

**DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DEL RÍO PASTO,
GENERADA POR LOS VERTIMIENTOS DEL ALCANTARILLADO DE LA
CABECERA MUNICIPAL.**

**EDUARDO JAVIER BENAVIDES PAZ
EMERSON LEANDRO TULCAN ALVARADO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO**

2002

**DETERMINACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE DEL RÍO PASTO
GENERADA POR LOS VERTIMIENTOS DEL ALCANTARILLADO DE LA
CABECERA MUNICIPAL.**

**EDUARDO JAVIER BENAVIDES PAZ
EMERSON LEANDRO TULCAN ALVARADO**

**Proyecto de Trabajo de Pregrado como requisito parcial para optar el título
de Ingeniero Civil**

DIRECTORA DE TESIS: ING. GLORIA RODRIGUEZ MARTINEZ

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERIA CIVIL
SAN JUAN DE PASTO**

2002

NOTA DE ACEPTACION

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del jurado

Pasto, 8 de noviembre de 2002

“Las Ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado, son de responsabilidad exclusiva de sus autores”

Art. 1, del acuerdo numero 324 de octubre 11 de 1966 emanado del honorable concejo directivo de la Universidad de Nariño”

**DEDICO ESTE TRABAJO A MIS PADRES
MIS HERMANOS, MIS AMIGOS,
Y MIS FAMILIARES
EN LOS QUE ESTA REFLEJADA
LA PRESENCIA DE DIOS.**

EMERSON L. TULCAN ALVARADO.

**DEDICO ESTE TRABAJO A MIS PADRES: CARLOS H. BENAVIDES, DIGNA
MARIA PAZ DE BENAVIDES. MI ABUELA: INES, MIS HERMANOS: OSCAR
HERNANDO, DIEGO RICARDO, MIRIAM ALICIA, GLORIA LILIANA, SANDRA
PATRICIA, SOBRINOS, MIS FAMILIARES Y MI NOVIA ANGELA MARIA**

EDUARDO BENAVIDES

AGRADECIMIENTOS

Por parte nuestra queremos expresar infinitas gracias por su colaboración a EMPOPASTO, por apoyarnos enteramente en nuestra idea, en especial a la Ing. Gloria Rodríguez Martínez por su colaboración.

CONTENIDO

	PAG
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	24
1. DEFINICION Y DELIMITACION	27
2. FORMULACION DEL PROBLEMA	28
3. OBJETIVOS	29
4. MARCO TEÓRICO	31
4.1. DEFINICIÓN y PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN.	31
4.1.1. Definición.	31
4.1.1.1.1 Aguas Residuales Domesticas	32
4.1.1.1.2 Aguas Residuales Industriales	32
4.1.1.1.3 Aguas Residuales Pecuarias	33
4.1.1.1.4 Aguas Pluviales	33
4.1.1.1.5 Aguas Infiltradas y Aportaciones Incontroladas	33
4.1.2. Parámetros De Contaminación.	37
4.1.2.1. Sólidos y Microorganismos.	37
4.1.2.2. Sustancias Oxidables Biológicamente.	41
4.1.2.3. Oxigeno Disuelto.	44
4.1.2.4. Nitrógeno.	45
4.1.2.5. Fósforo.	47
4.1.2.6. PH.	48
4.1.2.7. Cloruros.	49
4.1.2.8. Grasas.	50
4.1.3. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN.	51
4.1.4. Normatividad	54

5	ANTECEDENTES.	108
6	ANÁLISIS EXPERIMENTAL Y CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS VERTIDAS POR LA CIUDAD DE PASTO.	115
6.1	MUESTREO.	116
6.1.1	Técnicas de Muestreo	116
6.1.2	Sitios de Muestreo.	119
6.2	PARÁMETROS ANALIZADOS.	120
6.2.1	Nutrientes.	121
6.2.2	Condiciones Medio-Ambientales.	121
6.2.3	Sustancias Tóxicas.	125
7	PARTE EXPERIMENTAL.	128
7.1	TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y RESULTADOS.	128
7.1.1	Nutrientes	133
7.1.2	Sustancias Tóxicas.	149
7.1.3	Parámetros Físicos, Químicos y Condiciones Medioambientales.	152
7.2	CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL AGUA EN EL CUERPO RECEPTOR DE AGUAS RESIDUALES.	179
8.	ESTUDIO DE CAUDALES.	228
8.1	EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DE LA CIUDAD DE PASTO.	228
8.2	ANÁLISIS Y PROCEDENCIA DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS DE LA CIUDAD DE PASTO.	251
8.2.1	Caudales de Aguas de Infiltración.	251
8.2.2	Caudales de Aguas Servidas.	256
9	ANÁLISIS CONJUNTO DE CAUDALES y CARGAS	258

	CONTAMINANTE.	
9.1	CAUDALES.	258
9.1.1	Tipos De Caudales.	261
9.1.2	Análisis de Poblaciones por Área Tributaria de cada Colector.	263
9.2	CARGAS CONTAMINANTES.	264
9.3	ANÁLISIS DE LOS DATOS DE CARGA DEL AGUA RESIDUAL.	275
9.4	CARGAS CONTAMINANTES MEDIAS.	277
9.5	FACTORES DE APORTACIÓN PER CAPITA A LA CONTAMINACIÓN	279
10.	CONCLUSIONES	281
10.1	ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES HORARIAS DE CAUDAL	283
10.2	ESTIMACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES	284
10.3	DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE INHIBICIÓN O CONCENTRACIONES TOXICAS.	287
10.4	ANÁLISIS DE VARIACIONES HORARIAS DE CONCENTRACIÓN Y CARGA CONTAMINANTE.	292
10.6	CONCLUSIONES ESPECIFICAS	303
11.	RECOMENDACIONES	310
	BIBLIOGRAFÍA	314

	LISTA DE CUADROS	PAG
1	CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS	36
2	EFFECTOS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE CONTAMINACIÓN	52
3	CONCENTRACIÓN DE INHIBICIÓN PARA DIFERENTES PROCESOS DE DEPURACIÓN BIOLÓGICA EN AGUAS RESIDUALES	54
4	NORMAS VIGENTES PARA AGUA POTABLE Y RESIDUAL	56
5	DIVISION POLITICO ADMINISTRATIVAS – ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE PASTO	60
6	PATRON DEL SUELO EN EL AREA URBANA DE LA CUENCA DEL RIO PASTO	64
7	RELACION DE ESTACIONES METEOROLOGICAS EN LA CUENCA DEL RIO PASTO	65
8	ZONAS ECOLOGICAS EN LA CUENCA DEL RIO PASTO	78
9	CARACTERISTICAS DE LOS BOSQUES EN LA CUENCA DEL RIO PASTO	85
10	DATOS MORFOMETRICOS PARA LAS MICROCUENCAS QUE SURTEN EL RIO PASTO – CORPONARIÑO.	86
11	OFERTA HIDRICA POR SUBCUENCAS EN LA CUENCA DEL RIO PASTO.	89
12	PROYECCION DE LA POBLACION EN LA CIUDAD DE PASTO Y RELACION OFERTA – DEMANDA HIDRICA EN LA REGION.	91
13	TIPO DE COBERTURA VEGETAL POR MICROCUENCA EN LA CUENCA DEL RIO PASTO.	100
14	TIPOS DE COBERTURA DE LOS SUELOS EN LA CUENCA DEL RIO PASTO	101
15	PARÁMETROS QUE DEBEN MEDIRSE SEGÚN NIVEL DE COMPLEJIDAD DEL SISTEMA EN MUESTRA COMPUESTA.	119

16	INTERVALO DE TEMPERATURAS TÍPICAS PARA ALGUNAS BACTERIAS	122
17	INFLUENCIA DEL PH, TEMPERATURA Y OXIGENO DISUELTO EN TRATAMIENTOS AEROBIOS Y ANAEROBIOS EN AGUAS RESIDUALES	123
18	VALORES TÍPICOS DE LOS COEFICIENTES CINÉTICOS PARA EL PROCESO DE NITRIFICACIÓN EN CULTIVOS EN SUSPENSIÓN	124
19	PROGRAMACION SITIOS DE MUESTREO	131
20	CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO AMONIACAL	134
21	CONCENTRACIONES DE NITRATO	138
22	CONCENTRACIONES DE NITRITO	140
23	CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO ORGÁNICO	142
24	CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO TOTAL	144
25	CONCENTRACIONES DE FÓSFORO TOTAL	147
26	CONCENTRACIONES DE CROMO HEXAVALENTE	150
27	DBO MEDIBLE CON DIFERENTES DILUCIONES DE LA MUESTRA	153
28	CONCENTRACIONES DE DBO5	155
29	CONCENTRACIONES DE DQO	160
30	CONCENTRACIONES DE OXIGENO DISUELTO	157
31	CONCENTRACIONES DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	163
32	CONCENTRACIONES DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES	165
33	VALORES DE PH	168
34	VALORES DE ALCALINIDAD	170
35	VALORES DE CLORUROS	173
36	VALORES ACIDEZ	175
37	VALORES DE GRASAS Y ACEITES	177
38	CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO AMONIACAL	180
39	CONCENTRACIONES DE NITRITO	183
40	CONCENTRACIONES DE NITRATO	186

41	CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO ORGÁNICO	189
42	CONCENTRACIONES DE NITRÓGENO TOTAL	192
43	CONCENTRACIONES DE OXIGENO DISUELTO	195
44	CONCENTRACIONES DE DBO5	198
45	CONCENTRACIONES DE DQO	201
46	CONCENTRACIONES DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	204
47	CONCENTRACIONES DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLÁTILES	207
48	VALORES DE PH	210
49	VALORES DE ALCALINIDAD	213
50	VALORES DE CLORUROS	216
51	VALORES ACIDEZ	219
52	CONCENTRACIONES DE FÓSFORO TOTAL	222
53	VALORES DE GRASAS Y ACEITES	225
54	CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LOS COLECTORES FINALES	229
55	VALORES C DUCTOS CIRCULARES	231
56	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL PARA EL COLECTOR DE JUAN XXIII	235
57	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL PARA EL COLECTOR DE CLUB DE TENIS	237
58	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL PARA EL COLECTOR DE EL COLEGIO PEDAGÓGICO (COLECTOR ARANDA)	239
59	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL PARA EL COLECTOR DE COLEGIO PEDAGÓGICO	243
60	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL PARA EL COLECTOR HOSPITAL DEPARTAMENTAL	245
61	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL PARA EL COLECTOR HOSPITAL INFANTIL	247
62	VARIACIONES HORARIAS DE CAUDAL TOTAL DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS DE LA CIUDAD DE PASTO	249

63	APORTES POR INFILTRACION EN REDES DE SISTEMAS DE RECOLECCION Y EVACUACION DE AGUAS RESIDUALES.	
64	CAUDALES DE INFILTRACIÓN Y ÁREAS TRIBUTARIAS POR COLECTOR	253
65	CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS	254
66	VARIACIONES HORARIAS DE CAUDAL	257
67	CAUDALES MÁXIMO, MEDIO Y MÍNIMO DIARIO	259
68	ÁREAS DE DENSIDAD DE POBLACIÓN ASOCIADAS AL ÁREA TRIBUTARIA DE LOS COLECTORES FINALES	263
69	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE POBLACIONES POR COLECTOR	264
70	CARGA CONTAMINANTE DE DBO5	270
71	CARGA CONTAMINANTE DE DQO	271
72	CARGA CONTAMINANTE DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	272
73	CARGA CONTAMINANTE DE NITRÓGENO TOTAL	273
74	CARGA CONTAMINANTE DE FÓSFORO	274
75	PARÁMETROS DE CARGA	277
76	CARGA MEDIA DIARIA	279
77	FACTORES DE APORTACIÓN PER CAPITA A LA CONTAMINACIÓN	280
78	BIODEGRADABILIDAD DE UN AGUA RESIDUAL	284
79	RELACIONES EXPERIMENTALES DE DBO ₅ /DQO, DBO ₅ /NITRÓGENO y DBO ₅ /FÓSFORO	285
80	RELACIONES DE NUTRIENTES OBTENIDAS EXPERIMENTALMENTE	286
81	COMPARACIÓN ENTRE PARÁMETROS EVALUADOS y DECRETO 1594/84	290
82	VERTIMIENTOS	
83	COMPOSICION TIPICA DE AGUAS RESIDUALES	

