1444	11281,7231	11283,2831	38410,1794	41535,3506	25604,02	0,296
		1991	9	44043,6097	44505,1751	43835,7574	39576,1863	11359,706	10268,5191	10177,5097	10235,2405	10996,8298	20179,4267	48966,5699	41059,0309	27933,63	0,323
		1992	10	42297,0283	45126,0013	46973,2261	46021,859	10777,6526	10408,1354	17854,4789	113707,763	78954,3162	43670,6156	164453,631	66211,693	57204,70	0,662
		1993	11	43027,5063	47311,8276	47055,5174	42306,5367	10255,047	11302,8885	11611,4502	14520,9812	79758,4473	43192,7436	155537,429	43528,7828	45784,10	0,530
		1994	12	45279,0417	46953,2765	47482,2262	42785,1691	11271,6305	11117,1778	10333,2494	11055,5904	41190,3088	90358,4878	260010,889	55385,9553	56101,92	0,649
		1995	13	19264,8328	23672,0445	21914,2856	18282,8896	4625,8132	3617,54571	13942,4512	74434,5786	49403,2853	49092,7848	207452,61	20593,8572	42191,41	0,488
		1996	14	45888,6156	46380,2052	46693,5281	47822,1745	11620,2158	10999,1689	11370,4991	11942,7657	12372,2596	12118,7887	39647,0834	38235,9923	27924,27	0,323
		1997	15	43529,4664	41541,2465	48486,8547	44591,2056	12002,2609	11202,724	10381,6164	11623,9773	12001,6206	12155,2561	39883,6593	39242,5313	27220,20	0,315
		1998	16	26445,4431	26639,6731	27028,2766	26241,4674	7925,94735	7823,58082	7800,54386	7729,21918	8165,60507	7783,55818	25850,287	26241,8035	17139,62	0,198
		1999	17	26445,4431	26639,6731	27028,2766	26241,4674	7925,94735	7823,58082	7800,54386	7729,21918	8165,60507	7783,55818	25850,287	26241,8035	17139,62	0,198
		2000	18	26503,7069	26824,2627	26849,4443	27013,5593	7794,58944	7704,65449	7794,48124	7843,94369	7765,15752	7751,9982	26014,5941	26151,5186	17167,66	0,199
0,264800	0,102290	2001	19	38993,5033	42575,8585	46219,8799	44042,9695	15048,4989	14185,9754	14425,2453	13590,7397	14967,9334	15138,9139	36423,6443	34259,3388	27489,38	0,318
		2002	20	39159,7293	43373,8636	43847,4453	39681,0091	14107,5458	13986,4588	14838,0548	15340,3781	16119,2159	15210,3205	36203,8126	36044,9928	27326,07	0,316
		2003	21	40607,9393	43279,2903	44410,0043	41825,4301	16331,7013	15332,7568	14693,8618	15112,4276	14274,502	14372,5217	34275,8479	34226,1841	27395,21	0,317
		2004	22	139314,285	141306,923	144980,486	140462,994	53012,2729	12631,2265	931,473195	1389,78275	1870,87522	2547,67116	2556,79652	1287,11371	53524,33	0,619
0,234000	0,108500	2005	23	212061,326	195666,667	158846,194	184450,101	123921,302	145975,054	179581,236	244779,359	143961,693	124951,906	406979,808	283295,536	200372,52	2,319
		2006	24	198272,599	36430,2252	34703,9739	33838,7018	85341,6572	115411,862	186180,115	330428,923	211417,864	184519,206	247740,591	122735,078	148918,40	1,724
		2007	25	185636,788	174017,822	159247,21	110805,289	77437,4278	138966,208	135875,483	158632,992	266310,829	239751,492	50907,3287	30722,6405	144025,96	1,667
		2008	26	327237,555	254528,812	211231,133	181272,41	119663,046	170552,171	182042,299	173366,383	133570,506	143176,713	197997,443	146527,773	186763,85	2,162
		2009	27	327237,555	254528,812	211231,133	181272,41	119663,046	170552,171	182042,299	173366,383	133570,506	143176,713	197997,443	146527,773	186763,85	2,162
		2010	28	145232,594	146888,267	154097,096	181272,41	119663,046	170552,171	182042,299	173366,383	133570,506	143176,713	197997,443	146527,773	157865,56	1,827
Promedio de Volumen Mensual m ³				82730,738	74116,996	70577,875	65968,387	34528,475	41017,438	47041,303	61371,336	66562,312	60620,230	112836,175	62906,702	65023,16	
Promedio de Caudal Mensual m ³ /s				0,958	0,858	0,817	0,764	0,400	0,475	0,544	0,710	0,770	0,702	1,306	0,728		0,753

**Valores Calculados

Tabla A.9. Cálculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Pira pira m³ **

EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	Volumen promedio mensual de la entrada al embalse del Río Pirapira m ³														Volumen	Caudal
Porcentaje de Transf.	Porcentaje de Transf.	Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril							Noviembre	Diciembre	Anual m ³	Anual m ³ /s
0,034400	0,008309	1983	1	2394,79883	5845,1679	6349,3577	3022,6592	1151,78165	1190,62284	1150,33677	1174,33318	1186,03746	1168,13772	4839,99962	4842,72742	2859,66	0,033
		1984	2	3022,6592	5446,37484	5998,19184	5752,04395	4728,67109	1119,73829	1084,53298	1109,09044	1132,4181	1153,90495	4594,7955	5129,30947	3355,98	0,039
		1985	3	5785,80258	5899,78207	5880,60221	5413,16474	1146,68344	1150,03631	1135,80176	1105,65993	6630,95795	4255,28297	5548,08404	7257,44086	4267,44	0,049
		1986	4	5278,99004	5715,6573	6074,62653	5546,76723	1172,77831	1139,681	4079,15809	7107,12016	14629,6371	11565,9366	18747,4782	5501,07895	7213,24	0,083
		1987	5	5403,5712	5972,60687	5982,65536	5841,23604	1133,87852	1121,64698	1080,10106	1152,65434	2415,39776	5353,35619	7980,7837	6126,36944	4130,35	0,048
		1988	6	5617,43589	5921,37213	6330,92429	6694,13267	1268,42289	1080,24115	1069,158	1203,77131	21042,6997	12572,3569	42685,0704	10504,7327	9665,86	0,112
		1989	7	4910,85195	5759,37847	6135,53651	6201,46138	1257,16038	1150,49887	1125,0895	1134,02489	1157,20318	1137,38626	5320,52622	4956,77466	3353,82	0,039
		1990	8	5056,42204	5292,08175	5215,56443	4910,58326	1056,92989	1001,51357	1011,64026	1079,99152	1146,94528	1147,10387	4797,78566	5188,14837	3075,39	0,036
		1991	9	5501,45307	5559,10683	5475,49039	4943,43067	1154,87332	1043,93888	1034,68651	1040,55565	1117,98188	2051,52155	6116,3762	5128,65164	3347,34	0,039
		1992	10	5283,28893	5636,65375	5867,38917	5748,55465	1095,69944	1058,13284	1815,15803	11559,9878	8026,81284	4439,73015	20541,7752	8270,45112	6611,97	0,077
		1993	11	5374,53238	5909,68362	5877,66811	5284,47663	1042,56926	1149,09703	1180,46665	1476,26126	8108,56403	4391,14776	19428,0594	5437,14644	5388,31	0,062
		1994	12	5655,76991	5864,89728	5930,96798	5344,26222	1145,91922	1130,21693	1050,51963	1123,95572	4187,57219	9186,20672	32477,7581	6918,21664	6668,02	0,077
		1995	13	2406,35529	2956,85668	2737,29638	2283,70153	470,278745	367,774224	1417,44557	7567,31817	5022,53637	4990,96965	25912,7443	2572,3627	4892,14	0,057
		1996	14	5731,91132	5793,31539	5832,45231	5973,43066	1181,35781	1118,21968	1155,97059	1214,14952	1257,81359	1232,04473	4952,28638	4776,02809	3351,58	0,039
		1997	15	5437,23182	5188,88482	6056,45534	5569,85284	1220,19804	1138,91391	1055,43681	1181,74021	1220,13294	1235,75215	4981,8369	4901,7541	3265,68	0,038
		1998	16	3303,27975	3327,54087	3376,08103	3277,8013	805,783635	795,376643	793,034613	785,783459	830,148202	791,307781	3228,93926	3277,84328	2049,41	0,024
		1999	17	3303,27975	3327,54087	3376,08103	3277,8013	805,783635	795,376643	793,034613	785,783459	830,148202	791,307781	3228,93926	3277,84328	2049,41	0,024
		2000	18	3310,55744	3350,59782	3353,74322	3374,2427	792,429263	783,286115	792,418263	797,446814	789,437096	788,099266	3249,46273	3266,56586	2054,02	0,024
0,040000	0,006920	2001	19	5890,25729	6431,39857	6981,85497	6653,01653	1018,04294	959,692542	975,879339	919,42437	1012,59262	1024,15958	5502,06107	5175,12671	3545,29	0,041
		2002	20	5915,36697	6551,94314	6623,48116	5994,11013	954,386711	946,195082	1003,80623	1037,7888	1090,4778	1028,9903	5468,85387	5444,86297	3505,02	0,041
		2003	21	6134,12981	6537,65714	6708,45987	6318,0408	1104,8526	1037,27322	994,051459	1022,36777	965,681433	972,312546	5177,62053	5170,11845	3511,88	0,041
		2004	22	21044,4539	21345,4567	21900,3755	21217,9749	3586,3225	854,512535	63,0149038	94,0199105	126,566199	172,351984	386,223039	194,428053	7582,14	0,088
		2005	23	32033,4329	29556,8983	23994,8933	27862,5531	8383,37484	9875,32873	12148,8137	16559,5186	9739,12324	8453,09601	61477,3124	42793,8877	23573,19	0,273
0,035600	0,005870	2006	24	30164,5492	5542,37614	5279,74987	5148,11019	4630,39041	6261,9124	10101,5922	17928,1135	11470,9192	10011,4761	37690,4489	18672,5162	13575,18	0,157
		2007	25	28242,1781	26474,5062	24227,3533	16857,5568	4201,52989	7539,90275	7372,20901	8606,96534	14449,252	13008,2195	7744,87565	4674,04274	13616,55	0,158
		2008	26	49784,8589	38723,1868	32136,0185	27578,1958	6492,56928	9253,66538	9877,08635	9406,35633	7247,14765	7768,35256	30122,6879	22292,2594	20890,20	0,242
		2009	27	49784,8589	38723,1868	32136,0185	27578,1958	6492,56928	9253,66538	9877,08635	9406,35633	7247,14765	7768,35256	30122,6879	22292,2594	20890,20	0,242
		2010	28	22095,2151	22347,1038	23443,8318	27578,1958	6492,56928	9253,66538	9877,08635	9406,35633	7247,14765	7768,35256	30122,6879	22292,2594	16493,71	0,191
Promedio de Volumen Mensual m ³				11923,8390	10535,7576	9974,3972	9330,1983	2356,7074	2627,5045	3039,8077	4178,1034	5047,4464	4508,1149	15444,5772	8797,6859	7313,68	
Promedio de Caudal Mensual m ³ /s				0,1380	0,1219	0,1154	0,1080	0,0273	0,0304	0,0352	0,0484	0,0584	0,0522	0,1788	0,1018		0,085