	LISTA DE FIGURAS	PAG
1	VARIACIÓN HORARIA DE AMONIACO	135
2	VARIACIÓN HORARIA DE NITRATOS	139
3	VARIACIÓN HORARIA DE NITRITOS	141
4	VARIACIÓN HORARIA DE NITRÓGENO ORGANICO	143
5	VARIACIÓN HORARIA DE NITRÓGENO TOTAL	145
6	VARIACIÓN HORARIA DE FÓSFORO TOTAL	148
7	VARIACIÓN HORARIA DE CROMO HEXAVALENTE	151
8	VARIACIÓN HORARIA DE DBO5	156
9	VARIACIÓN HORARIA DE OD	158
10	VARIACIÓN HORARIA DE DOO	161
11	VARIACIÓN HORARIA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	164
12	VARIACIÓN HORARIA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	166
13	VARIACIÓN HORARIA DE PH	169
14	VARIACIÓN HORARIA DE ALCALINIDAD	171
15	VARIACIÓN HORARIA DE CLORUROS	174
16	VARIACIÓN HORARIA DE ACIDEZ	176
17	VARIACIÓN HORARIA DE GRASAS Y ACEITES	178
18	VARIACIÓN HORARIA DE AMONIACO	182
19	VARIACIÓN HORARIA DE NITRITOS	185
20	VARIACIÓN HORARIA DE NITRATOS	188
21	VARIACIÓN HORARIA DE NITRÓGENO ORGANICO	191
22	VARIACIÓN HORARIA DE NITRÓGENO TOTAL	194
23	VARIACIÓN HORARIA DE OXIGENO DISUELTO	197
24	VARIACIÓN HORARIA DE DBO5	210
25	VARIACIÓN HORARIA DE DOO	213
26	VARIACIÓN HORARIA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	216
27	VARIACIÓN HORARIA DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	219
28	VARIACIÓN HORARIA DE PH	222

29	VARIACIÓN HORARIA DE ALCALINIDAD	225
30	VARIACIÓN HORARIA DE CLORUROS	228
31	VARIACIÓN HORARIA DE ACIDEZ	231
32	VARIACIÓN HORARIA DE FOSFORO TOTAL	233
33	VARIACIÓN HORARIA DE GRASAS Y ACEITES	234
34	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL COLECTOR JUAN XXIII	235
35	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL COLECTOR CLUB DE TENIS	238
36	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL COLECTOR COLEGIO PEDAGÓGICO (COLECTOR ARANDA)	240
37	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL COLEGIO PEDAGÓGICO	244
38	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL COLECTOR HOSPITAL DEPARTAMENTAL	246
39	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL COLECTOR HOSPITAL INFANTIL	248
40	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDAL TOTAL	250
41	DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES DE INFILTRACIÓN POR COLECTOR	255
42	VARIACIÓN HORARIA DE CAUDALES	260
43	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE POBLACIONES POR COLECTOR	261
44	DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE CONSUMO SEGÚN SU USO	268
45	VARIACIÓN HORARIA DE CARGA CONTAMINANTE	275
46	VARIACIÓN HORARIA DE CONCENTRACIÓN Y CARGA DE DBO5	293
47	VARIACIÓN HORARIA DE CONCENTRACIÓN Y CARGA DE DQO	295
48	VARIACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES	297
49	VARIACIÓN HORARIA DE CONCENTRACIÓN Y CARGA DE NITRÓGENO TOTAL	299
50	VARIACIÓN HORARIA DE CONCENTRACIÓN Y CARGA DE FÓSFORO TOTAL	301

RESUMEN

Se hizo un estudio detallado sobre la contaminación actual que generan los principales vertimientos: Hospital Departamental, colegio Pedagógico, Aranda, Hospital Infantil, interceptor lateral izquierdo Juan XXIII, club de tenis; al río Pasto tomando muestras en cada uno de los colectores, antes y después de los vertimientos en el río. Y unas tomas especiales en: bocatoma, avenida Chile y en el sector de la Universidad de Nariño. Determinando por medio de los parámetros para un nivel de complejidad alto, la carga contaminante que cada uno le aporta al río.

Se determinaron los caudales horarios durante las 24 horas del día en 3 jornadas. Se utilizó un medidor de velocidades para aguas residuales; un micromolinetete "GLOBAL FLOW PROBE" FP101 – FP 201, como lo estipula la RAS 2000, todo esto con el fin de estudiar las variaciones horarias de caudal a corto plazo.

Realizamos un análisis para encontrar la procedencia de las aguas residuales urbanas de la ciudad de Pasto, calculando sus caudales de infiltración y áreas tributarias.

Se estudiaron los datos encontrados experimentalmente tanto de concentraciones como de caudales para evaluarlos, y dar unas comparaciones con los valores admisibles y porcentajes de remoción con el Decreto 1494 de 1984.

Se formularon algunas recomendaciones para investigaciones futuras, necesarias para llevar a cabo una investigación en este campo de las aguas residuales.

ABSTRACT

A detailed study was made about the current contamination that you/they generate the main draining: Departmental Hospital, I associate Pedagogic, Aranda, Infante Hospital, left lateral interceptor XXIII Juan, tennis club; to the river Grass taking samples in each one of the collectors, before and after the draining in the river. And some special takings in: bocatoma, avenue Chile and in the sector of the University of Nariño. Determining by means of the parameters for a high level of complexity, the polluting load that each one contributes to the river.

The flows schedules they were determined during the 24 hours of the day in 3 days. You uses a meter of speeds for residual waters; a micromolinete "GLOBAL FLOW PROVED" FP101–FP 201, as it specifies it the LEVEL 2000, all this with the purpose of studying the variations hours of short term flow.

We carry out an analysis to find the origin of the urban residual waters of the city of Grass, calculating their infiltration flows and tributary areas.

The opposing data were studied so much of concentrations experimentally as of flows to evaluate them, and to give some comparisons with the acceptable values and removal percentages with the Ordinance 1494 of 1984.

Some recommendations were formulated for future investigations, necessary to carry out an investigation in this field of the residual waters.

INTRODUCCIÓN

La Humanidad en el afán de conocer y de apropiarse cada vez mas de los medios que le permitan una supervivencia como especie genera daños al ecosistema, de ahí que una de las características principales de ésta, es la creciente preocupación por el medio ambiente. De lo anterior se deriva como preocupación inmediata, la preservación de los recursos hídricos, los cuales se ven amenazados por un acelerado proceso de destrucción.

No obstante la mentalidad de la sociedad de Consumo ha llevado al individuo a abandonar el objetivo elemental de su producción, de su progreso y en consecuencia se ha relegado de la interrelación con el medio, así la contaminación del aire, del agua y el exterminio de las especies, es el tema que en la actualidad ocupa el centro de atención en todo el mundo científico y tecnológico.

Anteriormente, en regiones como el Departamento de Nariño, de desarrollo económico y social relativamente atrasado, las autoridades no daban la verdadera importancia a la parte ambiental, afortunadamente en la actualidad las autoridades municipales han tomado conciencia del valor que representa el medio ambiente,

así por ejemplo, gracias a la construcción del interceptor lateral izquierdo que abarca la mayoría de la cabecera municipal, el impacto ambiental causado por la contaminación de los vertimientos disminuye considerablemente.

En estas condiciones, un estudio como el presente, pretende no solamente establecer la magnitud de parámetros fisicoquímicos cuantificadores del estado de contaminación de la principal fuente de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Pasto, sabiendo que se hace énfasis en el sector contaminado por los vertimientos de la red de alcantarillado una vez se ha captado con anterioridad dicho recurso, debe tenerse en cuenta además que se tomo como referencia la bocatoma del acueducto para observar el impacto ambiental aguas debajo de dicho punto.

El vertimiento de Aguas Residuales sobre el curso natural de los ríos es una de las causas de mayor influencia en el deterioro del ecosistema, marcándose la necesidad urgente de comenzar un proceso de aprendizaje y concientización por parte del hombre para enfocarlo hacia un manejo sostenible de su entorno.

Se presenta a continuación un estudio encaminado a determinar a través de la Caracterización Fisicoquímica de las Aguas Residuales Urbanas de la ciudad de Pasto vertidas sobre el curso del río el impacto ambiental causado en dicho cuerpo de agua, pretendiendo dar el primer paso hacia el conocimiento del impacto contaminante causado por el vertido sin previo tratamiento de las aguas servidas y tomar las medidas pertinentes para atenuar su efecto.

Se espera que los resultados de esta investigación, motiven al sector público continuar con los planes de recuperación del río Pasto que fueron planteados y ejecutados por administraciones anteriores y que se han abandonado; es importante aquí dar a conocer que fue EMPOPASTO quien se interesó por nuestra propuesta y nos brindó su entero apoyo y colaboración.

El tratamiento y disposición apropiada de las aguas residuales supone el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas de dichas aguas; de su significado y de sus efectos principales sobre la fuente receptora.

1. NOMBRE DEL TRABAJO Y DELIMITACION

Determinación de la carga contaminante del río Pasto, generada por los vertimientos del alcantarillado de la cabecera municipal.

El trabajo de investigación sobre la determinación de la carga contaminante generada en el Río Pasto por el vertimiento de las aguas residuales de cabecera municipal comprende: La determinación del caudal de la descarga en cada emisario seleccionado para el estudio, determinación de la concentración de sustancias contaminantes mediante análisis de laboratorio de las muestras teniendo en cuenta la normatividad (RAS – 2000) y el análisis de los resultados obtenidos.

Las actividades se realizaron en lo posible dentro de la normatividad Colombiana vigente.

2. FORMULACION DEL PROBLEMA

Las aguas residuales recogidas en comunidades y municipios deben ser conducidas, en última instancia, a cuerpos de agua receptores o al mismo terreno. El vertimiento de esta agua sobre el curso de los ríos es una de las causas de mayor influencia en el deterioro del ecosistema. El conocimiento de la naturaleza del agua residual es fundamental de cara a un proyecto y explotación de las infraestructuras tanto de recogida como de tratamiento de y evacuación de las aguas residuales, así como para la gestión de la calidad medio – ambiental.

De lo anterior se deriva como preocupación inmediata, la preservación de los recursos hídricos y con esto la necesidad de investigar y desarrollar la cuantificación de la carga contaminante generada por los vertimientos de agua residual sobre el río Pasto mediante la realización de ensayos de laboratorio sobre muestras tomadas de los sitios de estudio, de acuerdo con la normatividad Colombiana vigente (Decreto 1594 de 1984 Aguas Servidas, usos y vertimientos de residuos líquidos).

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL.

Diagnosticar el grado de contaminación del río Pasto a causa del vertido de las aguas residuales originadas en el casco urbano, mediante una metodología analítica sobre los principales parámetros de contaminación efectuando muestras en el río Pasto, antes y después de los vertidos y en los colectores finales.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar el caudal de los vertimientos de aguas residuales que tienen mayor influencia en la contaminación del río Pasto.
- Evaluar las muestras de los vertimientos para los siguientes parámetros: DBO5, DQO, NO₃, SST, SSV, temperatura, PH, O₂.

- Comparar los resultados obtenidos con las normas de vertimiento del decreto 1594 de 1984.
- Predecir algunos efectos que puede producir las descargas de aguas residuales a un cuerpo determinado de agua.
- Establecer la correlación entre las características del cuerpo de agua y el entorno de influencia del vertimiento.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 DEFINICIÓN Y PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN

4.1.1. Definición. En los últimos años ha venido cobrando importancia la preservación del medio ambiente por su impacto en la salud y condiciones de vida de las comunidades.

La contaminación puede definirse como la acción y el efecto de introducir materias, formas de energía o introducir condiciones en el agua de modo directo o indirecto, que impliquen una alteración perjudicial de su calidad en relación con los usos posteriores o su función ecológica.

Uno de los factores que mayor impacto causan sobre el medio ambiente son las aguas residuales debido a que se encuentran presentes en todo asentamiento humano.

Las aguas residuales procedentes de las ciudades son conocidas como aguas negras o aguas residuales urbanas, se componen fundamentalmente de aguas residuales domésticas, contienen cierto porcentaje de aguas residuales industriales, pecuarias, aguas infiltradas en el suelo y aguas de escorrentía urbana.

4.1.1.1. Aguas residuales domésticas. Estas aguas son el principal constituyente de las aguas residuales urbanas, su vertido se origina en zonas residenciales y centros comerciales, además de los aportes que representan los edificios, instituciones y los espacios recreacionales; se componen de aguas fecales y aguas de lavado, se caracterizan por contener gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos y detergentes.

4.1.1.2. Aguas residuales industriales. Se originan por la actividad industrial tales como elaboración de artículos y sustancias industriales de alimentos, textiles entre otros. Se caracterizan por su alto grado de contaminación y variedad de contaminantes o formas de energía (calórica y radiación).

4.1.1.3. Aguas residuales pecuarias. Esta agua proviene de un posible vertido puntual (ganadería intensiva) o de un vertido difuso no puntual (ganado no estabulado). Se caracterizan por ser aguas con gran cantidad de materia orgánica y sólidos suspendidos que flotan, con importantes aportaciones de nitrógeno y fósforo.