**Valores Calculados

Tabla A.10. Cálculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río Paya m³ **

EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	Volumen promedio mensual de la entrada al embalse del Río Paya m ³														Volumen	Caudal
Porcentaje de Transf.	Porcentaje de Transf.	Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril							Noviembre	Diciembre	Anual m ³	Anual m ³ /s
0,017900	0,005450	1983	1	1246,13079	3041,52632	3303,88089	1572,8372	755,4711766	780,947704	754,523457	770,26307	777,940085	766,199368	2518,48817	2519,90758	1567,34	0,018
		1984	2	1572,8372	2834,01482	3121,15215	2993,06938	3101,607588	734,453445	711,361742	727,469361	742,770327	756,863881	2390,8965	2669,03022	1862,96	0,022
		1985	3	3010,63565	3069,94474	3059,96452	2816,73398	752,1271797	754,32638	744,989719	725,219238	4349,34659	2791,10509	2886,93908	3776,40091	2394,81	0,028
		1986	4	2746,91633	2974,13563	3160,92485	2886,25388	769,2432035	747,534172	2675,58209	4661,66866	9595,8024	7586,27446	9755,2285	2862,48003	4201,84	0,049
		1987	5	2811,74199	3107,83904	3113,06776	3039,48038	743,7282374	735,705383	708,454783	756,043584	1584,29628	3511,34809	4152,79152	3187,84921	2287,70	0,026
		1988	6	2923,02623	3081,1791	3294,28909	3483,28415	831,9779426	708,54667	701,277062	789,571984	13802,2281	8246,40092	22211,1267	5466,12547	5461,59	0,063
		1989	7	2555,3561	2996,88589	3192,61929	3226,92322	824,5906961	754,629781	737,963386	743,824248	759,027241	746,029016	2768,52963	2579,25193	1823,80	0,021
		1990	8	2631,10333	2753,72858	2713,91289	2555,21629	693,2564555	656,908047	663,550299	708,382934	752,298925	752,40295	2496,52219	2699,64697	1673,08	0,019
		1991	9	2862,67471	2892,67478	2849,16506	2572,3084	757,4990513	684,735457	678,666682	682,516344	733,301388	1345,62432	3182,64924	2668,68792	1825,88	0,021
		1992	10	2749,15325	2933,02623	3053,08913	2991,25373	718,6859973	694,045492	1190,58987	7582,37254	5264,90913	2912,08681	10688,8889	4303,51962	3756,80	0,043
		1993	11	2796,63168	3075,097	3058,43777	2749,77127	683,8370974	753,710293	774,286106	968,302307	5318,53099	2880,22088	10109,3681	2829,21283	2999,78	0,035
		1994	12	2942,9733	3051,79248	3086,17229	2780,88063	751,6259203	741,326549	689,051868	737,21972	2746,69256	6025,37329	16899,7637	3599,88599	3671,06	0,042
		1995	13	1252,14418	1538,59694	1424,34899	1188,32143	308,4630114	241,22873	929,7242	4963,51956	3294,35831	3273,65322	13483,6664	1338,52594	2769,71	0,032
		1996	14	2982,59339	3014,54493	3034,90978	3108,2677	774,8706274	733,457367	758,218768	796,379215	825,019147	808,116953	2576,91646	2485,20066	1824,87	0,021
		1997	15	2829,25725	2700,03018	3151,4695	2898,26645	800,3465294	747,031028	692,277126	775,121454	800,303833	810,548707	2592,29304	2550,62204	1778,96	0,021
		1998	16	1718,85778	1731,48202	1756,73984	1705,60009	528,5257927	521,699688	520,163514	515,407372	544,506884	519,030859	1680,17479	1705,62194	1120,65	0,013
		1999	17	1718,85778	1731,48202	1756,73984	1705,60009	528,5257927	521,699688	520,163514	515,407372	544,506884	519,030859	1680,17479	1705,62194	1120,65	0,013
		2000	18	1722,64471	1743,47968	1745,11639	1755,78327	519,766456	513,769325	519,759241	523,057544	517,803848	516,926345	1690,85416	1699,75375	1122,39	0,013
0,019400	0,004830	2001	19	2856,77479	3119,22831	3386,19966	3226,71302	710,5704358	669,843205	681,141215	641,736952	706,766236	714,83971	2668,49962	2509,93645	1824,35	0,021
		2002	20	2868,95298	3177,69242	3212,38836	2907,14341	666,1398579	660,42229	700,633537	724,352588	761,128289	718,211437	2652,39413	2640,75854	1807,52	0,021
		2003	21	2975,05296	3170,76371	3253,60304	3064,24979	771,1615705	723,992721	693,824935	713,589062	674,023312	678,651676	2511,14596	2507,50745	1811,46	0,021
		2004	22	10206,5602	10352,5465	10621,6821	10290,7178	2503,170185	596,429992	43,9829458	65,6237237	88,3402806	120,2977	187,318174	94,2976055	3764,25	0,044
		2005	23	15536,215	14335,0957	11637,5232	13513,3382	5851,401806	6892,75112	8479,59107	11558,1611	6797,68284	5900,06556	29816,4965	20755,0355	12589,45	0,146
0,018700	0,006500	2006	24	15844,8615	2911,30432	2773,35176	2704,20395	4630,390415	6261,9124	10101,5922	17928,1135	11470,9192	10011,4761	19798,0729	9808,31609	9520,38	0,110
		2007	25	14835,0767	13906,5524	12726,1659	8854,95258	4201,529887	7539,90275	7372,20901	8606,96534	14449,252	13008,2195	4068,23524	2455,18537	9335,35	0,108
		2008	26	26151,0354	20340,5504	16880,4367	14486,2995	6492,569277	9253,66538	9877,08635	9406,35633	7247,14765	7768,35256	15822,8726	11709,6981	12953,01	0,150
		2009	27	26151,0354	20340,5504	16880,4367	14486,2995	6492,569277	9253,66538	9877,08635	9406,35633	7247,14765	7768,35256	15822,8726	11709,6981	12953,01	0,150
		2010	28	11606,1944	11738,5068	12314,597	14486,2995	6492,569277	9253,66538	9877,08635	9406,35633	7247,14765	7768,35256	15822,8726	11709,6981	10643,61	0,123
Promedio de Volumen Mensual m ³				6146,618	5416,580	5127,228	4787,502	1916,294	2254,714	2595,530	3442,834	3915,829	3543,716	7962,002	4519,553	4302,37	
Promedio de Caudal Mensual m ³ /s				0,071	0,063	0,059	0,055	0,022	0,026	0,030	0,040	0,045	0,041	0,092	0,052		0,050

**Valores Calculados

Tabla A.11. Cálculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Río San Pedro La Arenosa m³ **

EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	Volumen promedio mensual de la entrada al embalse del Río San Pedro a Arenosa m ³															
Porcentaje de Transf.	Porcentaje de Transf.	Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril							Noviembre	Diciembre		
0,110200	0,025800	1983	1	7671,71022	18724,9274	20340,0935	9683,0536	3576,35896	3696,96344	3571,87251	3646,38297	3682,72554	3627,14563	15504,8825	15513,621	9103,31	0,105
		1984	2	9683,0536	17447,3985	19215,1378	18426,6059	14682,8396	3476,86218	3367,54733	3443,79991	3516,23384	3582,95195	14719,374	16431,6832	10666,12	0,123
		1985	3	18534,7513	18899,8833	18838,4408	17341,0103	3560,52867	3570,93956	3526,74032	3433,14795	20589,5673	13212,9378	17773,2227	23249,1274	13544,19	0,157
		1986	4	16911,1832	18310,0417	19459,9955	17769,0043	3641,55498	3538,78562	12666,0583	22068,0828	45426,0004	35913,0057	60057,3285	17622,6424	22781,97	0,264
		1987	5	17310,2775	19133,1767	19165,3669	18712,3317	3520,76854	3482,78878	3353,78594	3579,06871	7499,97137	16622,5286	25566,3478	19625,7533	13131,01	0,152
		1988	6	17995,3905	18969,0468	20281,0423	21444,5762	3938,53778	3354,22093	3319,80701	3737,79031	65338,9881	39038,008	136741,127	33651,7892	30650,86	0,355
		1989	7	15731,8571	18450,102	19655,1199	19866,3094	3903,56697	3572,37584	3493,47805	3521,22304	3593,19318	3531,6603	17044,2439	15878,97	10686,84	0,124
		1990	8	16198,1892	16953,1223	16708	15730,9964	3281,8379	3109,76654	3141,21059	3353,44582	3561,3417	3561,83415	15369,6506	16620,173	9799,13	0,113
		1991	9	17623,8409	17808,5341	17540,6698	15836,2227	3585,95881	3241,49996	3212,77072	3230,9948	3471,4084	6370,11145	19593,74	16429,5759	10662,11	0,123
		1992	10	16924,9547	18056,9548	18796,113	18415,428	3402,21995	3285,57315	5636,18691	35894,5342	24923,79	13785,6587	65805,3381	26494,294	20951,75	0,242
		1993	11	17217,252	18931,6028	18829,0415	16928,7594	3237,24718	3568,02304	3665,42781	4583,88982	25177,6329	13634,8071	62237,5624	17417,8354	17119,09	0,198
		1994	12	18118,1932	18788,1302	18999,787	17120,2819	3558,15573	3509,39908	3261,93362	3489,95757	13002,6914	28523,7855	104042,12	22162,4266	21214,74	0,246
		1995	13	7708,73119	9472,256	8768,89714	7315,81129	1460,24692	1141,96353	4401,26318	23497,0284	15595,3109	15497,2941	83011,175	8240,534	15509,21	0,180
		1996	14	18362,1113	18558,8185	18684,1932	19135,8156	3668,1949	3472,1468	3589,36591	3770,01537	3905,59523	3825,58117	15864,5918	15299,9504	10678,03	0,124
		1997	15	17418,1089	16622,5322	19401,7843	17842,9588	3788,79641	3536,40376	3277,20181	3669,3823	3788,59429	3837,09296	15959,2566	15702,7122	10403,74	0,120
		1998	16	10582,0183	10659,7385	10815,2363	10500,3983	2502,01201	2469,6976	2462,42544	2439,91013	2577,66562	2457,06352	10343,8694	10500,5328	6525,88	0,076
		1999	17	10582,0183	10659,7385	10815,2363	10500,3983	2502,01201	2469,6976	2462,42544	2439,91013	2577,66562	2457,06352	10343,8694	10500,5328	6525,88	0,076
		2000	18	10605,3323	10733,6011	10743,6774	10809,3473	2460,54579	2432,15571	2460,51164	2476,12562	2451,25491	2447,10086	10409,6161	10464,4058	6541,14	0,076
0,009400	0,026800	2001	19	1384,21046	1511,37866	1640,73592	1563,45889	3942,70966	3716,72834	3779,41709	3560,77646	3921,60148	3966,39839	1292,98435	1216,15478	2624,71	0,030
		2002	20	1390,11124	1539,70664	1556,51807	1408,61588	3696,17975	3664,45494	3887,57325	4019,18206	4223,23771	3985,10694	1285,18066	1279,5428	2661,28	0,031
		2003	21	1441,5205	1536,34943	1576,48807	1484,73959	4278,90892	4017,18529	3849,79467	3959,45898	3739,92231	3765,6035	1216,74083	1214,97784	2673,47	0,031
		2004	22	4945,44667	5016,18232	5146,58824	4986,22411	13889,2259	3309,38381	244,046159	364,123353	490,169673	667,490342	90,7624142	45,6905923	3266,28	0,038
		2005	23	7527,85673	6945,87109	5638,79992	6547,69997	32467,4055	38245,4928	47050,319	64132,2398	37717,9917	32737,4238	14447,1684	10056,5636	25292,90	0,293
0,009360	0,034450	2006	24	7930,90395	1457,20901	1388,15895	1353,54807	2454,10692	3318,81357	5353,84387	9501,90015	6079,58717	5306,08234	9909,62365	4909,40313	4913,60	0,057
		2007	25	7425,47154	6960,71287	6369,8884	4432,21156	2226,81084	3996,14846	3907,27077	4561,69163	7658,10356	6894,35634	2036,29315	1228,90562	4808,16	0,056
		2008	26	13089,5022	10181,1525	8449,24532	7250,89641	3441,06172	4904,44265	5234,85577	4985,36885	3840,98825	4117,22686	7919,89773	5861,11091	6606,31	0,076
		2009	27	13089,5022	10181,1525	8449,24532	7250,89641	3441,06172	4904,44265	5234,85577	4985,36885	3840,98825	4117,22686	7919,89773	5861,11091	6606,31	0,076
		2010	28	5809,30374	5875,53067	6163,88386	7250,89641	3441,06172	4904,44265	5234,85577	4985,36885	3840,98825	4117,22686	7919,89773	5861,11091	5450,38	0,063
				11757,6001	12442,3161	12622,7637	11675,3035	5126,7827	4711,09994	5523,10159	8476,07746	11644,0432	10057,1348	26943,7772	12476,469		
				0,1361	0,1440	0,1461	0,1351	0,0593	0,0545	0,0639	0,0981	0,1348	0,1164	0,3118	0,1444		