4.1.1.4. Aguas pluviales. Las aguas residuales pluviales se originan por el arrastre de materiales presentes en el suelo debido a las precipitaciones atmosféricas. Se caracterizan por grandes aportaciones de caudal de naturaleza intermitente y por una alta contaminación en los primeros quince a treinta minutos de haber empezado el evento, las cargas contaminantes se incorporan al agua al atravesar la atmósfera y por el lavado de superficies y terrenos.

4.1.1.5. Aguas infiltradas y aportaciones incontroladas. Entren tanto de manera directa como indirecta a la red del alcantarillado, hace referencia al agua que penetra en el sistema a través de juntas defectuosas, fracturas y grietas o paredes porosas; en cuanto a las aportaciones son aguas provenientes del drenaje de sótanos y cimentaciones, circuitos de refrigeración y drenaje de zonas pantanosas y manantiales.

También se acostumbra denominar aguas negras a las aguas residuales provenientes de inodoros, es decir, aquellas que transportan excrementos humanos y orina, ricas en sólidos suspendidos, nitrógeno y coliformes fecales. Y aguas grises a las aguas residuales provenientes de tinajas, duchas, lavamanos y lavadoras, aportantes de DBO, sólidos suspendidos, fósforo, grasas y coliformes fecales, esto es, aguas residuales domésticas, excluyendo la de los inodoros.

Aunque el precio del agua sea un factor de gran incidencia en el consumo, la cantidad de agua de consumo doméstico no debería superar los 200 l /día con un promedio de 60 – 70 %, para baño, lavandería, cocina y aseo, y un 30 – 40 %, para arrastre sanitario de excrementos y orina. Sin embargo, este último porcentaje puede disminuirse con el fomento de los inodoros de volumen pequeño más eficientes.

Las aguas lluvias transportan la carga puldora de techos, calles y demás superficies por donde circula; sin embargo, en ciudades modernas se recogen en alcantarillas separadas, sin conexiones conocidas de aguas residuales domésticas o industriales y, en general, se descargan directamente en el curso de agua natural más próximo sin ningún tratamiento. En ciudades que poseen un sistema de alcantarillado combinado se acostumbra captar el caudal de tiempo seco mediante un alcantarillado interceptor y conducirlo a una planta de tratamiento. No

obstante, durante los aguaceros el caudal en exceso de la capacidad de la planta y del alcantarillado interceptor se desvía directamente el curso natural del agua. En este caso se pueden presentar riesgos serios de polución y de violación de las normas del estado, los cuales solo se pueden evitar reemplazando el sistema de alcantarillado combinado por uno separado.

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de las aguas residuales urbanas¹

PARÁMETRO	CONTAMINACION FUERTE *	CONTAMINACION MEDIA *	CONTAMINACION LIGERA *
SÓLIDOS TOTALES	1000	500	200
VOLATILES	700	350	120
FIJOS	300	150	80
SÓLIDOS SUSPENDIDOS	500	300	100
VOLATILES	400	250	70
FIJOS	100	50	30
SÓLIDOS SEDIMENTABLES	250	180	40
VOLATILES	100	72	16
FIJOS	150	108	24
SÓLIDOS DISUELTOS	500	200	100
VOLATILES	300	100	50
FIJOS	200	100	50
DBO5 a 20°C	400	220	110
DQO.	1000	500	250
OXIGENO DISUELTO	0	0.1	0.2
NITRÓGENO TOTAL (N)	86	50	25
ORGÁNICO (N)	35	20	10
AMONIACO LIBRE (N-NH ₄)	50	30	15
NITRITOS (N-NO ₂)	0.1	0.05	0
NITRATOS (N-NO ₃)	0.4	0.2	0.1
FÓSFORO TOTAL (P)	17	7	2
CLORUROS	175	100	15
GRASAS	40	20	0
PH	6.9	6.9	6.9

* CONCENTRACION mg/L

¹ Adaptados parcialmente de METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento Vertido y Reutilización. 3a Ed. Mc. Graw Hill, España 1995.

4.1.2. PARÁMETROS DE CONTAMINACIÓN

4.1.2.1. Sólidos y microorganismos. Los sólidos de una agua afectan directamente la cantidad de lodos que se producen en el sistema de tratamiento o disposición.

El contenido total de materia sólida constituye los sólidos totales que pueden ser de naturaleza química orgánica o inorgánica y se determinan como la materia remanente después de evaporación completa a 105°.

Los sólidos totales pueden encontrarse de las siguientes formas:

Sólidos Disueltos (SD) son aquellos que permanecen completamente solubles ya que se encuentran en forma iónica o molecular, y no sedimentan a menos que sea introducido un agente coagulante, estos representan el material soluble y coloidal, el cual requiere usualmente para su remoción oxidación biológica o coagulación y sedimentación, en la practica son aquellos con tamaño menor de 1.2 micras.

Sólidos Suspendidos (SS) permanecen en suspensión, con tamaños mayores a 1.2 micra, tamaño nominal de poros correspondiente a los filtros de fibra de vidrio usados para hacer la separación y pueden ser:

Sedimentables (SSs) debido a su peso precipitan tras un periodo de dos horas de reposos en cono Imhoff.

No Sedimentables (SSn) son los que permanecen en suspensión tras dos horas de sedimentación debido a que su peso específico es muy próximo a la del agua.

Los sólidos anteriormente definidos suelen clasificarse de acuerdo con su volatilidad a 500° C así La fracción orgánica presente se oxida y gasifica a estas temperaturas, mientras que la fracción inorgánica (mineral) se convierte en cenizas.

Esta definición es aplicable a los sólidos totales, disueltos y suspendidos sedimentables y no sedimentables.

A los sólidos orgánicos se les denomina Volátiles, y están compuestos por proteínas, carbohidratos, lípidos o grasas que son degradados por la acción microbiana.

Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes no biodegradables compuestos por minerales, arenas, limos y tierras.

Para aguas residuales domesticas generalmente se considera como una concentración fuerte la que contiene 1200 mg / L de sólidos totales o más; como una concentración media, la que posee 700 mg/L o mas, o como una concentración débil la de 300 mg/L o más.

Una amplia variedad de seres vivos suelen acompañar los cuerpos de aguas residuales tales como algas, bacterias, hongos, protozoos, virus y rotíferos entre otros, que pueden ser benignos, patógenos o saprofitos.

Los microorganismos también se clasifican de acuerdo con su capacidad de captar oxígeno:

Aerobios, que constituyen del 60 al 65% de los microorganismos existentes en el agua residual y su principal característica es la de captar en forma directa el oxígeno disuelto en el agua.

Anaerobios, constituyen del 10 al 25 % de los microorganismos y obtiene el oxígeno por descomposición de la materia orgánica que lo contiene.

Facultativos, constituyen del 10 al 30 %, y se distinguen por su capacidad de adaptarse a condiciones en presencia y ausencia de oxígeno (medios aerobios y anaerobios).

También se encuentran organismos microscópicos que son visibles y que ayudan a mantener la población microbiana controlada y degradada en cierta medida la

materia presente en el agua residual. Normalmente son moluscos, crustáceos, rotíferos y otros protozoos.

4.1.2.2. Sustancias oxidables biológicamente. Teniendo en cuenta que los principales grupos de sustancias orgánicas presentes en el agua residual son las proteínas (40 – 60%), los carbohidratos (25 – 50 %), y grasas y aceites (10 %), sustancias de naturaleza orgánica que para su estabilización por medio de la acción microbiana requieren de cierta cantidad de oxígeno, que puede ser medido mediante varios métodos analíticos: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono Orgánico Total (COT), con los cuales se puede determinar la cantidad de carga contaminante presente.

4.1.2.2.1. Demanda Teórica de Oxígeno. Si se conoce la composición química de las sustancias orgánicas presentes en el agua residual es posible estimar la cantidad de oxígeno consumida para su total estabilización. A pesar de que este método es muy exacto es poco práctico ya que en muy pocas ocasiones se conoce exactamente la composición del agua residual y la estequiometría de la reacción de oxidación. Como normalmente se conocen las relaciones entre DBO y DQO es posible inferir los valores de esta.

4.1.2.2.2. Carbono orgánico total. Mediante este método para la estimación de la materia orgánica presente en el agua se debe disponer de una pequeña cantidad de muestra que debe ser representativa y se somete a la acción de un agente químico oxidante y se lleva a un horno que se encuentra a alta temperatura. Los compuestos orgánicos son oxidados completamente a bióxido de carbono (CO_2) el cual es medido en un analizador de infrarrojos y se estima la cantidad inicial de materia orgánica. El método es bastante confiable y preciso pero su análisis es costoso.

4.1.2.2.3. Demanda química de oxígeno. La muestra a analizar se somete a la acción de un agente químico fuertemente oxidante generalmente bicromato de potasio (KHCr_2O_7) en medio ácido y en presencia de un catalizador (sulfato de plata Ag_2SO_4).

La reacción ocurre a altas temperaturas (150°C).

4.1.2.2.4. Demanda bioquímica de oxígeno. Es el método más extensamente utilizado para la determinación de la contaminación orgánica en las aguas, usado también para determinar la cantidad de oxígeno requerido para estabilizar biológicamente la materia orgánica del agua, para diseñar unidades de tratamiento biológico, para evaluar la eficiencia de los procesos de tratamiento y para fijar las

cargas orgánicas permisibles en fuentes receptoras. Esta prueba se efectúa a 20° C en ausencia de luz y durante cinco días.

La DBO_5 se determina midiendo el oxígeno disuelto al principio y al final del ensayo previa diluciones de las muestras, y la diferencia de estos valores permite estimar la cantidad de oxígeno consumida por los microorganismos para un volumen de muestra conocido.

A pesar de que presenta muchos inconvenientes (consumo de reactivos, inoculación de la muestra, incubación, periodo relativamente largo de observación), es la más ampliamente difundida debido a que indirectamente se puede determinar si un tipo de agua es biodegradable o no. Si existe limitación de nutriente o presencia de tóxicos, el consumo de oxígeno será nulo, y esto implica que la contaminación tendrá que ser removida mediante métodos de tratamiento diferentes a los biológicos.

Existe la Demanda Bioquímica de Oxígeno Carbonosa (DBOC) y la Demanda Bioquímica de Oxígeno Nitrogenada (DBON). La primera se relaciona con la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos para estabilizar los compuestos carbonados y la segunda se refiere a la cantidad de oxígeno requerida por los microorganismos (Nitrificantes) para oxidar el amoníaco a nitrato.

La DBOC se verifica normalmente en los primeros cinco días del ensayo y la DBON después de este periodo.

4.1.2.3. Oxígeno disuelto. Es un gas de baja solubilidad en el agua, su presencia en el agua residual es deseable por cuanto que los microorganismos aerobios requieren de la presencia de este para estabilizar la carga contaminante, imprescindible para formas de vida acuáticas superiores; la solubilidad del oxígeno atmosférico en aguas dulces oscila entre 7 mg/L a 35°C y 14.6 mg/L a 0°C para la presión de una atmósfera. La baja disponibilidad de oxígeno disuelto limita la capacidad auto purificadora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas residuales para su disposición en ríos y en balsas. La concentración de saturación de oxígeno disuelto es función de la temperatura, de la presión atmosférica y de la salinidad del agua. Por otro lado es deseable su presencia para evitar condiciones sépticas y consecuentemente evitar la aparición de olores indeseables.

En general, todo proceso aerobio requiere una concentración de oxígeno disuelto mayor 0.5 mg/L.. El suministro de oxígeno y las concentraciones de oxígeno disuelto en tratamientos biológicos aerobios y aguas receptoras de aguas residuales son aspectos de mayor importancia en el diseño, operación y evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales.

Por ejemplo, la cantidad de oxígeno que se transfiere al agua residual, en un tanque de aireación de un proceso de lodos activados, debe ser suficiente para satisfacer la demanda de la masa microbial existente en el sistema de tratamiento y para mantener un residual de oxígeno disuelto generalmente del orden de 2 mg/L.

4.1.2.4. Nitrógeno. Nutriente esencial para el crecimiento de protistas y plantas. Las formas de interés en aguas residuales son las de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno de nitritos y nitratos. Todas son formas interconvertibles bioquímicamente y componentes del ciclo del nitrógeno. Los datos del nitrógeno son necesarios para evaluar la tratabilidad de las aguas residuales por tratamientos biológicos; un agua residual con contenido insuficiente de nitrógeno puede requerir la adición de nitrógeno para su adecuada biodescomposición. En otros casos cuando se exige control de eutrofización de las fuentes receptoras, la remoción de nitrógeno, en el agua residual puede ser una condición del tratamiento.

Según el ciclo del nitrógeno, la forma predominante de este en aguas residuales domésticas es el nitrógeno orgánico; las bacterias rápidamente descomponen el nitrógeno orgánico en nitrógeno amoniacal y, si el medio es aerobio, en nitritos y nitratos. El predominio de los nitratos indica que el residuo sea estabilizado con respecto a su demanda de oxígeno. Los nitratos, sin embargo, pueden ser

utilizados por las algas y otros organismos acuáticos para formar proteínas y, por ello, puede necesitarse la remoción del nitrógeno para prevenir dichos crecimientos. En los intestinos humanos el nitrato es reducido a nitrito, absorbidos por el torrente sanguíneo y causante de la metahemoglobinemia infantil o de la formación nitrosaminas, las cuales son cancerígenas.

En aguas residuales domésticas la concentración de nitrógeno total puede ser 30 a 100 mg/L, 5 a 15 gr/día; la de nitrógeno amoniacal de 5 a 20 mg/L, 1 a 3 gr/día; la de nitritos y nitratos menor de 1 mg/L, menor de 1 gr/día. En aguas residuales tratadas la concentración de nitratos puede ser del orden de 30 mg/L. La presencia de nitrógeno amoniacal en exceso de 1600 mg/L, es considerada inhibitoria para muchos microorganismos existentes en el proceso de lodos activados.

Puede estar presente en forma de compuestos orgánicos nitrogenados (proteínas y aminoácidos), amoníaco, nitritos y nitratos.

El amoníaco generalmente proviene de la degradación de las proteínas y aminoácidos y su presencia en altas concentraciones en los cursos de agua suelen ser tóxicos para la vida acuática.

Los nitritos corresponden a la primera etapa de oxidación del amoníaco mediante la acción de un tipo de bacterias denominadas Nitrosomas, los nitritos son fácilmente oxidados a nitratos por la acción de las bacterias conocidas como Nitrobacter.

4.1.2.5. Fósforo. Es un elemento imprescindible para la estructura celular de los seres vivos y su presencia es infaltable en todo proceso de depuración biológica.

El fósforo junto con el Nitrógeno, Azufre, Potasio y Magnesio, son elementos conocidos como nutrientes inorgánicos y deben estar presentes en concentraciones adecuadas para procesos biológicos de depuración de aguas.

En aguas residuales domésticas el contenido de fósforo oscila entre 6 y 20 mg/L; las formas usuales son el ortofosfatos, polifosfatos y fosfatos orgánicos. Los ortofosfatos por ejemplo: PO_4 , HPO_4 , H_2PO_4 , H_3PO_4 son aptos para el metabolismo biológico. Los polifosfatos, fosfatos deshidratados molecularmente se hidrolizan lentamente y reierten a las formas de ortofosfatos. El fósforo orgánico es, por lo regular, de importancia secundaria en la mayor parte de las aguas residuales domésticas pero puede ser vital en residuos industriales y en lodos de aguas residuales.

4.1.2.6. Ph. Medida de la concentración de ión hidrógeno en el agua, expresada como el logaritmo negativo de la concentración molar de ión hidrógeno, aguas residuales en concentración adversa del ión hidrógeno son difíciles de tratar biológicamente, alteran la biota de las fuentes receptoras y eventualmente son fatales para los microorganismos.

Aguas con PH menor de 6, en tratamiento biológico favorecen el crecimiento de hongos sobre las bacterias. A PH bajo el poder bactericida del cloro es mayor, a PH alto la forma predominante del nitrógeno amoniacal es la forma gaseosa no iónica (NH_3) la cual es toxica, pero también removible mediante arrastre con aire, especialmente a PH de 10.5 a 11.5.

Para descarga de fluentes de tratamiento secundario se estipula un PH de 6 a 9; para procesos biológicos de nitrificación se recomiendan valores de PH de 7.2 a 9 y para desnitrificación de 6.5 a 7.5

El PH óptimo para el crecimiento y desarrollo de los microorganismos se sitúa entre 5.5 y 8,5 ya que con valores por fuera de este intervalo, la estabilización

biológica puede inhibirse. Oscilaciones fuertes de valores de PH pueden ser indicadoras de vertidos industriales sin previo tratamiento.

El valor de PH del agua tiene influencia sobre muchos procesos tanto químicos como biológicos, que se realizan en el seno de la misma. Entre ellos se destacan:

- Un Agua con un PH menor a 6 es fuertemente agresiva y corrosiva para los metales.
- Influye en la regulación de los procesos químicos de tratamiento de aguas negras y en la regulación de la digestión anaerobia de la materia orgánica.
- Destrucción de alcalinidad cáustica por producción bioquímica de CO_2 .
- Oxidación bioquímica de sulfuros.
- Producción de ácidos orgánicos.

4.1.2.7. Cloruros. Son comunes en aguas residuales pues la contribución diaria por persona es de 6 a 9 gramos. Concentraciones altas pueden causar problemas de calidad de aguas para riego y de sabor en aguas para reuso. En general, los métodos convencionales de tratamiento de aguas residuales no remueven cloruros, en aguas domesticas crudas la concentración de cloruros oscila entre 30 y 200 mg/L. Los cloruros interfieren en el ensayo de la DQO y su determinación también sirve para controlar la polución marina. Los cloruros en concentraciones

mayor de 15000 mg/L son considerados tóxicos para el tratamiento biológico convencional.

La presencia del Ion cloruro puede atribuirse a actividades industriales. En condiciones normales, la concentración de cloruros es constante. Valores altos de cloruros pueden ser factores inhibitorios para el tratamiento de aguas residuales además de aumentar la salinidad y posteriormente limitar la concentración de oxígeno disuelto.

Este parámetro sirve para detectar vertidos industriales en aguas residuales y presencia de estas en aguas para suministros.

4.1.2.8. Grasas. Se consideran grasas y aceites los compuestos de carbono y oxígeno que flotan en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entra en contacto, causan iridiscencia y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica pues son difíciles de biodegradar.

Al igual que los cloruros, el contenido de grasas y aceites en condiciones normales es casi constante, por lo tanto valores altos pueden ser indicadores de vertidos de

origen industrial, las grasas normalmente representan el 28% de la DQO total por lo que eliminarlas o retirarlas es aconsejable máxime si se tiene en cuenta que su estabilidad por vía biológica es bastante lenta.

Las grasas generan una película sobre la superficie del líquido que impide una adecuada transferencia de oxígeno impidiendo la respiración de los microorganismos. Por otro lado mantienen en suspensión sólidos que en su ausencia podrían ser retirados fácilmente por decantación.

4.1.3. EFECTOS DE LA CONTAMINACIÓN. Los parámetros causantes de la contaminación en las aguas residuales son básicamente: Partículas Disueltas y en Suspensión, tanto de naturaleza química, orgánica, como inorgánica y contenido de microorganismos. Dependiendo de la concentración de los anteriores parámetros pueden determinarse el grado de toxicidad o inocuidad del agua residual, al igual que el tipo de tratamiento a implementar.

El agua residual provoca condiciones adversas a la vida acuática y en general a todos los seres que hacen uso de ella.

Los principales efectos de los distintos tipos de contaminación provocada a los cursos de aguas se presentan en el siguiente Cuadro:

Cuadro 2. Efectos de los distintos tipos de contaminación.²

PRINCIPALES CATEGORÍAS DE CONTAMINACIÓN		CATEGORÍAS GENERALES DE EFECTOS CAUSADOS			
		Daños a Los Recursos Vivientes	Peligros Para la Salud Humana	Impedimentos Para riesgo e Industria	Reducción De los Lugares de Recreación.
Desagües De aguas Residuales domesticas	Microbiana Directa	-	XX	-	X
	Microbiana Indirecta	-	XX	X	-
	Entronización y procesos Afines	XX	X	X	XX
Productos De desechos industriales	Metales Pesados.	X	XX	X	-
	Petroquímicos	-	X	X	X
	Aceites	-	-	X	XX
	Plaguicidas	X	XX	-	-
	Detergentes	XX	-	-	X
	Calor	XX	-	X	X
Actividad Agrícola	Abonos	X	XX	-	-
	Pesticidas y plaguicidas	X	XX	-	-
X Categoría general de efectos más frecuentemente asociados con esta clase de contaminación.					
XX La categoría más importante de los efectos del tipo concreto de contaminación					

Los vertidos de las aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento generalmente terminan originando problemas sanitarios tanto a la biótica como a las poblaciones ubicadas aguas abajo.

² HERNANDEZ, M. A. , ET AL, Manual de Depuración Uralita, . Paraninfo, España, 1996.

Ciertos nutrientes tales como Nitrógeno y Fósforo, a concentraciones de 0,5 y 0,05 mg/L respectivamente presentan indicios de Eutrofización y aumento exagerado en el fitoplancton para zonas tropicales.

Concentraciones altas de microorganismos observadas después de los vertidos de aguas residuales son causantes directos de epidemias y endémicas tales como el Cólera, Fiebre Tifoidea y Paratifoidea, Enfermedad Diarreica Aguda, Enteritis, Gastroenteritis, Esquistosomiasis, Gardiasis, Amibiasis, Tuberculosis, etc.

La presencia de sustancias químicas en aguas para suministro provenientes de aguas residuales, son causantes de diversos problemas sanitarios tales como Metahemoglobinemia, Cáncer, Saturnismo, Lesiones en diferentes órganos (riñones, hígado, pulmones, etc.) Dolencias Cardiovasculares, Hipertensión.

Para una depuración adecuada de las aguas residuales deben tenerse en cuenta la concentración de ciertas sustancias químicas que por encima de ciertos valores se tornan tóxicos para los microorganismos.

Cuadro 3. Concentración de inhibición para diferentes procesos de depuración biológica en aguas residuales.³

CONTAMINACIÓN	CONCENTRACIÓN LIMITE (mg/l)	
	ELIMINACIÓN MATERIA ORGÁNICA CARBONOSA	NITRIFICACIÓN
ALUMINIO	15 a 16	
AMONIACO	480	
ARSENICO	0.1	
BORO	0.05 a 100	
CADMIO	10 a 100	
CALCIO	25000	
CROMO HEXAVALENTE	1 a 10	0.25
CROMO TRIVALENTE	50	
COBRE	1.0	0.05 a 0.5
CIANURO	1.0 a 5	0.34
HIERRO	1000	
PLOMO	0.1	0.5
MANGANESO	10	
MAGNESIO	1 a 10	50
MERCURIO	0.1 a 5.0	
NIQUEL	0.1 a 2.5	
PLATA	5	
SULFATOS		500
ZINC	0.08 a 1	0.08 a 5
ACEITES MINERALES	50	
FENOL	200	4 a 10
CRESOL		4 a 16
2-4 DINITROFENOL		150

* Concentración en microgramos por litro (? g/l)

4.1.4. NORMATIVIDAD: Aspectos legales de la disposición de aguas negras. Los serios problemas involucrados en la disposición de las aguas negras y otros

³ METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento Vertido y Reutilización. 3a Ed. Mc. Graw Hill, España 1995.

desperdicios por medios inadecuados e ineficaces causan molestias y además violan los derechos y bienestar de los individuos y de las comunidades, esto ha dado lugar a que se establezcan leyes y reglamentos que gobiernan tal disposición.

Con la ley 475 de 1998, se sentó los regimientos fundamentales sobre la prevención y control de la contaminación del agua.

El Decreto 1594 de 1984, habla de las condiciones mínimas que debe cumplir todo vertimiento de residuos líquidos a una fuente receptora.

Cuadro 4. Normas vigentes para agua potable

Y RESIDUAL ⁴

PARÁMETRO	UNIDAD	DEC. 475/98	DEC. 1594/84
ALUMINIO	mg / l Al	0.20	--
AMONIO	mg / l NH ₄	--	1.0
CLORUROS	mg / l CL	250	250
COLOR	UPS	< 15	20
DUREZA TOTAL	mg / l CaCO ₃	160	500
HIERRO	mg / l Fe	0.50	0.30
MANGANESO	mg / l Mn	0.10	0.20
NITRATOS	mg / l NO ₃	10	10
NITRITOS	mg / l NO ₂	0.10	1.0
PH	VALOR PH	6.5 – 9.0	6.5 – 8.5
SULFATOS	mg / l SO ₄	250	400
TURBIEDAD	NTU	< 5	50
OXIGENO DISUELTO	Mg / l O ₂	SATURACIÓN	--
SÓLIDOS TOTALES	mg / l	< 500	--
COBRE	mg / l Cu	2.0	1.0
CROMO	Mg / l Cr	0.01	0.050

⁴ SALAZAR, C. R., Ingeniería Ambiental. Publicación Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería, Colombia. 1995. 325 p.

4.2. ASPECTOS GENERALES DE LA CUENCA

4.2.1 Localización geográfica. La cuenca del río Pasto es uno de los principales afluentes del río Juanambú, el cual hace parte de la gran cuenca del río Patía que nace en la vertiente occidental del sistema orográfico de los Andes del Departamento de Nariño, al sur – occidente de Colombia.

Se distribuye entre las coordenadas 659.000 m. – 615.000 m. De norte a sur y 965.000 m. – 993.000 m. De occidente según el sistema cartográfico del IGAC usado como referencia para la cartografía del estudio.