**Valores Calculados

Tabla A.12. Cálculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Caño la Yuca m³ **

EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	Volumen promedio mensual de la entrada al embalse del Río La Yuca m³														Volumen	Caudal
Porcentaje de Transf.	Porcentaje de Transf.	Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual m³	Anual m³/s
0,000000	0,013600	1983	1	0	0	0	0	1885,21248	1948,78693	1882,84753	1922,12436	1941,28168	1911,98374	0	0	957,69	0,011
		1984	2	0	0	0	0	7739,79141	1832,76456	1775,14123	1815,33639	1853,51861	1888,68785	0	0	1408,77	0,016
		1985	3	0	0	0	0	1876,86782	1882,35574	1859,05691	1809,7214	10853,4153	6964,95948	0	0	2103,86	0,024
		1986	4	0	0	0	0	1919,57937	1865,40637	6676,68191	11632,7878	23945,4886	18930,8867	0	0	5414,24	0,063
		1987	5	0	0	0	0	1855,909	1835,88866	1767,88716	1886,64087	3953,47328	8762,26311	0	0	1671,84	0,019
		1988	6	0	0	0	0	2076,12844	1768,11646	1749,97579	1970,30807	34442,2573	20578,1748	0	0	5215,41	0,060
		1989	7	0	0	0	0	2057,69421	1883,11285	1841,52331	1856,14858	1894,08633	1861,65039	0	0	949,52	0,011
		1990	8	0	0	0	0	1729,96106	1639,25678	1655,83194	1767,70787	1877,2964	1877,55598	0	0	878,97	0,010
		1991	9	0	0	0	0	1890,27286	1708,69765	1693,55356	1703,16005	1829,8897	3357,88821	0	0	1015,29	0,012
		1992	10	0	0	0	0	1793,41827	1731,93003	2971,01326	18921,1498	13138,1219	7266,85884	0	0	3818,54	0,044
		1993	11	0	0	0	0	1706,45588	1880,81835	1932,16349	2416,31401	13271,9305	7187,34018	0	0	2366,25	0,027
		1994	12	0	0	0	0	1875,61698	1849,91579	1719,46888	1839,66756	6854,13189	15035,7939	0	0	2431,22	0,028
		1995	13	0	0	0	0	769,742561	601,965271	2320,04571	12386,0305	8220,78405	8169,11628	0	0	2705,64	0,031
		1996	14	0	0	0	0	1933,62212	1830,27893	1892,06885	1987,29492	2058,76338	2016,58542	0	0	976,55	0,011
		1997	15	0	0	0	0	1997,19501	1864,15082	1727,51723	1934,24803	1997,08846	2022,65365	0	0	961,90	0,011
		1998	16	0	0	0	0	1318,89005	1301,8561	1298,02271	1286,15418	1358,76947	1295,19627	0	0	654,91	0,008
		1999	17	0	0	0	0	1318,89005	1301,8561	1298,02271	1286,15418	1358,76947	1295,19627	0	0	654,91	0,008
		2000	18	0	0	0	0	1297,03189	1282,06657	1297,01389	1305,24451	1292,13437	1289,94464	0	0	646,95	0,007
0,000000	0,021900	2001	19	0	0	0	0	3221,84111	3037,17726	3088,40427	2909,73897	3204,59225	3241,19869	0	0	1558,58	0,018
		2002	20	0	0	0	0	3020,38569	2994,46131	3176,7856	3284,33161	3451,07858	3256,48664	0	0	1598,63	0,019
		2003	21	0	0	0	0	3496,5711	3282,69992	3145,9143	3235,52805	3056,13055	3077,11629	0	0	1607,83	0,019
		2004	22	0	0	0	0	11349,7779	2704,3099	199,425779	297,548561	400,549099	545,449197	0	0	1291,42	0,015
		2005	23	0	0	0	0	26531,2007	31252,8467	38447,8353	52406,5691	30821,7917	26751,8501	0	0	17184,34	0,199
0,000000	0,022800	2006	24	0	0	0	0	16241,9848	21964,862	35433,2773	62886,3058	40236,455	35117,1778	0	0	17656,67	0,204
		2007	25	0	0	0	0	14737,6741	26447,6589	25859,4408	30190,5861	50683,5301	45628,8315	0	0	16128,98	0,187
		2008	26	0	0	0	0	22773,9353	32459,0109	34645,7798	32994,6037	25420,7641	27248,9905	0	0	14628,59	0,169
		2009	27	0	0	0	0	22773,9353	32459,0109	34645,7798	32994,6037	25420,7641	27248,9905	0	0	14628,59	0,169
		2010	28	0	0	0	0	22773,9353	32459,0109	34645,7798	32994,6037	25420,7641	27248,9905	0	0	14628,59	0,169
Promedio de Volumen Mensual m³				0	0	0	0	6570,12574	7823,93831	8951,6521	11568,5933	12152,0579	11109,922	0	0	4848,02	
Promedio de Caudal Mensual m³/s				0	0	0	0	0,0760	0,0906	0,1036	0,1339	0,1406	0,1286	0	0		0,056

**Valores Calculados

Tabla A.11. Cálculo del Volumen Promedio Mensual de la Entrada de la Quebrada José Leonardo m³ **

EPOCA DE SEQUÍA	EPOCA DE LLUVIA	Volumen promedio mensual de la entrada al embalse de la Quebrada José Leonardo m ³														Volumen	Caudal
Porcentaje de Transf.	Porcentaje de Transf.	Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual m ³	Anual m ³ /s
0,000000	0,040800	1983	1	0	0	0	0	5655,63743	5846,36079	5648,54258	5766,37307	5823,84504	5735,95123	0	0	2873,06	0,033
		1984	2	0	0	0	0	23219,3742	5498,29368	5325,42369	5446,00916	5560,55584	5666,06355	0	0	4226,31	0,049
		1985	3	0	0	0	0	5630,60347	5647,06721	5577,17074	5429,1642	32560,246	20894,8785	0	0	6311,59	0,073
		1986	4	0	0	0	0	5758,73811	5596,21912	20030,0457	34898,3635	71836,4657	56792,6602	0	0	16242,71	0,188
		1987	5	0	0	0	0	5567,72699	5507,66598	5303,66149	5659,92261	11860,4198	26286,7893	0	0	5015,52	0,058
		1988	6	0	0	0	0	6228,38533	5304,34938	5249,92737	5910,92421	103326,772	61734,5243	0	0	15646,24	0,181
		1989	7	0	0	0	0	6173,08264	5649,33854	5524,56993	5568,44574	5682,25898	5584,95117	0	0	2848,55	0,033
		1990	8	0	0	0	0	5189,88319	4917,77034	4967,49581	5303,12362	5631,8892	5632,66795	0	0	2636,90	0,031
		1991	9	0	0	0	0	5670,81859	5126,09296	5080,66067	5109,48015	5489,6691	10073,6646	0	0	3045,87	0,035
		1992	10	0	0	0	0	5380,25481	5195,7901	8913,03977	56763,4495	39414,3656	21800,5765	0	0	11455,62	0,133
		1993	11	0	0	0	0	5119,36763	5642,45504	5796,49048	7248,94204	39815,7916	21562,0205	0	0	7098,76	0,082
		1994	12	0	0	0	0	5626,85093	5549,74738	5158,40665	5519,00267	20562,3957	45107,3817	0	0	7293,65	0,084
		1995	13	0	0	0	0	2309,22768	1805,89581	6960,13713	37158,0914	24662,3521	24507,3488	0	0	8116,92	0,094
		1996	14	0	0	0	0	5800,86635	5490,8368	5676,20655	5961,88477	6176,29013	6049,75627	0	0	2929,65	0,034
		1997	15	0	0	0	0	5991,58503	5592,45246	5182,55169	5802,7441	5991,26539	6067,96096	0	0	2885,71	0,033
		1998	16	0	0	0	0	3956,67015	3905,5683	3894,06814	3858,46253	4076,30842	3885,58882	0	0	1964,72	0,023
		1999	17	0	0	0	0	3956,67015	3905,5683	3894,06814	3858,46253	4076,30842	3885,58882	0	0	1964,72	0,023
		0,000000	0,053800	2000	18	0	0	0	0	3891,09567	3846,19972	3891,04166	3915,73354	3876,40312	3869,83392	0	0
2001	19			0	0	0	0	7914,84254	7461,19346	7587,03879	7148,12588	7872,46864	7962,39677	0	0	3828,84	0,044
2002	20			0	0	0	0	7419,94293	7356,25656	7804,15823	8068,35802	8477,99212	7999,95348	0	0	3927,22	0,045
2003	21			0	0	0	0	8589,75	8064,34957	7728,31915	7948,46616	7507,75449	7559,30852	0	0	3949,83	0,046
2004	22			0	0	0	0	27882,1027	6643,46451	489,913558	730,964044	983,997329	1339,96195	0	0	3172,53	0,037
0,000000	0,059900	2005	23	0	0	0	0	65177,105	76776,3997	94451,7597	128743,078	75717,461	65719,1568	0	0	42215,41	0,489
		2006	24	0	0	0	0	42670,8286	57705,9312	93090,0575	165214,461	105708,932	92259,603	0	0	46387,48	0,537
		2007	25	0	0	0	0	38718,7139	69483,1038	67937,7415	79316,496	133155,415	119875,746	0	0	42373,93	0,490
		2008	26	0	0	0	0	59831,523	85276,0856	91021,1496	86683,1914	66785,253	71588,3566	0	0	38432,13	0,445
		2009	27	0	0	0	0	59831,523	85276,0856	91021,1496	86683,1914	66785,253	71588,3566	0	0	38432,13	0,445
Promedio de Volumen Mensual m ³				0	0	0	0	17464,0962	20690,951	23722,3552	30942,7894	33435,835	30450,693	0	0	13058,89	
Promedio de Caudal Mensual m ³ /s				0	0	0	0	0,20213	0,23948	0,27456	0,35813	0,38699	0,35244	0	0		0,151