La cuenca limita al norte en su parte más estrecha con la cuenca del río Juanambú; al suroccidente con la cuenca del río Guamuéz en la divisoria de aguas en la Cuchilla el Tábano y la Loma Tierra Blanca a los 3400 msnm.; al sur con la cuenca del río Bobo en la divisoria de aguas de la Cuchilla el Campero a 3200 msnm.; al suroccidente con las laderas del Volcán Galeras en la cota 4200 msnm.; al occidente en dirección norte hasta el sector de la Cuchilla en el municipio de la Florida y Brisas del Tambo sobre los 2750 msnm.; y al occidente desde el Páramo de Bordoncillo en dirección al Volcán Morasurco, el casco urbano del Corregimiento de Chachagüi y el aeropuerto Antonio Nariño.

4.2.2 Zonificación de la cuenca. Se hizo un análisis de estudios realizados por Corponariño con el fin de sectorizar la cuenca de acuerdo a criterios geográficos y de referencia altitudinal, sobre una superficie total de 49044 Hectáreas y una longitud de 58 Km.; distribuidas de acuerdo a la siguiente regionalización:

- Parte alta, desde su nacimiento al oriente hasta la hidroeléctrica Julio Bravo en un recorrido de 28 Km. y una superficie de 23515 Hectáreas. En este sector presenta cerca del 40% de su territorio en una pendiente mayor 40%, considerándose ocupada por ecosistemas protectores.

- Parte media, desde la hidroeléctrica Julio Bravo a los 220 msnm. Al sur hasta la divisoria de aguas entre la quebrada Honda en dirección a Tunja y la Peña Cascajo al sur del Aeropuerto Antonio Nariño y una superficie de 15900 Hectáreas.

- Parte baja, desde el límite norte del sector medio hasta su desembocadura en el río Juananbú en los Llanos de Manchabajoy, sobre los 800 msnm.; en una superficie de 9626 Hectáreas.

El área calculada por el SIG de acuerdo al mapa base definido para el estudio es de 48867,87 Hectáreas, valor que difiere de la superficie del área calculada por Corponariño en los estudios consultados.

4.2.3 Distribución administrativa. La cuenca está integrada por 4 municipios, La ciudad de Pasto (área urbana y suburbana), y un área rural conformada por 89 veredas y 13 corregimientos.

En la parte alta de la cuenca sobre los 2550 msnm., se encuentra la ciudad de Pasto la cual a su vez es capital del Departamento de Nariño, aspecto que determina una relación e influencia directa en la oferta – demanda de recursos naturales del sector rural hacia el urbano y de servicios para el desarrollo social y económico de la parte rural hacia la parte urbana.

La ciudad de Pasto se encuentra dividida en comunas las cuales agrupan a los barrios del casco urbano actual y la periferia o zona suburbana en constante expansión territorial. Se localizan 8 comunas las cuales incluyen los barrios que se relacionan en el Cuadro 5

Cuadro 5. División política administrativa. zona urbana de la ciudad de Pasto.

COMUNA	BARRIOS
COMUNA I	Las Américas, Santander, Achalay, las Acacias, Cristo Rey , La Gruta, Jose T. Sarama, El Remanso, Panaderia, Las Cuadras, Obrero, San Felipe, Santiago, La Aurora, Palermo, San Ignacio, Maridiaz, Julián Buchely, San José, Avenida Colombia, Pasaje Puertas.
COMUNA II	San Antonio de Cubanoy, Polvorin, San Rafael, El Dorado, Mariluz, Universitario, La Castellana, Pandiaco, la colina, Mirador, Santa Rita, El Aljibe, Santa Ana(primer etapa), Figueroa, Panamericano y Juan XXIII
COMUNA III	San Juan de Anganoy, Obrero, Obrero Alto, Anganoy, San Vicente, Jorge Giraldo, Primavera, Mijitayo, Panamericano, Gualcaloma, Villa Campanela, Mariluz, Salazar Meija, Sindamanoy, Los rosales, El bosque y
COMUNA IV	Granada, San Miguel de Jogánvito, Agualongo, Barrios del Sur, Jongovito, Sumatambo, Villa Lucia, Atahualpa, Mijitayo, Bella Vista, Caycedo, Capucigra, San Miguel, Gualcala, Tamasagra, Bachue, Santa Isabel, Altamira.
COMUNA V	Santa Clara, San Martín, La Rosa, Chapal, Chile, Venecia, Las Lunas, Los Fundadores, Emilio Botero, Chambú, Madrigal, La Minga, Cantarana, El Pilar, Antonio Nariño y el Potrerillo.
COMUNA VI	Bentania, Santafé, Sendoya, Praga, Doce de Octubre, El Porvenir, Miraflores, Bernal, La Paz, Altos del Campo, Puertas del Sol, Villa Victoria, Villa Docente, Belén el Rosario, Ricón Colonial, San Juan de los Pastos, El Triunfo, Villa Olimpica, Lorenzo, Te
COMUNA VII	Carolina, Guamuez, Casa Loma, Villa Adriana Maria, Las Violetas, Villa Recreo, La Florida, Estrella de Oriente, Santa Cruz, Canchala, Santa Catalina, Centenario, Puerres, Villa Flor, Recuerdo, Santa Mónica, El Ejido, Popular Estrella, Camilo Torres, La Es
COMUNA VIII	San Antonio de Aranda, Alameda, Corazon de Jesús, Aranda, La lomita, Loma del Carmen, Marquetalia, Libertad, Cementerio, Calvario, Cujacal Bajo, Aranda, La Esperanza, Simo Bolivar, Floresta (Aranda), Río Blanco, Villa Nueva, Cujacal Centro, Aranda, Centro

Fuente Documentos Corponariño.

La zona suburbana o de periferia de Pasto, que hasta 1985 era territorio veredal, hoy en día está conformada por 1546 viviendas consideradas en el área urbana en los sectores de Anganoy, Cujacal Bajo, Canchala, Juanoy, Puérres y Rosario de Males.

Respecto a la zona rural de la ciudad de Pasto presenta una superficie de 3762 Hectáreas, 1415 viviendas y está integrada por 10 veredas: San Antonio de Aranda, Cujacal Medio, Chachatoy, Jamondino.

4.2.4 Demanda del suelo en el área urbana. En la ciudad de Pasto el patrón de ocupación del suelo se ha definido según los 5 criterios relacionados en el Cuadro 6. el criterio residencial y el criterio industrial, institucional y de zonas verdes ocupan cerca del 70% de la superficie urbana de Pasto, seguido en importancia por el sector de proyección urbanística potencial que ocupa el 16,54% de la ciudad.

4.2.5 Demanda del uso del suelo en el área rural. En el área rural de la cuenca del río Pasto la cobertura en bosque predomina en el 29,48% de la cuenca (14407,90 Hectáreas); el área en bosque plantado cartografiado a la escala de presentación de los mapas es de 311,79 Hectáreas (0,64%); en vegetación de páramo se encuentra el 3,21% de la región estudiada (1569,27 Hectáreas); bajo pastos el 19,55% (9554,35 Hectáreas); bajo cultivos el 6,20% equivalente a 3020,56 Hectáreas. Las áreas en misceláneo en pastos y bosque llegan al 3,18% (1555,09 Hectáreas) y en pastos y cultivos al 16,98% (8299,35 Hectáreas).

Otros usos como áreas en material de roca llegan al 0,7% (340,63 Hectáreas), zonas urbanizadas 1445,44 Hectáreas (2,96%) y las zonas sin información al restante 17,10% de la cuenca.

4.2.6 Condiciones físico bióticas.

4.2.6.1 Clima. Para explicar las condiciones climáticas presentes en la cuenca del río Pasto, se han utilizado los documentos previamente elaborados por Corponariño y sus firmas consultoras, en los cuales se explica el comportamiento de las variables que definen el clima en la región de estudio.

Para el análisis de nuestro trabajo de grado se tomo como base las 8 estaciones metereológicas que se encuentran dentro de la cuenca del río: Cobeñas, Obonuco, Botana, Corfanar, Bilquipamba, Universidad, Centenario, Cto. Nariño. En el Cuadro 6 se incluyen específicamente las estaciones localizadas dentro de la cuenca.

Cuadro 6. Patrón del suelo en el área urbana de la cuenca del río Pasto

USO	AREA	(%)	TENDENCIA	No. VIVIENDAS	AREA VIVIENDAS (Has)	POBLACION
INDUSTRIAL, INSTITUCIONAL	693,68	29,29	-	-	-	-
TRATAMIENTO ESPECIAL	200,3	8,46	BAJA-BAJA	307	20	1598
COMERCIAL	161,27	6,81	MEDIA -ALTA	10079	125	52413
RESIDENCIAL	921,23	38,9	BAJA	12347	54	64670
URBANIZABLE	391,66	16,54	-	-	-	-
TOTAL	2368,17	100	-	22823	199	118681

Cuadro 7. Relación de estaciones meteorológicas en la cuenca del río Pasto

CODIGO	NOMBRE	COORDENADA	ALTITUD	TIPO
5205508	COBENAS	0.1 12N - 77 10 W	3200 msnm	CLIMATOLOGIA
5204501	OBOUCO	0.1 12N - 77 18 W	2710 msnm	AGROCLIMATOLOGICA
520504	BOTANA	0.1 10N - 77 16 W	2820 msnm	AGROMETEOROLOGICA
5204506	CORFANAR	0.1 13N - 77 14 W	2800 msnm	METEREOLOGICA
5204507	BILQUIPAMBA	0.1 12N - 77 12 W	2850 msnm	METEREOLOGICA
5204701	UNIVERSIDAD	0.1 12N - 77 17 W	2590 msnm	HIDROMETRICA
520703	CENTENARIO	0.1 13N - 77 15 W	2650 msnm	HIDROMETRICA
5204007	Cto. NARIÑO	0.1 17N - 77 22 W	2590 msnm	HIDROMETRICA

4.2.7 Análisis de la precipitación. En la zona de influencia de la cuenca del río Pasto se presentan dos condiciones que explican el patrón de comportamiento de las lluvias en la zona. El paso de la denominada Zona de Convergencia intertropical de su posición meridional (sobre el Ecuador a comienzos del año) a su posición más septentrional desde Junio a septiembre, lo que origina dos estaciones de lluvias. La otra condición, más de comportamiento regional, se refiere a la circulación atmosférica de las masas de aire por sitios de diferente temperatura a nivel microregional, causando el ascenso de los vientos desde el fondo del valle del río Pasto hacia las laderas en las horas de la mañana, con el consecuente enfriamiento de las masas de aire y la condensación del vapor de agua en abundante nubosidad hacia las partes más altas, que luego se convierte en la precipitación sobre las laderas medias y altas de la cuenca del río Pasto.

El comportamiento de las lluvias es de tipo bimodal, con periodos de precipitación entre los meses de marzo a mayo y octubre a diciembre con épocas intermedias de menos precipitación, especialmente entre junio y septiembre. Respecto a la distribución de las lluvias muestra en los alrededores de la ciudad de Pasto (parte alta de la cuenca) precipitaciones de 800 mm/añual, con un incremento en la cantidad de las lluvias caídas hacia el páramo de Bordoncillo al suroriente de la cuenca (150 mm/añual) y en el Volcán Galeras al suroccidente (1000 – 1200 mm/añual).

De acuerdo a los análisis de precipitación y altitud con los datos de las estaciones meteorológicas de referencia, sobre la cota de los 1500 msnm. Se produce una precipitación mínima de 750 mm., y a partir de esta cota hasta los 2000 msnm. La precipitación llega hasta los 2000 mm/año en promedio. Sobre los 2000 msnm. Hasta los 2500 msnm. La precipitación desciende hasta los 750 mm/año, incrementándose hasta los 1500 mm/año a partir de los 2500 msnm a los 3000 msnm. De forma general el flanco oriental de la cuenca presenta mayor presencia de lluvias y precipitación dada su influencia de las cargas de nubes del Amazonas que hacen contacto con las partes más altas de la zona como el páramo de Bordoncillo.

En la estación de Obonuco localizada sobre los 2710 msnm la precipitación media es de 781,2 mm/año con periodos de mayor lluvia en abril – mayo y en octubre noviembre y diciembre de menor lluvia en junio a septiembre. En la estación de Nariño a los 2590 msnm la precipitación asciende hasta los 1982 mm/año, presentándose mayor lluvias en marzo y entre octubre y noviembre. En la estación de Confanar al oriente de la región sobre los 2800 msnm los meses de lluvia son abril, mayo y junio con periodo menor de precipitación de septiembre con un promedio anual de precipitación de 778 mm/año. En la estación Cobeñas al oriente a los 3200 msnm los meses de mayor lluvia son marzo y julio y de menor precipitación agosto y septiembre con precipitación promedio anual de 1472,9 mm.