**Valores Calculados

Tabla A.12. Volumen Promedio Mensual de la Entrada del Trasvase del Lago de Valencia a Pao Cachinche m³ *

Volumen promedio mensual de la entrada Trasvase del Lago de Valencia al embalse de Pao Cachinche m ³													
Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2007	25	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808
2008	26	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808
2009	27	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808
2010	28	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808
Promedio de Volumen Mensual m ³		839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808	839808
Promedio de Caudal Mensual m ³ /s		0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324	0,324

*Datos históricos suministrados por Hidrocentro y transformados en unidad volumétrica

Tabla A.13. Volumen Promedio Mensual de la Entrada de la PTAR La Mariposa a la Convergencia del Paíto m³ *

Volumen promedio mensual de la entrada al embalse de la Planta La Mariposa l m ³													
Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1999	17	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00	4.930.500,00
2000	18	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00
2001	19	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00
2002	20	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00
2003	21	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00
2004	22	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00	5.443.200,00
2005	23	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00
2006	24	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00
2007	25	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00
2008	26	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00
2009	27	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00	7.776.000,00
2010	28	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00	11.404.808,00
Promedio de Volumen Mensual m ³		6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67	6.869.275,67
Promedio de Caudal Mensual m ³ /s		2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65

*Datos históricos suministrados por Hidrocentro y transformados en unidad volumétrica

Tabla A.14. Volumen Promedio Mensual de la Entrada de la PTAR Los Guayos a la Convergencia del Paíto m³ *

Volumen promedio mensual de la entrada de la Planta los Guayos al embalse de pao Cachinche m ³													
Fecha	Años	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2000	18	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00
2001	19	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00
2002	20	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00
2003	21	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00
2004	22	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00	164.160,00
2005	23	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00
2006	24	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00
2007	25	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00
2008	26	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00
2009	27	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00	190.080,00
2010	28	224.640,00	224.640,00	224.640,00	224.640,00	224.640,00	224.640,00	224.640,00	224.640,00	224.640,00	224.640,00	224.640,00	224.640,00
Promedio de Volumen Mensual m ³		181.440,00	181.440,00	181.440,00	181.440,00	181.440,00	181.440,00	181.440,00	181.440,00	181.440,00	181.440,00	181.440,00	181.440,00
Promedio de Caudal Mensual m ³ /s		2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10	2,10

*Datos históricos suministrados por Hidrocentro y transformados en unidad volumétrica

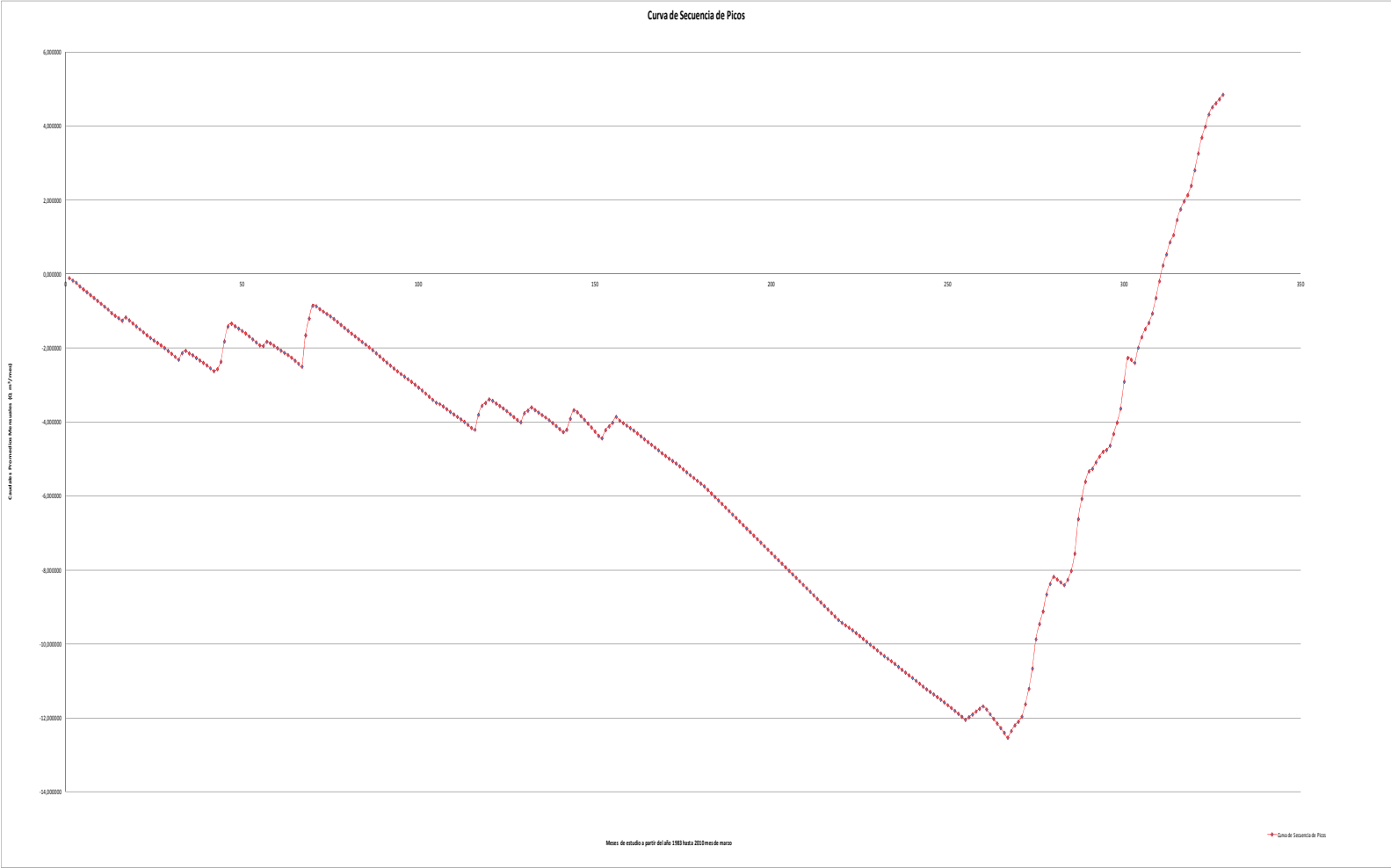


Figura A.3 Curva de Secuencia de Picos del Embalse Pao Cachinche período evaluado 1983 al 2010

Tabla B.1. Coeficiente de Escorrentía para la Formula Racional

		Coeficiente de escorrentía				
Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente de terreno				
		Pronunciada > 50%	Alta > 20%	Media > 5%	Suave > 1%	Despreciable < 1 %
Vegetación	Impermeable	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
	Semipermable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.60
	Permeable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
Cultivos	Impermeable	0.70	0.65	0.60	0.55	0.50
	Semipermable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Permeable	0.40	0.35	0.30	0.25	0.20
Pastos Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.60	0.55	0.50	0.45
	Semipermable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Permeable	0.35	0.30	0.25	0.20	0.15
Hierba, Grama	Impermeable	0.60	0.55	0.50	0.45	0.40
	Semipermable	0.50	0.45	0.40	0.35	0.30
	Permeable	0.30	0.25	0.20	0.15	0.10
Bosque Densa vegetación	Impermeable	0.55	0.50	0.45	0.40	0.35
	Semipermable	0.45	0.40	0.35	0.30	0.25
	Permeable	0.25	0.20	0.15	0.10	0.05
NOTA: Para zonas que se espera puedan ser quemadas, deben aumentarse los coeficientes cc sigue:						
Cultivos: multiplicar por 1,1						
Hierba, pastos, vegetación ligera, bosques y densa vegetación: Multiplicar por 1,3						

Fuente: Hidrología Ambiental. Cartaya & Guevara 2004

Tabla B.2. Evaluación Parámetros Fisicoquímicos Bacteriológicos y Químicos Sanitarios Embalse Pao Cachinche y Desembocaduras

 Gobierno Bolivariano de Venezuela  Asamblea Nacional República Bolivariana de Venezuela   Ministerio del Poder Popular para el Ambiente Trabaja por un ambiente sano   DEFENSORÍA DEL PUEBLO Instituto de la Defensoría del Pueblo  Ministerio del Poder Popular para la Salud  Ministerio del Poder Popular para el Ambiente INSAUD   200 BICENTENARIO																							
PARÁMETROS	Método	LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES O NÚMICO	HIDROCENTRO GRIFO (LABORATORIO) ENTRADA A LA PLANTA 14/06/2010			TORRE TOMA SUPERFICIAL (30 cm)			TORRE TOMA 5 MTS			TORRE TOMA 10 MTS			DESEMBOCADURA CONVERGENCIA (PAYA, SAN PEDRO Y PIRA PIRA)			DESEMBOCADURA PAITO			DESEMBOCADURA CHIRGUA		
			RECORRE	MÉTODO	MÉTODO	RECORRE	MÉTODO	MÉTODO	RECORRE	MÉTODO	MÉTODO	RECORRE	MÉTODO	MÉTODO	RECORRE	MÉTODO	MÉTODO	RECORRE	MÉTODO	MÉTODO	RECORRE	MÉTODO	MÉTODO
Coliformes Totales (Cuent. Total /100 ml)	9221 E	Promedio Mensual < 10,000	350	>B	5,000	4,000	<20	93	330	45	140	460	45	330	3,300	45	200	4,900	130	200	4,900	230	1,700
Coliformes Fecales (Cuent. Fecal /100 ml)	9215 B	NFI	350	>B	2,400	1,000	<20	93	110	45	140	92	45	330	200	45	200	4,900	130	200	2,200	230	1,700
Plankton (org/ml)	10200 F	NFI				9,160	-	-	6,760	-	-	6,180	-	-	24,340	-	-	21,860	-	-	17,240	-	-
DBO ₅ (mg/L)	5210 B	NFI	9.00			10	6	-	10	<5	-	10	<5	-	16	16	-	11	9	-	6	6	-
Nitrogeno Amomiacal (mg/L)	4500-NH ₃ D	NFI	4.30		2.2	2.760	-	-	2.735	-	-	2.623	-	-	0.175	-	-	0.160	-	-	0.012	-	-
Nitrogeno Total Kjeldahl (mg/L)	4500-Nitrog C	NFI			8.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fosforo Total (mg/L)	4500-P C	NFI	0.51		0.72	0.630	-	-	0.568	-	-	0.565	-	-	0.669	-	-	0.658	-	-	0.689	-	-
DOO (mg/L)	5220 D	NFI	12.00		24	23.6	74	-	23.0	46	-	26.6	43	-	52	95	-	55	89	-	43	85	-
Sólidos Suspendidos (mg/L)	2540 D	NFI				6.3	24	-	2.11	80.00	-	7.94	24	-	29.76	20	-	23.13	28	-	13.33	32	-
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	2540 C	1,500	243.58	340	269	263.7	208	282	267.89	208.00	284	272.06	204	283	255.24	240	284	271.87	228	279	271.67	212	276
Sólidos Totales (mg/L)	2540 B	NFI				270.0	232	-	270.00	288.00	-	280.00	228	-	285.00	260	-	295.00	256	-	285.00	244	-
Color Aparente/Real (PCU Co)	2120 B	150	25.00	57.00	40.00	30/15	-	-	30/15	-	-	50/25	-	-	30/15	-	-	70/35	-	-	60/30	-	-
Turbiedad (UNT)	2130 B	250	7.82	8.60	7.70	3.84	-	-	6.30	4.37	-	6.10	3.37	-	6	27.46	-	48.20	27.70	-	50.10	43.46	-
pH (pot)	4500-H B	6 - 8.5	7.26	7.10	7.28	7.59	7.43	7.40	7.35	7.32	7.40	7.44	7.39	7.40	8.47	8.67	9.90	8.62	8.71	10.10	9.12	8.14	8.90
Cloruros (mg/l)	4500-CL B	600	42.68	3	42	33.34	38	42	28.58	37	41	41.75	33	43	34.74	40	48	35.58	35	45	33.06	36	46
Sulfatos (mg/l)	4500-SO E	400	52.00	193.00	70	44.0	43.0	178	46.0	31	178	44.0	36	178	47.0	46.0	27	50.0	55	27.3	49.0	47	24
Hierro Total (mg/L)	3500-Fe D	1	0.36	0.10	0.20	0.23	-	0.1	0.18	-	0.2	0.14	-	0.01	0.19	-	0.01	0.20	-	0.09	0.32	-	0.10
Fluoruro (mg/L)	4500-F D	1.7	0.30	0.30		0.098	-	0.2	0.098	-	0.2	0.098	-	0.20	0.098	-	0.30	0.210	-	0.40	0.10	-	0.20
Nitritos (mg/l)	4500-NO B	NO ₂ + NO ₃ (N) = 10	0.15 [2.29]			2.21	-	0.62	-	0.52	-	-	-	0.32	8.82	-	0.52	2.60	-	1.16	6.18	-	1.01
Nitratos (mg/l)	4500-NO B		10.12		0.7 [0.23]																		
Dureza Total (mg/L)	2340 C	500	118.15	120.00	88	99.58	76	102	103.56	74	112	104.56	74	104	100.57	74	110	117.50	79	104	104.56	77	110
Alcalinidad (mg/L)	2320 B	NFI	159.28	130.00	132	116.04	102	98	123.55	106	98	128.92	106	98	109.60	106	94	124.63	107	98	127.85	107	96
Minerales Disueltos (mg/L)	---		404.46	416.00				427.4			369.5			427.2			206.7			144.9		202.9	
Conductividad Especifica a 25 °C	2510 B	NFI	480.98	495.00	532	426.86	363	411	423.33	360	411	442.09	354	411	428.56	374	413	435.37	369	408	429.86	366	402
Cobre Total (mg/L)	3111 B	1.0	0.05		<0.05	0.004	<0.050	-	0.005	<0.050	-	0.006	<0.050	-	0.011	<0.050	-	0.017	<0.050	-	0.016	<0.050	-
Zinc Total (mg/L)		5.0	0.01		0.03	0.005	<0.1	-	0.018	<0.1	-	0.008	<0.1	-	0.008	<0.1	-	0.010	<0.1	-	0.030	<0.1	-
Hierro Total (mg/L)		1.0			0.097	0.31	-	0.097	0.240	-	0.095	0.120	-	0.041	<0.1	-	0.093	<0.1	-	0.067	<0.1	-	
Cromo Total (mg/L)		0.05	0.002		<0.05	0.026	<0.050	-	ND	<0.050	-	0.006	<0.050	-	ND	<0.050	-	0.031	<0.050	-	0.005	<0.050	-
Niquel Total (mg/L)		NFI	0.01		0.02	0.009	<0.050	-	0.006	<0.050	-	0.005	<0.050	-	0.004	<0.050	-	0.005	<0.050	-	0.002	<0.050	-
Cadmio Total (mg/L)		0.01			<0.003	-	<0.005	-	-	<0.005	-	-	<0.005	-	-	<0.005	-	-	<0.005	-	-	<0.005	-
Piombo Total (mg/L)		0.05	ND		<0.05	0.021	<0.050	-	0.020	<0.050	-	0.022	<0.050	-	0.014	<0.050	-	0.016	<0.050	-	0.018	<0.050	-
Manganeso Total (mg/L)		0.1	0.07	0.10	0.05	0.095	<0.1	-	0.099	<0.1	-	0.101	<0.1	-	0.003	<0.1	-	0.012	<0.1	-	0.003	<0.1	-

Fuente: INSAUD. 2010

Tabla B.3. Evaluación Parámetros Fisicoquímicos y Bacteriológicos Captación a la Entrada de la Planta de Potabilización Alejo Zuloaga

PARÁMETROS	Valores	Método	AGUA CRUDA		
			HORCENTRO	MIN. P.P. SALUD	MIN. P.P. AMBIENTE
pH (adim)	6.0-8.5	4500-H B	7.26	7.10	7.28
Color Real (Pt/Co)	<150	2120 B	25.00	57.00	40.0
Turbiedad (NTU)	<250	2130 B	7.82	8.60	7.7
Fluoruro (mg/l)	<1.7	4500-F D	0.30	0.30	
Coliformes Totales (NMP/100 ml)	<10000	9221 B Edc. 21 Edc. 17	350	>8	5000
Aluminio (mg/l)	0.2	3500A D	0.00		
Zinc Total (mg/l)	5.0	3111A	0.01		0.03
Cobalto Total (mg/l)	1.0	3111A	0.06		<0.06
Cromo Total (mg/l)	0.06	3111A	0.002		<0.06
Pomo Total (mg/l)	0.06	3111A	ND		<0.06
Cadmio Total (mg/l)	0.01	3111A			<0.003
Sodio Total (mg/l)	200	3111A			43
Niquel Total (mg/l)	0.02	3111A	0.01		0.02
Manganeso (mg/l)	0.1	3500-Mn D	0.07	0.1**	0.06
Hierro Total (mg/l)	1	3500-Fe D	0.36	0.10	0.20
Dureza Total (mg/l)	500	2340 C	118.15	120.00	88
Cloruro (mg/l)	500	4500-Cl B	42.58	3*	42.0
Sulfato (mg/l)	400	4500-SO E	52.00	193*	70.0
Sólidos Disueltos Totales (mg/l)	1100	2540C	243.58	340	269
Nitros + Nitrato (N) (mg/l)	10	4500-NO B	2.28	0.23**	
Plaguicidas Organoclorados (µg/l)					
Lindano (µg/l)		6630B			<0.001
Heptacloro (µg/l)		6630B			<0.001
Heptacloro-epóxido (µg/l)		6630B			<0.001
Aldrin y Dieldrin (µg/l)		6630B			<0.001
DDT y sus Metabolitos (µg/l)		6630B			<0.001
Nitros + Nitrato (N) (mg/l)	10	4500-NO B	2.28	0.23**	
Parámetros No Reglamentados					
COO (mg/l) Valor guía <1 mg/l	NH	5220D	12.00		24
Nitrogeno Amomíaco (mg/l)	NH	4500C	4.30		2.2
Nitrogeno Total (mg/l) [a]	NH	4500B			8
Fosforo Total (mg/l) Valor guía 0.03 mg/l	NH	4500C	0.81		0.72
Fosfato (mg/l) Valor guía < 0.5 mg/l	NH	-	2.35		
Coliformes Fecales (NMP/100 ml)	NH	9221 B/Edc. 21 C/Edc. 17	350	>8	2400
Conductividad Específica a 25 °C (mmho/cm)	NH	2510 B	480.95	495.00	532
Índice de Langlier (adim)	NH	-	-0.20	-0.70	
Temperatura (°C)	NH	-	24.80	25.30	
Minerales Disueltos (mg/l)	NH	-	404.46	416.00	
Calcio (mg/l)	NH	2340 C	34.40	32.00	30
Magnesio (mg/l)	NH	2340 C	7.72	10.00	3.0
Sulfuro (mg/l)	NH	4500D	0.01		
Silica (mg/l)	NH	4500-Si D	15.37		
Sodio+Potasio (mg/l)	NH	3111A	90.00	90.00	48
Óxido de Carbono (mg/l)	NH	4500-H S/2320 B	15.31	20.00	
Alcalinidad (mg/l)	NH	2320 B	160.28	130.00	132
Dureza cálcica (mg/l)	NH	3500D	80		76
Dureza magnésica (mg/l)	NH	3500E	40		12
Carbonato (mg/l)	NH	Por Cálculo		0.00	
Hidróxido (mg/l)	NH	Por Cálculo		0.00	
Bicarbonato (mg/l)	NH	Por Cálculo		158.00	
Potasio Total (mg/l)	NH	3111A			5.4

* Solo Nitratos

** Valores descartados través de la aplicación de un ensayo estadístico Q

[a] EPA 1998 Fosfato y Fósforo > 0.05 mg/l Índice eutroficación de las aguas (EPA, 1998)

[b]: Contaminación del Agua Valor guía 0,5 mg/l

[c]: Contaminación Valor guía 0,3 mg/l

Fuente: INSALUD. 14/06/2010

Tabla B.4. Parámetros de Dispersividad por cada Río según la longitud de Cauce

Ríos	Longitud de Cauce (m)	$\alpha_x = 0,32 * L^{0,83}$	$\alpha_y = 0,30 * \alpha_x$	$\alpha_z = 0,05 * \alpha_x$
Paíto	17100	1043,606439	313,0819317	52,18032194
Chirgua	17000	1038,538457	311,5615371	51,92692285
Pirapira	8500	584,2082514	175,2624754	29,21041257
Paya	8600	589,9071945	176,9721584	29,49535973
San Pedro	5800	425,397774	127,6193322	21,2698887
Cabreales	10900	718,1480269	215,4444081	35,90740135
Trasvase	15000	936,0643885	280,8193166	46,80321943
La Mariposa	15000	936,0643885	280,8193166	46,80321943
Los Guayos	15000	936,0643885	280,8193166	46,80321943
Tasa de biodegradabilidad $\lambda = 3,0146 \times 10^{-6}$ días ⁻¹				

** Valores Calculados

Tabla B.5. Parámetros requeridos para la aplicación del Método de Doménico en estado estacionario *