En la estación de Botana al occidente sobre los 2820 msnm la precipitación media es de 934,3 mm/año y los meses de mayor lluvia octubre a diciembre y de menor precipitación junio a septiembre. De acuerdo a lo anterior, la precipitación media en la cuenca del río Pasto es de 940 mm/año en la parte del altiplano y de 951,7 mm/año en la parte superior.

Geográficamente sobre un plano de la cuenca, se puede indicar que sobre el valle del río Pasto o Valle de Atriz la precipitación media anual es de 750 mm, mientras que sobre la Cuchilla del Tábano la precipitación llega a su valor máximo de 1500 mm con una media de 950 mm/año.

Se han realizado estudios de rendimientos hídricos con base en datos de estaciones hidrométricas regionales como la de la Cocha, Las Joyas y El Picudo, en las áreas donde el bosque de niebla ha sido poco intervenido, es decir sitios vecinos a la cuenca del río Pasto ya que esta ha sido intervenida severamente en su cobertura vegetal protectora. Los estudios muestran que donde se encuentra bosque protector poco intervenido existe un aporte de precipitación global adicional a la captada por los aparatos de las estaciones regionales, en un valor significativo y equivalente al 30% para zonas poco intervenidas y del 60% para áreas de bosque nativo donde la precipitación llega hasta los 2000 y 3000 mm/año. Tomando como referencia estos valores, en la cuenca del río Pasto en

su estado actual de intervención y con una precipitación media de 950 mm/año (según nivel más alto 1500 mm y nivel más bajo 750 mm), la cobertura protectora de existir incrementaría los valores de precipitación en un 30 y 50%, con un dato de 1235 mm/año adicionales a los 950 mm/año actuales, esto si se recupera la cobertura nativa. El ejercicio final muestra en estas condiciones hipotéticas un incremento significativo de $1,0 \text{ m}^3/\text{seg}$. En el caudal medio actual del río.

Por otra parte al patrón de días con lluvia muestra relación con la altitud. A mayor altura se presentan más días con lluvia regionalmente (18 a 22 días / año) con una mejor distribución, respecto a sitios de menor altura como en el área de influencia de las estaciones Botana y Obonuco con 12 y 18 días de lluvia en el año irregularmente distribuidos en el año.

Es importante anotar que en promedio existen 167 días con lluvia en la cuenca, lo que significa que las precipitaciones caen en pocos meses con aguaceros intensos y torrenciales.

4.2.8 Análisis climatológico. El patrón de datos de la temperatura en las 23 estaciones analizadas de la cuenca del río Pasto y cuencas vecinas, muestra que la temperatura desciende proporcionalmente con la altitud a razón de 5°C por cada 1000 m; con un margen de error debido a que ciertas estaciones no se encuentran a la altura señalada o se encuentran muy próximas regionalmente.

Así a los 2500 msnm. en los alrededores de la ciudad de Pasto la temperatura media es de 13,6°C, mientras que a los 3500 msnm. como en la cuchilla del Tábano la temperatura desciende hasta los 9,1°C. Por otra parte la temperatura media mensual en el año no varía en mas de un 1°C, pero durante el día existe oscilación del valor de la temperatura diaria con valores extremos de 5,5°C, ascendente y descendente sobre el valor medio de cada mes.

En la parte media de la cuenca dado que en la parte más baja no existen estaciones de referencia, se asume una temperatura media de 20°C.

El brillo solar disminuye con la altura, presentándose un gradiente vertical variado debido a la diversidad de los sistemas y topografía fuerte. El gradiente horizontal se distribuye en la cuenca más uniformemente. Los mayores valores de radiación solar ocurren en la parte más baja de la cuenca, en tanto que en las partes medias y altas las horas de insolación se reducen debido al incremento de la nubosidad y los obstáculos orográficos. Las horas de mayor insolación corresponden al tiempo anticiclónico o épocas secas.

La humedad relativa que se presenta es del orden del 70 - 80% con una media de 76,6% promedio anual. Estos parámetros están relacionados con los periodos

secos y húmedos. cuando los promedios más altos de humedad relativa ocurren en las épocas mas lluviosas en la parte alta de la cuenca, en tanto que en la parte media y baja disminuyen los promedios.

El patrón de comportamiento de los vientos esta relacionado con la época del año. Entre los meses de octubre y mayo, meses de contrastes térmicos locales, los vientos ascienden por el valle del río Pasto en el día y descienden en la noche. En los meses de julio y septiembre la zona esta influenciada por los vientos Alisios del sureste, causando alta evaporación en el valle con periodos de déficit hídrico local. Con relación a la velocidad del viento, el valor medio es de 1,0 m/s. en la parte (estación Obonuco) y de 2,3 m/s. en la parte alta (estación Botana), con periodos de vientos de velocidad baja entre octubre y mayo y velocidad alta en julio y septiembre.

El comportamiento de la evaporación, según la estación de Obonuco muestra que los meses junio y septiembre son los de menor valor, con meses de alta velocidad del viento y menor presencia de lluvias. La evaporación media oscila entre 800 y 1000 mm/año, presentándose el mayor valor en el valle de Pasto, y los menores valores hacia las partes mas altas. En la estación Obonuco a los 2710 msnm. en la parte occidental la evaporación potencial es de 656 mm/año mientras que la real llega a los 593,8 mm/año; en la estación Confanar a los 2800 msnm. al oriente, la

evaporación potencial llega a los 646,8 mm/año y la real a 586,8 mm/año; y en la estación Botana al occidente sobre los 2820 msnm, la evaporación potencial es de 641,3 mm/año y la real de 618,3 mm/año.

4.2.9 Análisis Agroclimático. De acuerdo al estudio técnico de referencia, y el balance agroclimático realizado por el método de Palmer con datos de la estación Obonuco⁵, el déficit hídrico en la cuenca es de 649,7 mm, es decir que los agrosistemas regionales requieren de riego supletorio. dado que el análisis se realizó en condiciones de sequía. Hacia la parte baja de la cuenca, según los datos de la Estación Nariño localizada en el aeropuerto, se puede presentar un exceso de agua en 7 de los 12 meses del año, siendo la época de déficit hídrico los meses de julio, agosto y septiembre. En el mes de octubre y Junio se presenta almacenamiento hídrico.

En condiciones de bosque nativo, el estudio muestra que la cobertura protectora se mantiene con solo el 50% el agua requerida de 475 mm/año, así la hipótesis permite entender que el bosque nativo de niebla, extinguido en su mayor parte en la cuenca, aporta " la lluvia necesaria para contrarrestar el déficit hídrico máximo admisible, que equivale a 178,00 mm/año, proporcionales al 60% de la precipitación registrada". Así los datos permiten concluir que si se incrementa el

⁵ Estación climatológica seleccionada con mayor número de datos, localizada en la parte media de la cuenca.

área bajo cobertura protectora a una razón del 50% en área en la zona con suelos para bosque protector, se incrementaría el caudal adicional necesario para cubrir el déficit hídrico y demanda actual de agua en la región.

4.2.10 Análisis hídrico. El balance entre la oferta - demanda de agua en la región, parte de unos supuestos sobre la situación actual en la cuenca.

- El volumen de abastecimiento para la parte urbana del núcleo poblacional más grande dentro de la cuenca, con un consume de 270 lit./hab./día, valor considerado alto con relación a la dotación media que nos proporcionan las normas RAS 2000, esto de acuerdo al nivel de complejidad de cada zona; por la deficiente infraestructura de distribución y captación.

- Una tasa de crecimiento poblacional de 1,18% anual (según tendencia histórica), cuyo valor se debe a que es basado en el censo del Dane y de 4,13% según EMPOPASTO, se basa en condiciones futuras para diseños de sistemas de agua potable y residual.

➤ El déficit hídrico anual! de 650 mm/año a una probabilidad del 75% con una demanda de 6500 m³/año /Ha para riego.

➤ Proyección de la demanda del sistema de riego eficiente en el área rural con microaspersión a 10000 m³ /año /Ha, con la posibilidad de incorporar 5000 Has de capacidad potencial de uso a la actual frontera agropecuaria para una demanda de 50 millones de m³.

Por otra parte los excesos de humedad y de precipitación ocurren en los meses de diciembre y abril en el área de influencia de las estaciones de Obonuco y Botana localizadas al suroccidente de la cuenca, y en los meses de junio y noviembre en la zona suroriental de la cuenca en las estaciones Confanar y Cobeñas.

Tomando como referencia lo anterior, los rendimientos hídricos calculados muestran un valor medio de 15,63 Lit./s /Km², (valores entre 10 y 24 Lit./s /Km²) según la precipitación calculada, altitud y un coeficiente de escorrentía del 0,5. Así el balance en la actualidad (año 1995) se presenta como negativo, teniéndose que iniciar el bombeo de agua desde el río Bobo. cubriéndose las necesidades de

agua para el área urbana de Pasto⁶ pero desabasteciendo el caudal para el área rural y su actual demanda para riego.

Se considera que, a pesar de los datos y posibles inversiones en infraestructura de captación y distribución, se puede mejorar la condición de oferta demanda negativa, mejorando el servicio de control y administración del agua en la zona urbana, para que con la tasa histórica actual de crecimiento del 1,18% anual, el "déficit hídrico pueda ser manejado con obras de infraestructura y llevar la meta de consumo de 270 Lit./Hab./día a un valor de 210 Lit./Hab./día en el año 2020". Desde el punto de vista de proyección de crecimiento de la población de EMPOPASTO, que sitúa la tasa del 4,13% anual, en los próximos 25 años tomando como referencia el año 1995, cuando se realizó el estudio, el déficit hídrico para acueducto llegaría a 1402 Lit./s.; así con una buena administración del recurso, bajando el consumo a 160 Lit./hab./día el déficit hídrico sería de 470 Lit./s. y se requeriría construir una obra de bombeo similar al del río Bobo, pero con mayor capacidad de captación.

⁶Sistema de abastecimiento integrado por la planta de tratamiento del Centenario y la planta de Mijitayo con un caudal tratado de 545 Lit./s. Complementado con el bombeo del río Bobo de 320 Lit./s.

Respecto al área rural, el diagnóstico muestra que los sistemas de riego, son inadecuados e ineficientes, requiriéndose de una adecuación técnica baja para la actual frontera agrícola. Si se incorporan las 5000 Has de tierras con capacidad de uso para actividades agropecuarias, la demanda sería de 1,6 m³/s. en épocas de menos lluvias con una necesidad de almacenamiento de 50 millones de m³, difícil de suplir con la actual infraestructura de captación de agua superficial en la parte alta y media de la cuenca.

Complementario y articulado a lo anterior, un programa o conjunto de acciones tendientes al repoblamiento de la cobertura vegetal protectora especialmente en las partes de bosque nativo alto andino.

4.2.11 Zonas de vida. De acuerdo a la descripción del Cuadro 8 en la cuenca se distribuyen siete zonas de vida según Holdrige.

Las zonas de vida que ocupan mayor extensión corresponden al bosque seco montano bajo en los alrededores de pasto con una superficie de 13178.83 Has(26.97 % de la cuenca); bosque húmedo premontano 11144.94 Has (22.81 %);

y el bosque húmedo montano con 11018.90 Has, es decir el 22.55 % de la cuenca. El resto de la superficie por zona de vida se presenta en el Cuadro 8.

Cuadro 8. ZONAS ECOLÓGICAS EN LA CUENCA DEL RÍO PASTO

UNIDAD	ÁREA (Has)	LOCALIZACIÓN	TEMPERATURA MEDIA (°C)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)	ALTITUD (msnm)	RELIEVE	COBERTURA
bs – T BOSQUE SECO TROPICAL	804.02	Parte Norte	Mayor 24	1000 – 2000	500 – 1200	Escarpado	Bosque matorral, pastos
bs – MB BOSQUE SECO MONTANO BAJO	13178.83	Parte central de la cuenca – altiplano	12 – 16	500 – 1000	2400 - 3000	Plano con sectores ligeramente ondulados	Cultivos temporales y pastos
bh – M BOSQUE HÚMEDO MONTANO	11018.90	Parte media de las laderas de la cuenca	6 – 12	500 – 1000	3000	Ondulado a quebrado	Bosque de encenillo y pastos
bh – MB BOSQUE HÚMEDO MONTANO BAJO	9220.15	Parte baja de la cuenca	13 – 17	1000 – 2000	2000 – 2800	Quebrado a escarpado	Cultivos temporales y pastos – bosque
bh – PM BOSQUE HÚMEDO PRE MONTANO	11144.94	Parte media de las laderas	18 – 24	1000 – 2000	1100 – 1800	Ondulado a quebrado	Cultivos permanentes y semipermanentes; pastos – bosque nublado
bmh – M BOSQUE MUY HÚMEDO MONTANO	1457.69	Parte alta flanco occidental	6 – 12	1000 – 2000	2900	Quebrado a escarpado	Pastos – bosque nublado
p – SA PÁRAMO SUBANDINO	2043.31	Volcán Galeras, páramo Bordoncillo Cerro Morasurco	3 – 6	500 – 2000	3000	Quebrado a muy escarpado	Bosque matorral Hite, arbustos y en sectores frailejón.

4.2.12 Hidrología. De acuerdo a la investigación la separación de corrientes afluentes del río Pasto se define una delimitación de microcuencas en la parte alta, media y baja como se muestra en el Cuadro 9. Se identificaron 54 microcuencas abastecedoras del río Pasto que recogen las aguas superficiales a lo largo de 58 Km. de extensión de la cuenca con el predominio del patrón de drenaje dendrítico y paralelo. En el mapa temático anexo al informe se identifican las cuencas de mayor importancia por ser abastecedoras de acueductos o tomas de agua potable.

En general la cuenca se ha subdividido para su estudio parcial en tres sectores: alto, medio y bajo, para una superficie total de 48867,87 Has, según los cálculos del SIG. La parte alta, que se inicia en el Páramo de Bordoncillo en el límite altitudinal de los 2600 – 3600 msnm., es considerada el área de recarga del río en la zona próxima a la hidroeléctrica Julio Bravo con una línea divisoria de aguas entre el Volcán Galeras a los 4100 msnm., el Cerro o Loma Campoalegre y el Morasurco. La parte media concentra los escurrimientos superficiales desde el anterior límite hasta el Corregimiento de Tunja y la parte baja desde Tunja hasta la desembocadura del río Pasto en la subcuenca regional del río Juanambú.

La parte alta a su vez ha sido regionalizada en tres subcuencas: la subcuenca alta superior en el Páramo de Bordoncillo hasta el caserío de Buesaquillo; la

subcuenca del río Miraflores; y la subcuenca del río Pasto zona urbana que limita con el área urbana de la ciudad de Pasto.

4.2.13 Condiciones de caudal. De acuerdo al análisis de caudales de, acuerdo a los datos de la estación Universidad Nariño localizada a los 2590 msnm., en la salida de la cuenca, se presenta el caudal mas bajo del río en los meses de agosto y septiembre y los mas altos en abril y noviembre para un caudal medio de 3.36 m^3 , un caudal medio específico de 16.2 l/km^2 y una lamina de agua neta de 510.9 mm.

El rendimiento hídrico es de 15.63 l/s/Km^2 en promedio con un incremento creciente de la precipitación con la altura desde 600 mm en Pasto hasta 1500 mm en la cabecera de la cuenca; esto corresponde a un rendimiento hídrico de la cuenca entre $10\text{-}24 \text{ l/s/Km}^2$ respectivamente. Los caudales medios de las principales corrientes se relacionan en Cuadro 10

En la zona urbana el volumen de agua tratada en el sistema de acueducto es de:

> Estación Centenario: 450 l/s.

> Estación Mijitayo: 100 l/s.

> Estación Río Miraflores: 150 l/s.

Como soluciones posibles para mantener o incrementar (a oferta hídrica se ha propuesto en el corto y mediano plazo obras de almacenamiento de lluvias y obras de trasvase; al largo plazo se ha proyectado la recuperación de la cobertura vegetal protectora en las extensas áreas que han sido intervenidas mediante esquemas productivos no sostenibles en el medio natural regional actual.

Respecto a las obras de regulación y almacenamiento como presas de concreto de baja altura a lo largo de las corrientes principales que surten al río Pasto, se calcula que se deben construir cerca de 50 embalses de pequeña escala por microcuenca, para suplir la demanda de riego en un área entre 200 y 500 has.

Regionalmente se ha estudiado la posibilidad de obras de trasvase entre microcuencas vecinas como la del Páramo de Bordoncillo en la quebrada El Quinche que pasaría el caudal del río Pasto a cerca de los 150 l/s. Otra obra identificada corresponde al túnel multipropósito del Guamuéz con costos de oportunidad muy altos por lo que se ha considerado que debe ser una obra de alternativa energética para la región. Complementario a esto se ha considerado

necesario el muestreo y monitoreo de sedimentos en por lo menos 5 estaciones hidrométricas que se han proyectado instalar.

4.2.14 Recursos hídricos

4.2.14.1 Al nivel urbano. De acuerdo a la información del POT de la ciudad de Pasto y los datos de proyección de la población entre los años 1998 y 2010, la oferta hídrica local este por debajo de las demandas anuales del recurso en todos los años analizados.

Para los años 1998 a 2001 se espera el menor segmento de déficit hídrico con valores de 0.308 a 0.385 m³/s. En el resto de los años proyectados la situación de déficit por este recurso será mas critica dado esto por la tasa de crecimiento ascendente que presenta esta zona urbana en la cuenca.

4.2.14.2 Al nivel rural. De acuerdo a la jerarquización de los drenajes que surten a la cuenca del río Pasto y los cálculos del caudal medio establecidos por Corponariño la oferta hídrica en la cuenca varia desde los 571.60 lts/s en la

microcuenca quebrada Catambuco, hasta los 4.00 lts/s. (microcuencas Duarte y Alto Arrayán) (ver Cuadros 9 y 10).

En la subcuenca río Pasto superior se concentra un caudal medio calculado de 1296.32 lts/s. Para un promedio de 72.02 lts/s. en las 18 microcuencas que conforman esta región.

El río Miraflores localizado en la parte alta de la cuenca presenta una oferta de 1110.90 lts/s. y un promedio de 185.15 lts/s. en las 6 microcuencas que forman la subcuenca. Importante anotar que en esta parte de la cuenca se localiza la microcuenca del Catambuco que presenta un rendimiento de 571.6 lts/s.

En el área suburbana de Pasto el caudal llega a los 1404.70 lts/s. distribuidos en 8 microcuencas para un promedio de 175.59 lts/s.

De acuerdo a lo presentado las microcuencas que presentan mayor oferta hídrica para la región rural son quebrada Catambuco, Chaguayaco y Las Tiendas con valores medios superiores a los 250 lts/s. Le siguen en importancia dado su caudal, las microcuencas: quebrada Dolores, Cabrera, Roscaloma, El Guaico, Guachucal, Botana, Hato Viejo, San Miguel - Cujacal, Mijitayo, Resales, La Pila, El

Quinche El Salto y Blanca con valores entre los 100 y 210 lts/s. de caudal medio. Realmente las microcuencas: quebradas Barbero, El Tejar, Mijitayo parte alta, Purgatorio, Anganoy, Maragato, El Salado y La Chorrera, Puyacon, Cubijan y Cujacal presentan valores entre 25 y 90.50 lts /s.; Mientras que las microcuencas Juan Duran, la Huecada, Peñas Blancas, la Trocha, Duarte – Arrayán. Juananbú, Alto San Fernando, Alianza Buesaquillo, El Común, Chachatoy, Robles, Genoy – Guaico, Alto Arrayán, Vuelta larga, El Silencia, Aguada y Pailón Daza presentan los menores valores de caudal medio por debajo del 23 lts/s.

En la parte media de la cuenca del río Pasto se alcanzan los 306.60 lts/s. de caudal con un promedio de 23.58 lts/s. en las 13 microcuencas que conforman este sector.

CUADRO 9. Características de los bosques en la cuenca del río Pasto

TIPO	ESPECIE REPRESENTATIVA	ÁREA (Ha)	RIQUEZA FLORÍSTICA	No ÁRBOLES/Ha	FUSTAL/Ha (Abundancia)	ÁREA BASAL FUSTAL (m2/Ha)	VOLUMEN FUSTAL (m3/Ha)	VOLUMEN TOTAL (m3)
Primario	MATE	122	21	01:20,5	452	38,3	140	17080
Primario Intervenido	ENCINO	557	33	01:18,3	733	35,4	106	59042
Secundario	AMARILLO	3191	38	01:17,4	682	18,9	43	140610

* Datos año 1995 para la parte alta de la cuenca

FUENTE - CORPONARIÑO Diagnóstico Forestal - caracterización Biofísica Cuenca Alta del Río Pasto

Cuadro 10. Datos morfométricos para las microcuencas que surten en río Pasto

GRAN CUENCA	CUENCA	SUBCUENCA	SECTOR	CÓDIGO	MICROCUENCAS	PRINCIPALES AFLUENTES	PATRÓN DRENAJE	ÁREA (Has)	ÁREA (Km2)	LONGITUD (Km)	PERÍMETRO (Km)	ANCHO MAYOR (Km)	ÍNDICE DE FORMAS	RELACION DE COMPACIDAD	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	COEFICIENTE DE ELONGAMIENTO	ALTURA MÁXIMA (msnm)	ALTURA MÍNIMA (msnm)	RELIEVE	TIEMPO CONC. (Grad, Min, seg.)	CAUDAL MEDIO (Lts)
RIO PATIA	RÍO JUANANBÚ	RÍO PASTO	CUENCA ALTA (A)	1	ODA LAS TIENDAS	Odas.: Aguapamba, la Chonera, Zapoyuca, San Agustín, Campo Alegre, El Flautal, Garrapatero, Las Minas, Pozo Hondo, El Retiro, Loma Redonda y Las Pilas	Subparalelo	2728,73	27,29	50,37	25,22	7,5	0,01	0,54	1,37	6,72	3600	2500	1100	2°16'27"	264,5
				2	ODA BARBERO	Oda. Guilque	Dendrítico	571,82	5,72	5,43	12,76	2	0,19	0,44	1,52	2,72	3400	2600	800	0°34'43"	90,2
				3	ODA RASCALOMA	Corrientes menores	Subparalelo	314,57	3,15	4,66	10,03	1,2	0,15	0,39	1,6	3,88	3400	2600	800		127,5
				4	ODA PURGATORIO	Corrientes menores	Dendrítico	233,25	2,33	3,77	6,95	0,85	0,15	0,37	1,66	4,44	3300	2500	800		46,8
				5	ODA DUARTE	Oda Arrayán	Paralelo	297,67	2,98	3,84	10,48	0,95	0,2	0,34	1,72	4,52	3400	2600	800		4
				6	ODA CABRERA	Odas.: Purgatorio y Duarte	Subparalelo	771,61	7,72	5,84	17,67	2,5	0,23	0,31	1,8	2,34	3400	2500	900	0°48'13"	192,1
				7	AFLUENTES DIRECTOS RÍO NEGRO	Integrada por drenajes menores que pasan por Pejendino y San Fernando	Paralelo	269,3	2,89	2,66	7,3	1,75	0,4	0,68	1,22	1,53	3100	2600	500		
				8	ODA EL TEJAR	Corrientes menores	Subparalelo	763,07	7,63	6,12	14,28	2	0,2	0,47	1,47	3,98	3300	2500	800	0°39'52"	80,2
				9	ODA DOLORES	Odas.: La Toma, El Pihál y La Pina	Subparalelo	956,94	9,57	4,49	12,98	2,75	0,47	0,71	1,19	1,63	3400	2500	900	0°29'59"	125,5
				10	ODA EL GUAICO	Odas.: El Guilque y Mirañones	Subparalelo	957,58	9,58	4,98	13,41	3	0,39	0,67	1,39	1,66	3200	2550	650		104,7
				11	ODA GUACHUCAL	Corrientes menores	Dendrítico	877,73	8,78	7,34	17,82	1,5	0,15	0,35	1,7	4,69	3400	2550	850	0°47'54"	126,6
				12	ODA BOTANA	Odas La Monja y Cotazgo	Subparalelo	1087,24	10,87	4,65	20,84	2,75	0,5	0,31	1,79	1,69	3400	2600	800	0°32'35"	136,1
				13	ODA EL QUINCHE	Odas.: El Ciruelo, La Huacada, Guandimay, El derrumbe, Granadillo y La Palizada	Dendrítico	1373,85	13,74	7,75	20,95	4	0,23	0,4	1,59	1,94	3500	2400	1100	0°45'47"	209,1
				14	ODA CUJACAL	Corrientes menores	Dendrítico	900,46	8	5,99	14,46	1,5	0,22	0,48	1,46	3,99	3200	2400	800	0°39'07"	86
				15	ODA SANTA ISABEL	Corrientes menores	Subparalelo	232,82	2,33	1,87	8,53	1,25	0,57	0,69	1,21	1,5	3200	2700	500		
				16	ODA TOROPAMBA	Corrientes menores	Subparalelo	316,03	3,16	1,69	8,23	2	0,86	0,59	1,31	0,95	3200	2700	500		

Cuadro 10. Datos morfométricos para las microcuencas que surten en río Pasto (continuación)