Contaminantes	C(x,0,0,t) en Tiempo de Sequía y Lluvia (Método Doménico)							
	Kd = e (Kd) (Kg/l)	pb (Kg/l)	$Rf = 1 + \frac{Kd * pb}{\theta t}$	$vc = \frac{K * Lx}{Rf * \theta e}$	Concentración Inicial en sequía Cos (mg/l)	Concentración Final en Sequía Cf (mg/l)	Concentración Inicial en Lluvia Coll (mg/l)	Concentración Final en Lluvia Cfil (mg/l)
Fosforo	24,5325301971094	2,9601	158,86	9,06463E-05	2,960055237	137,69	2,77029	128,862
Cromo	29,964100047397	0,0379	3,47	0,00415071	0,037909471	11,91	0,03929	12,340
Hierro	812,405825167543	2,3561	4.162,05	3,45994E-06	2,356070223	1,96	2,41376	2,006
Nitrato	0,49658530379141	8,5101	10,19	0,001413622	8,510092644	2.057,52	12,87519	3.112,887
Silice	109,947172452124	3,4560	827,03	1,74122E-05	3,455976732	34,06	2,75613	27,166
Niquel	298,86740096706	0,0002	1,10	0,013051349	0,000159101	0,05	0,00447	1,329
Plomo	16317,6071980154	0,5228	18.546,29	7,76461E-07	0,522799221	0,00	0,49944	0,000
Calcio	29,964100047397	21,0920	1.374,92	1,04737E-05	21,09196048	0,00	55,26816	0,001
Magnesio	4,48168907033806	4,2355	42,27	0,000340712	4,235517288	25,81	4,60315	28,050
Cloruros	0,246596963941606	131,5742	71,53	0,000201308	131,5742063	24.101,40	123,84536	22.685,653
Sulfatos	298,86740096706	383,8842	249.415,08	5,7737E-08	383,8842173	0,00	370,70523	0,000
DBO	148,413159102577	101,7664	32.834,64	4,38575E-07	101,7664166	-	97,38191	-
Cobre	36,598234443678	0,0368	3,93	0,003665805	0,036805832	11,36	0,03869	11,937
Manganeso	735,095189241973	0,3997	639,80	2,25076E-05	0,411445898	2,46	0,41145	2,460
DQO	148,413159102577	190,1041	61.335,69	2,34781E-07	190,1041351	0,00	185,48392	0,000

** Valores Calculados

Tabla B.6. Concentración final obtenida mediante la aplicación del Método de Doménico en estado no estacionario**

Contaminates	Cf sequía				Cf Lluvia			
	5 años	10 años	15 años	20 años	5 años	10 años	15 años	20 años
Fosforo	1.773.299,09	2.507.823,53	3.071.443,89	3.546.597,78	1.659.614,51	2.347.049,27	2.874.536,45	3.319.228,66
Cromo	111.014,04	156.997,30	192.281,32	222.026,98	115.051,69	162.707,38	199.274,70	230.102,22
Hierro	14.198,20	20.079,28	24.592,00	28.396,39	14.545,86	20.570,95	25.194,16	29.091,71
Nitrato	23.999.879,56	33.940.935,95	41.568.963,69	47.999.677,57	36.310.192,29	51.350.337,31	62.891.026,65	72.620.261,20
Silice	331.780,36	469.208,27	574.660,42	663.560,70	264.593,27	374.191,39	458.288,98	529.186,53
Niquel	970,44	1.372,41	1.680,84	1.940,85	27.281,88	38.582,20	47.253,11	54.562,90
Plomo	0,02	0,02	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03
Calcio	14,18	20,05	24,56	28,36	37,16	52,55	64,36	74,32
Magnesio	1.256.882,28	1.777.499,72	2.176.983,37	2.513.763,52	1.365.977,18	1.931.783,19	2.365.941,23	2.731.953,23
Cloruros	166.119.073,69	234.927.828,04	287.726.629,33	332.238.067,00	156.361.020,30	221.127.857,70	270.825.187,80	312.721.964,94
Sulfatos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DBO	-	-	-	-	-	-	-	-
Cobre	107.283,04	151.720,90	185.819,12	214.565,13	112.779,65	159.494,28	195.339,51	225.558,31
Manganeso	30.928,94	43.740,13	53.570,49	61.857,88	30.928,94	43.740,13	53.570,49	61.857,88
DQO	0,00	0,00	0,00		0,00	0,00		0,00

** Valores calculados

Tabla B.7. Evaluación Parámetros Físicoquímicos Bacteriológicos y Químicos Sanitarios recorrido Cabriales y afluentes al río Paíto.

		Gobierno Bolivariano de Venezuela			Asamblea Nacional <i>Legislatura Bolivariana de Venezuela</i>												
PARÁMETROS	Método	LÍMITES MÁXIMOS O RANGOS (1)	CANO JOSÉ LEONARDO CHIRINOS		CANO LA YUCA		LÍMITES MÁXIMOS O RANGOS (2)	RÍO CABRIALES (RÍO ARRIBA DEL TRASVACE DEL LAGO DE VALENCIA)		CANAL DE TRASVACE DEL LAGO DE VALENCIA		MEZCLA CANAL DE TRASVACE + SALIDA PTAR LOS GUAYOS		RÍO PAÍTO SECTOR PTE. LA VIRGEN		RÍO PAÍTO SECTOR LA ARENOSA	
			HIDROCENTRO	MÍN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MÍN. P.P. AMBIENTE		HIDROCENTRO	MÍN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MÍN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MÍN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MÍN. P.P. AMBIENTE	HIDROCENTRO	MÍN. P.P. AMBIENTE
Coliformes Totales (cont./100 ml)	9221 E	5,000	>160.000	2,400,000	>160.000	2,400,000	Promedio mensual < 10.000	>160.000	3,500,000	35,000	240,000	>160.000	2,400,000	>160.000	230,000	>160.000	23,000
Coliformos fecales (cont./100 ml)	9215 B	NRI	>160.000	2,400,000	>160.000	2,400,000	NRI	>160.000	3,500,000	34,000	240,000	>160.000	2,400,000	>160.000	230,000	>160.000	23,000
Plantones (org/ml)	10200 F	NRI	10,160		9,360		NRI	4,000		26,960		45,600		19,040		7,760	
DO ₂ (mg/L)	5210 B	60	34	25	17	10	NRI	5	<5	11	<5	16	6	8	<5	9	7
Nitrogeno Ammoniacal (mg/L)	4500-NH ₄ D	NRI	12,669	10,88	5,541	4,16	NRI	0,479	1,10	0,679	<0,05	2,578	0,67	0,985	0,70	5,564	3,75
Nitrogeno Total Kjeldahl (mg/L)	4500-Norg C	40	-	13	-	7	NRI	-	2	-	2	-	5	-	2	-	6
Fosforo Total (mg/L)	4500-PT C	10	2,306	1,29	1,342	0,60	NRI	0,303	0,18	1,161	0,69	1,401	0,71	0,477	0,34	0,865	0,50
DOO (mg/L)	5220 D	350	126	94	89	47	NRI	50	28	55	56	151	66	62	49	55	26
Asulatos y Grasas (mg/L)	5520 B	20	4,8	<1,0*	3,2	<1,0*	9,9	ND	<1,0	1,6	<1,0	4,4	<1,0	ND	<1,0	ND	<1,0
Detergentes (mg/L)	5540 C	2,0	2,031	1,68	0,970	0,76	1,0	0,234	0,10	0,457	0,18	0,421	0,18	0,468	0,25	0,656	0,14
Sólidos Suspendidos (mg/L)	2540 D	80	7,04	40	54,03	8	NRI	3,16	32	33,33	52	14	88	16,00	8	6,59	12
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	2540 C	NRI	312,96	236	225,97	226	1,500	321,84	160	1,356,67	1,212	1,126	972	359,00	292	318,41	232
Sólidos Totales (mg/L)	2540 B	NRI	320,00	276	310,00	236	NRI	325,00	196	1,390,00	1,264	1,140	1,060	375,00	300	325,00	244
pH (adn)	4500-HB	6-9	7,40	7,38	7,42	7,39	6-8,5	7,52	7,40	8,67	8,52	8,57	7,69	7,52	7,50	7,47	
Cloruros (mg/L)	4500-CL B	1,000	42,40	46	36,96	51	600	24,65	36	73,96	94	73,96	46	24,65	33	4,93	40
Sulfatos (mg/L)	4500-SO ₄ E	1,000	7,8	50	12,2	49	400	ND	34	430,4	333	347,4	291	92,2	90	59,6	67
Nitritos (mg/L)	4500-NO ₂ B	NO ₂ + NO ₃ (N) = 10	7,33	-	6,00	-	NO ₂ + NO ₃ (N) = 10	6,58	-	6,02	-	16,40	-	4,55	-	5,52	-
Nitatos (mg/L)	4500-NO ₃ B																
Conductividad Especifica a 25 °C (µmhos/cm)	2510 B	NRI	514,59	507	485,75	486	NRI	315,28	294	1,783,26	1,742	1,582,55	1,512	487,89	466	472,68	450
Cobre Total (mg/L)	3111 B	1,0	0,010	<0,050	0,007	<0,050	1,0	0,031	<0,050	0,006	<0,050	0,003	<0,050	0,009	<0,050	0,002	<0,050
Cinc Total (mg/L)		5,0	0,043	<0,100	0,025	0,14	5,0	0,027	<0,100	0,012	<0,100	0,009	<0,100	0,019	<0,100	0,028	<0,100
Hierro Total (mg/L)		10,0			1,400	0,73		0,66		0,219	0,16	0,160	0,10	2,759	2,36	2,496	0,36
Cromo Total (mg/L)		2,0	0,002	<0,050	0,012	<0,050	0,05	0,002	<0,050	0,004	<0,050	0,010	<0,050	0,006	<0,050	0,004	<0,050
Níquel Total (mg/L)		NRI	0,007	<0,050	0,007	<0,050	NRI	0,008	<0,050	ND	<0,050	ND	<0,050	ND	<0,050	0,009	<0,050
Cadmio Total (mg/L)		0,2		<0,005		<0,005	0,01		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005		<0,005
Fósforo Total (mg/L)		0,5	0,010	<0,050	0,009	<0,050	0,05	0,013	<0,050	0,015	<0,050	0,016	<0,050	0,008	<0,050	0,010	<0,050
Manganeso Total (mg/L)		2,0	0,146	<0,100	0,239	0,11	0,1	0,070	<0,100	0,121	<0,100	0,113	<0,100	0,116	<0,100	0,302	<0,100

(1) Gaceta Oficial Nº 5.021, Decreto 883, Sección II, De las descargas a cuerpos de agua.

(2) Gaceta Oficial Nº 5.021, Decreto 883, Art.4, Clasificación Sub tipo 1 B

Fuente: INSAUD. 2010

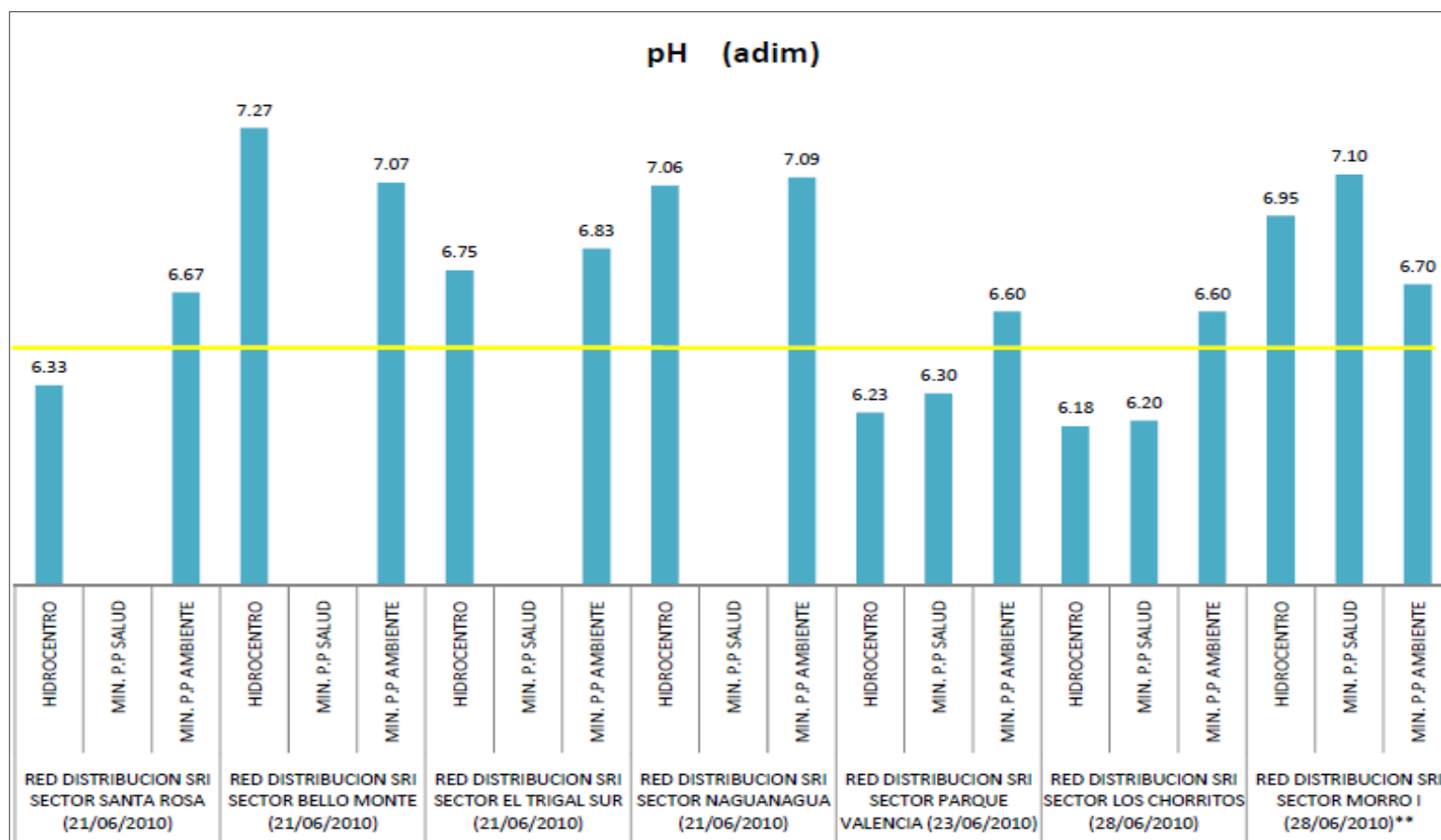


Figura B.1 Valores obtenidos del Parámetro pH en los diferentes puntos de muestreo a la Red de distribución de la Población

Fuente: MPPS. 2010. Cortesía: Dra. Ana Medina. Fecha: 21/06/2010.

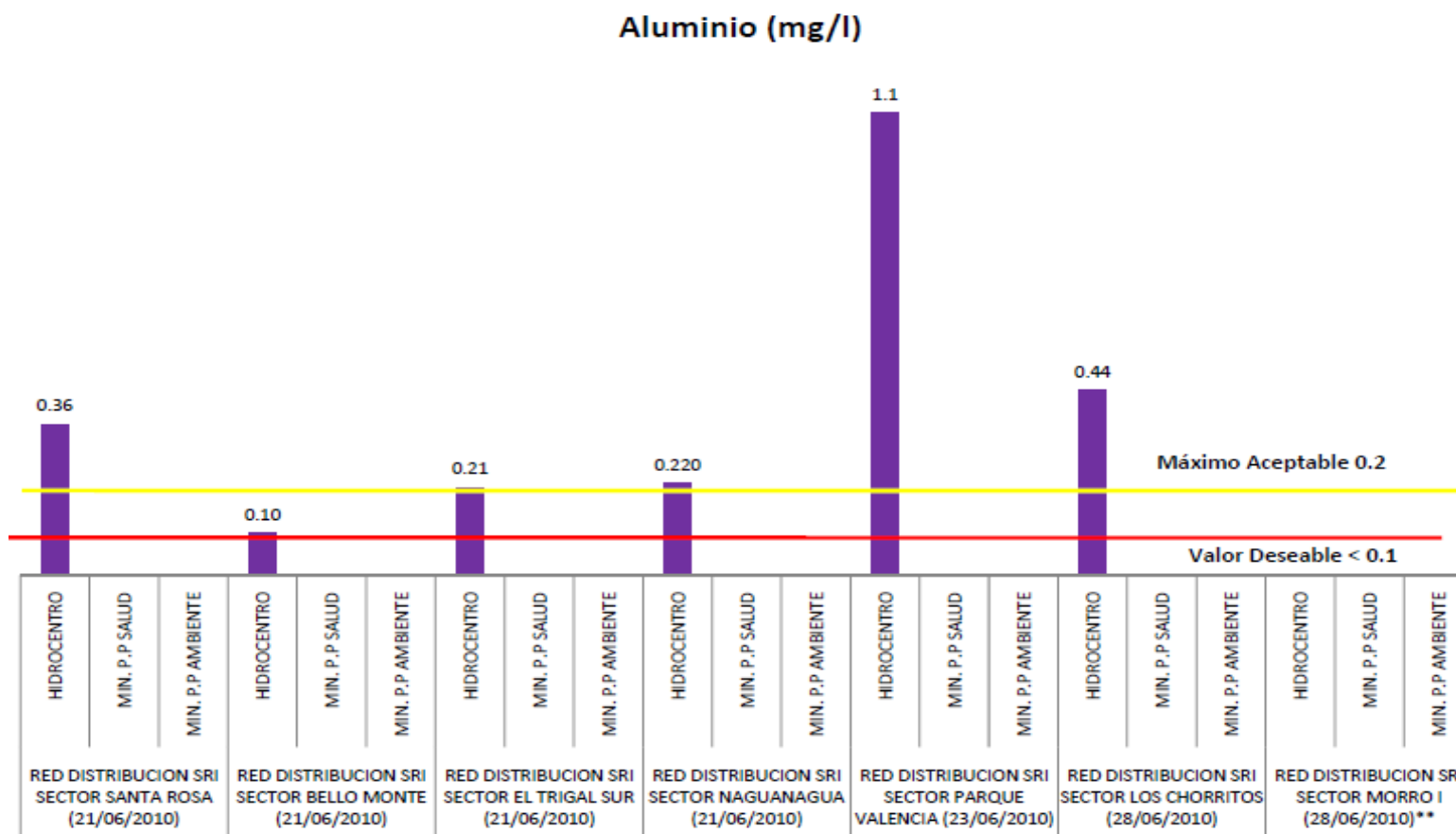


Figura B.2 Valores obtenidos del Parámetro Aluminio en los diferentes puntos de muestreo a la Red de distribución de la Población

Fuente: MPPS. 2010. Cortesía: Dra. Ana Medina. Fecha: 21/06/2010.

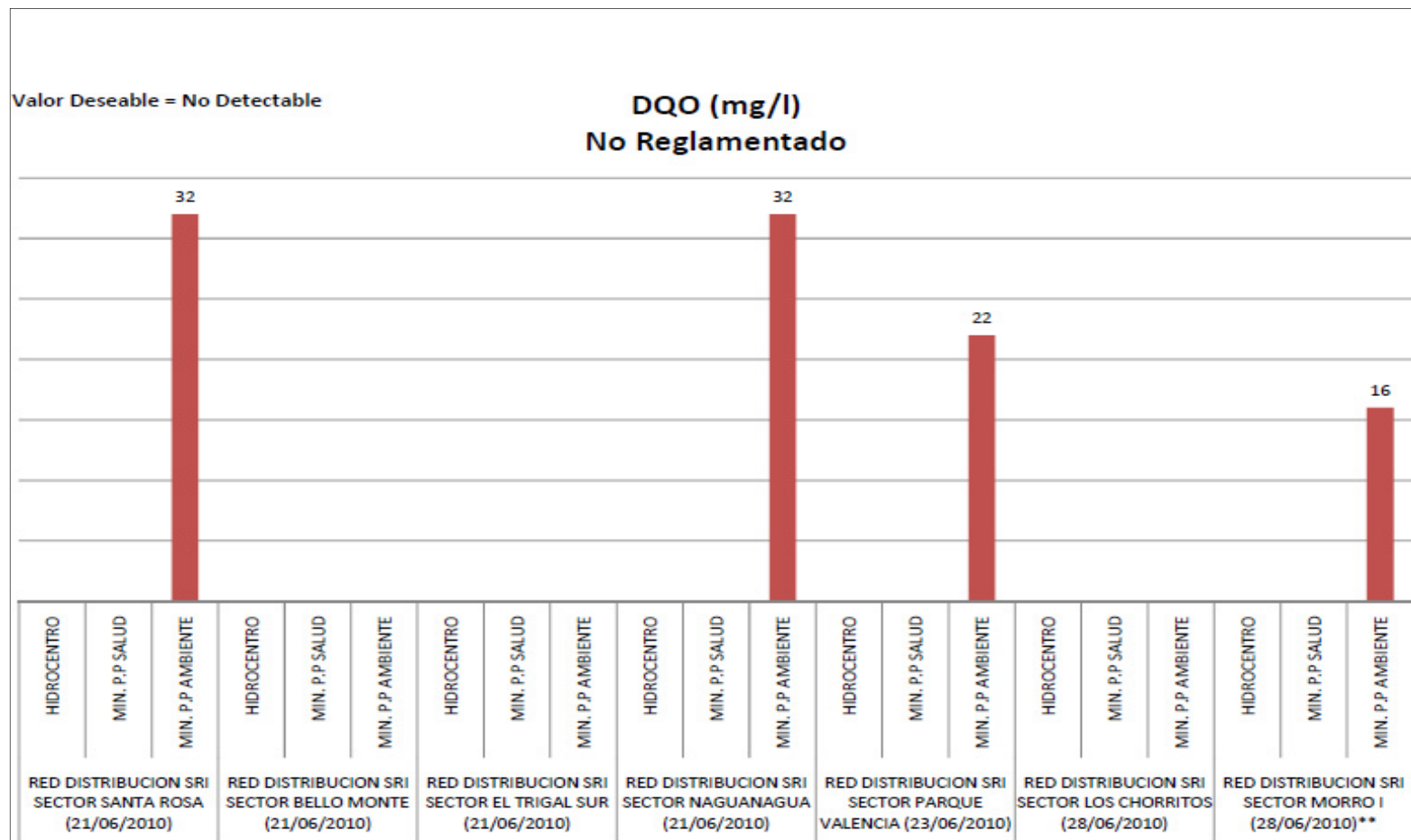


Figura B.3 Valores obtenidos del Parámetro DQO en los diferentes puntos de muestreo a la Red de distribución de la Población

Fuente: MPPS. 2010. Cortesía: Dra. Ana Medina. Fecha: 21/06/2010.

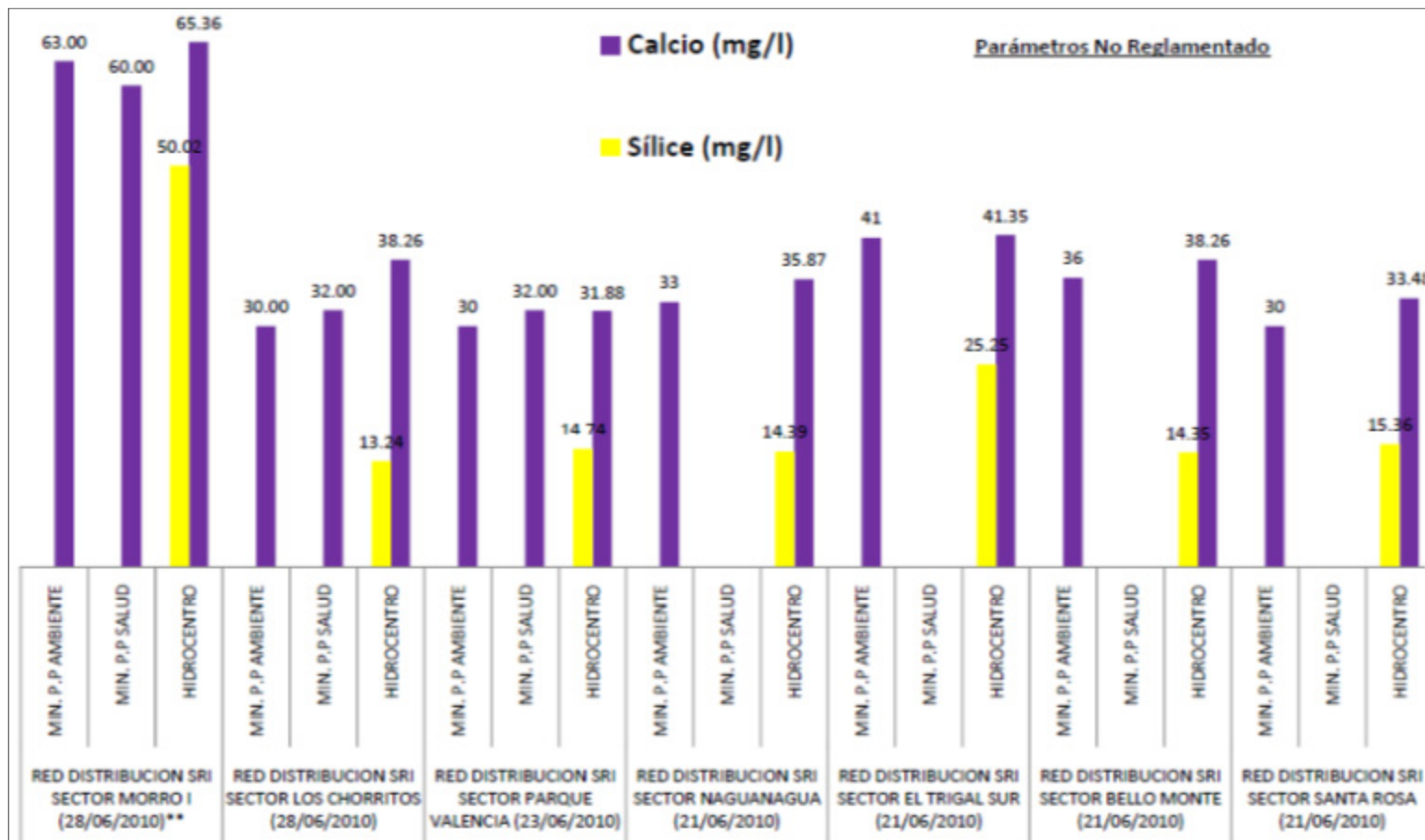


Figura B.4 Valores obtenidos de los Parámetros Calcio y Sílice en los diferentes puntos de muestreo a la Red de distribución de la Población

Fuente: MPPS. 2010. Cortesía: Dra. Ana Medina. Fecha: 21/06/2010.

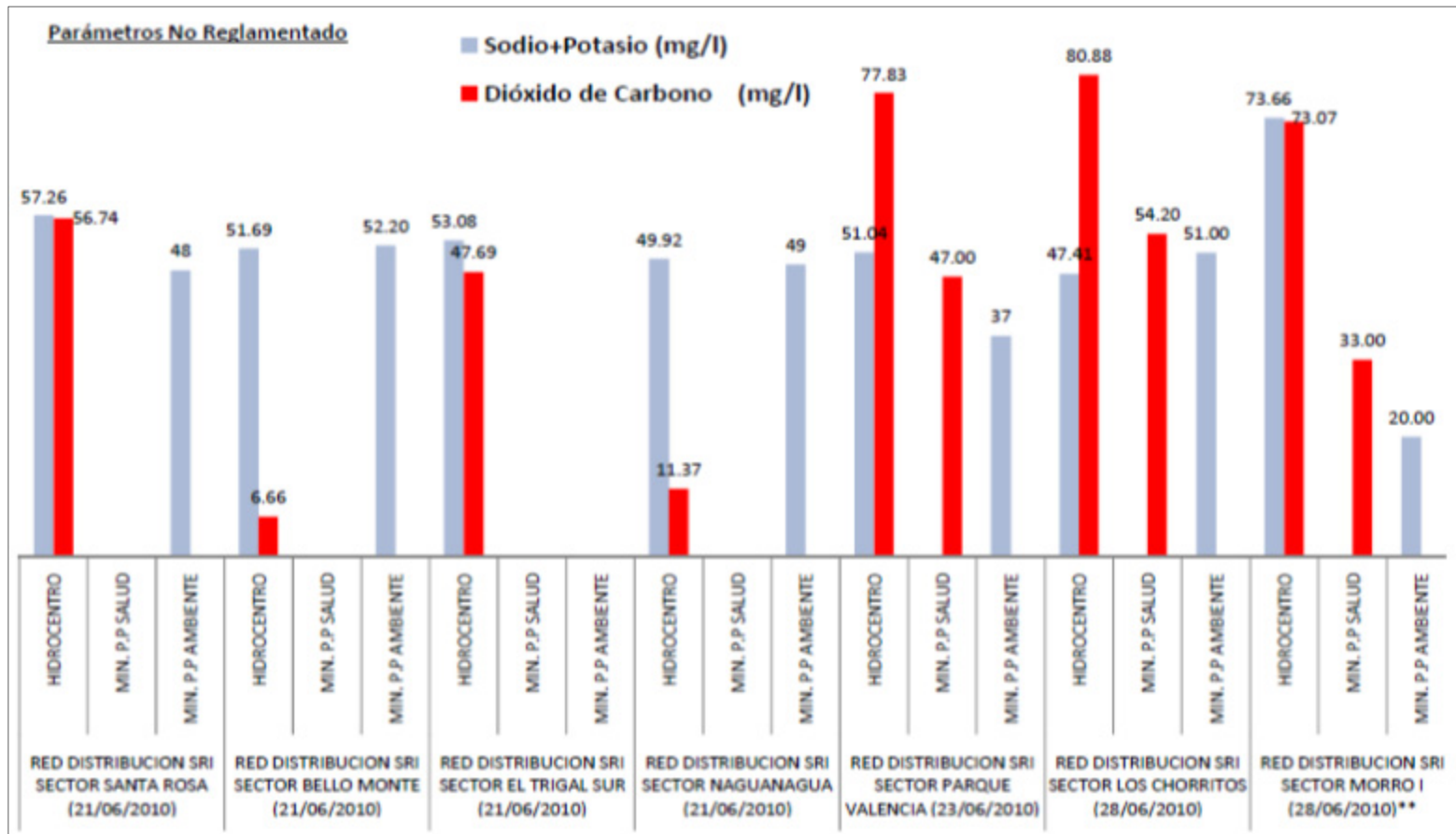


Figura B.5 Valores obtenidos de los Parámetros Sodio + Potasio y Dióxido de Carbono en los diferentes puntos de muestreo a la Red de distribución de la Población

Fuente: MPPS. 2010. Cortesía: Dra. Ana Medina. Fecha: 21/06/2010.

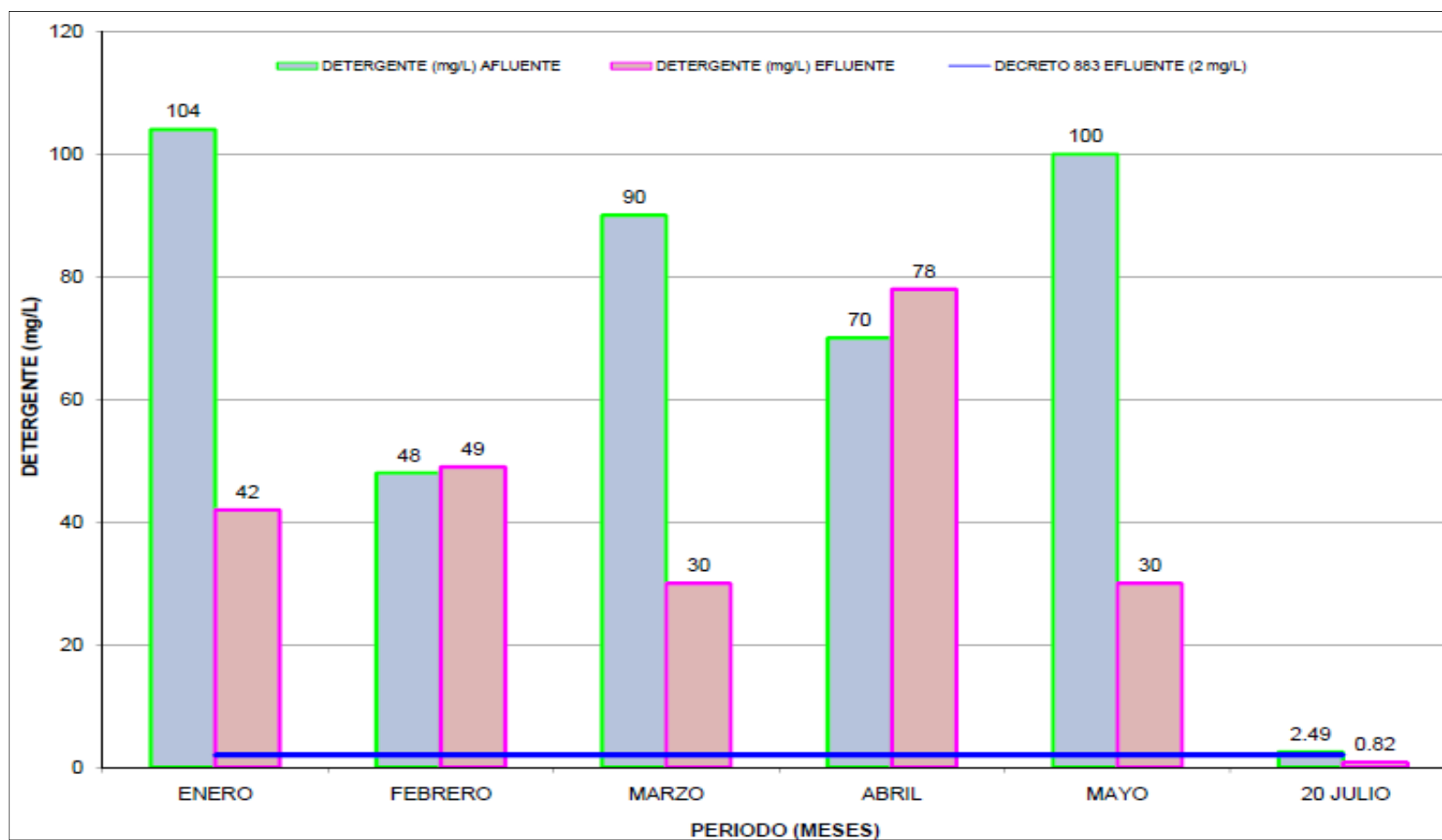


Figura B.6 Valores Reportados de Detergente de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales de los Guayos

Fuente: Hidrocentro. 2010. Cortesía: Ing. Gerardo Colmenares. Fecha: 05/05/2010.