GRAN CUENCA	CUENCA	SUBCUENCA	SECTOR	CODIGO	MICROCUENCAS	PRINCIPALES AFLUENTES	PATRON DRENAJE	ÁREA (Has)	ÁREA (Km2)	LONGITUD (Km)	PERÍMETRO (Km)	ANCHO MAYOR (Km)	ÍNDICE DE FORMAS	RELACION DE COMPACIDAD	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	COEFICIENTE DE ELONGAMIENTO	ALTURA MÁXIMA (msnm)	ALTURA MÍNIMA (msnm)	#VALORI	TIEMPO CONC. (Grad. Min, seg.)	CAUDAL MEDIO (Lts)
				18	ODA HATO VIEJO	Corrientes menores	Dendrítico	813,57	8,14	3,99	12,1	3,4	0,51	0,7	1,2	1,17	3200	2700	500		
				19	ODA JUANANBU	Corrientes menores	Paralelo	1012,27	10,12	8,54	18,82	1,5	0,16	0,4	1,57	5,59	4000	2700	1300		25,1
				20	ODA CUBIUN	Corrientes menores	Paralelo	810,14	8,1	7,09	15,96	2,25	0,16	0,4	1,59	3,15	3600	2700	900	0°46'37"	57,8
				21	ODA CATAMBUCO	Oda Catambuco	Paralelo	1197,25	11,97	7,97	22,49	2,5	0,21	0,35	1,84	3,19	3300	2600	700		571,6
				22	ODA CUJACAL - SAN MIGUEL	Corrientes menores	Paralelo	963,04	9,63	5,75	18,61	1,75	0,19	0,3	1,69	3,88	3400	2500	900		136,8
				23	ODA MUJITAYO	Odas.: Midoro y Juananbu	Dendrítico	1483,52	14,84	6,44	24,43	2,75	0,36	0,31	1,79	2,34	4100	2550	1550	0°36'41"	191,9
				24	ODA ROSALES	Oda Los Charcos	Paralelo	946,03	9,48	7,83	18,03	1,7	0,15	0,37	1,66	4,61	3400	2550	850	0°45'47"	113
				25	ODA BLANCA	Corrientes menores	Dendrítico	916,82	9,17	4,82	14,26	1,7	0,39	0,57	1,34	2,84	3000	2400	600	0°30'22"	126,8
				26	ODA CHARGUAYACO	Sector de varias corrientes menores directas al río Pasto	Dendrítico	354,84	3,55	2,64	9,06	1,4	0,51	0,54	1,36	1,89	3000	2400	600		424,7
				27	ODA MÉJICO	Corrientes menores	Paralelo	195,98	1,96	1,77	6,67	1,75	0,63	0,55	1,36	1,01	2900	2400	500		
				28	ODA EL CHILCO	Corrientes menores	Paralelo	506,22	5,08	5,96	14,54	1,5	0,14	0,3	1,84	3,97	3500	2550	950		
				29	ODA FAYACONESA	Corrientes menores	Paralelo	366,19	3,88	5,62	12,91	0,85	0,12	0,29	1,85	6,61	3500	2550	950		
				30	ODA CHACHATOY	Corrientes menores	Paralelo	539,06	5,39	3,78	11,11	1,5	0,38	0,55	1,36	2,52	3000	2400	600		2,64
				31	ODA EL SALTO SAN FRANCISCO	Oda San Francisco	Paralelo	955,21	9,55	5,37	16,99	1,5	0,33	0,42	1,55	3,56	4200	2500	1700		116,4
				32	ODA MASCARAGUAIACO	Corrientes menores	Dendrítico	470,92	4,71	2,55	10,56	3	0,72	0,53	1,12	0,65	2800	2000	800		
			CUENCA MEDIA (M)	33	ODA EL GUAICO	Odas.: Agua Agría, El Vergel y El Guaiico	Paralelo	1095,87	10,96	5,43	16,99	2,5	0,37	0,47	1,46	2,17	4200	2400	1800		104,7
				34	ODA GENOY - GUAYCO	Odas.: La Chanera y Chorrillo	Dendrítico	2214,34	22,14	8,3	27,94	2,5	0,32	0,37	1,68	3,32	4200	2000	2200		8,3
				35	ODA PRADERA - POZO VERDE	Afluentes directos	Dendrítico	369,18	3,69	3,09	10,21	2	0,39	0,44	1,51	1,55	2400	1600	800		
				36	ODA MARAGATO	Afluentes directos	Dendrítico	725,06	7,25	9,75	20,59	1,25	0,08	0,21	2,17	7,6	4200	1800	2400		92
				37	ODA EL SILENCIO - POZO VERDE	Odas.: La Toma y Carrizera	Dendrítico	991,73	9,92	5,4	17,21	1	0,34	0,42	1,56	5,4	2600	2300	300		5,84
				38	ODA CURIACO - CHURADERO	Oda Yanguela	Dendrítico	1109,94	11,1	3,64	15,48	3	0,84	0,58	1,32	1,21	2900	1800	1100		
				39	ODA SAN JUAN - CASABUY	Oda Casabuy Chiquito	Tendencia dendrítica no definida	626,7	6,27	3,22	12,01	2	0,6	0,55	1,36	1,61	2700	1600	1100		
				40	ODA HIGUERON	Afluentes directos	No definido	567,51	5,68	23,33	13,88	3	0,01	0,37	1,85	7,78	2800	1400	1400		

Cuadro 10. Datos morfométricos para las microcuencas que surten en río Pasto (continuación)

GRAN CUENCA	CUENCA	SUBCUENCA	SECTOR	CODIGO	MICROCUENCAS	PRINCIPALES AFLUENTES	PATRÓN DRENAJE	ÁREA (Has)	ÁREA (Km ²)	LONGITUD (Km)	PERÍMETRO (Km)	ANCHO MAYOR (Km)	ÍNDICE DE FORMAS	RELACIÓN DE COMPACIDAD	COEFICIENTE DE COMPACIDAD	COEFICIENTE DE ELONGAMIENTO	ALTURA MÁXIMA (msnm)	ALTURA MÍNIMA (msnm)	RELIEVE	TIEMPO CONC. (Grad, Min, seg.)	CAUDAL MEDIO (Lts)
				42	ODA ALCALDÍA	Odas.: Las Vueltas y Parangunay	Dendritico	657,58	6,58	5,36	12,3	2	0,23	0,55	1,36	2,69	2500	1400	1100		
				43	ODA HATO VIEJO	Oda Pradera	Tendencia dendritica no definida	719,4	7,19	5,51	15,95	1,5	0,24	0,36	1,66	3,67	2500	1600	900		
				44	AFLUENTE DIRECTO	Drenaje directo que pasa por Casa Vieja y el Trapiche	No definido	274,56	2,75	3,54	9,18	1,25	0,22	0,41	1,57	2,83	2300	1600	700		
				45	ODA CALDERA	Afluentes directos	Dendritico	731,51	7,32	5,28	16,99	1,75	0,19	0,32	1,78	3,59	2500	1900	600		
				46	ODA LOS ARRAYANES	Afluentes directos	Dendritico	814,92	8,15	5,5	18,53	2,5	0,27	0,37	1,64	2,2	2600	2000	600		
				47	ODA HONDA	Afluentes directos	Dendritico	962,95	9,63	6,19	14,23	2,25	0,25	0,6	1,29	2,75	2600	2000	600		
				48	SECTOR AFLUENTES DIRECTOS ODA HONDA	Corrientes menores	Dendritico	260,19	2,6	4,08	11,21	0,75	0,16	0,26	1,95	5,44	2100	1800	300		
				49	ODA DUARTE	Corrientes menores	Paralelo	334,63	3,35	2,51	7,59	1,5	0,53	0,73	1,17	1,67	2000	1400	600		
			CUENCA BAJA (B)	50	SECTOR AFLUENTES DIRECTOS	Corrientes menores	Tendencia dendritica no definida	3140,26	31,4	19,25	44,81	3,5	0,08	0,2	2,26	5,5	2500	750	1750		
				51	ODA SANTA ANA	Oda de los peces y corrientes menores	Subparalelo	1142,02	11,42	7,32	17,73	2,75	0,21	0,45	1,49	2,66	2200	1200	1000		
				52	ODA CURIACO - CHUPADERO	Odas.: El Carmen, El Diablo, Los Turcos, San Francisco y Capull	Dendritico	3416,96	34,17	16,73	34,63	5	0,12	0,36	1,68	3,35	2700	1200	1500		
				53	ODA EL CASQUE	Corrientes menores	Dendritico	482,55	4,83	0,82	10,96	3,25	0,08	0,51	1,41	0,25	2000	1000	1000		
				54	ODA URAYACO	Corrientes menores	Subparalelo	290,17	2,9	3,99	10,78	1,25	0,16	0,31	1,79	3,19	1600	1200	400		

Cuadro 11. OFERTA HIDRICA POR SUBCUENCAS

SUBCUENCA	MICROCUENCA	CAUDAL MEDIO L/Seg
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. LAS TIENDAS	264,5
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. BARBERO	90,2
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. DOLORES	125,5
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. EL TEJAR	80,2
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. CABRERA	192,1
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. ROSCALOMA	127,5
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. MIJITAYO	25,87
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. JUAN DAYAN	13,94
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. LA HUECADA	6,78
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. PEÑAS BLANCAS	25,3
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. LA TROCHA	9
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. PURGATORIO	46,8
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. DUARTE	4
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. KUNAMBU	26,1
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. LA PILA	120
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. ANGANOY	86
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. ALTO SAN FERNANDO	30
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. ALIANZA BUESAQUILLO	22,53
RIO PASTO - SUPERIOR	Q. EL COMUN	3,03
RIO PASTO - MEDIA	Q. CHACHATOY	2,64
RIO PASTO - MEDIA	Q. MARAGATO	92
RIO PASTO - MEDIA	Q. ROBLES	33
RIO PASTO - MEDIA	Q. GENOY GUAICO	8,3
RIO PASTO - MEDIA	Q. EL SALADO	43,76
RIO PASTO - MEDIA	Q. LA CHORRERA	26,15
RIO PASTO - MEDIA	Q. PUYACON	55,31
RIO PASTO - MEDIA	Q. ALTO ARRAYAN	4
RIO PASTO - MEDIA	Q. VUELTA LARGA	8,4
RIO PASTO - MEDIA	Q. EL SILENCIO	5,64
RIO PASTO - MEDIA	Q. AGUADA	10,59
RIO PASTO - MEDIA	Q. PAILON DAZA	13,78
RIO MIRAFLORES	Q. EL GUAICO	104,7
RIO MIRAFLORES	Q. GUACHUCAL	126,6
RIO MIRAFLORES	Q. BOTANA	136,1
RIO MIRAFLORES	Q. HATO VIEJO	114,1
RIO MIRAFLORES	Q. CUBIJAN	57,8
RIO MIRAFLORES	Q. CATAMBUCO	571,6

Cuadro 11. Oferta hídrica por subcuencas (continuación)

SUBCUENCA	MICROCUENCA	CAUDAL MEDIO Lt/seg.
Río Pasto - suburbano	Q. San Miguel	136,8
Río Pasto - suburbano	Q. Mijitayo	191,9
Río Pasto - suburbano	Q. Rosales	113
Río Pasto - suburbano	Q. El Salto	116,4
Río Pasto - suburbano	Q. Blanca	126,8
Río Pasto - suburbano	Q. Cujacal	86
Río Pasto - suburbano	Q. El Quinche	209,1
Río Pasto - suburbano	Q. Charguayaco	424,7

Fuente P.O.T. MUNICIPIO DE PASTO

Cuadro 12. Proyección de la población en la ciudad de Pasto y relación oferta - demanda hídrica en la región

AÑO	POBLACIÓN (Hab/año)	DEMANDA HÍDRICA (m3/seg)	OFERTA HÍDRICA DISPONIBLE (m3/seg)	DEFICIT HÍDRICO
1998	324,234	1,013	0,705	0,308
1999	332,396	1,039	0,705	0,334
2000	340,740	1,064	0,705	0,359
2001	348,650	1,090	0,705	0,385
2002	356,867	1,115	0,705	0,410
2003	365,121	1,141	0,705	0,436
2004	373,405	1,167	0,705	0,462
2005	381,712	1,193	0,705	0,488
2006	389,881	1,218	0,705	0,513
2007	398,068	1,218	0,705	0,539
2008	406,268	1,270	0,705	0,565
2009	414,475	1,295	0,705	0,590
2010	422,682	1,321	0,705	0,616

4.2.15 Patrón de uso del suelo. La región se caracteriza por presentar un patrón de usos típico de las zonas andinas, donde existen zonas abiertas de intervención del bosque nativo donde predominan parches de cultivo en una matriz de pastes en unos sectores y un patrón con matriz de bosque primario o secundario con parches de pastas y cultivos. En estas condiciones los modos de producción son intensivos y se observan como misceláneos en el terreno hacia las partes altas de las montañas.

El uso de la tierra en la cuenca se presenta de la siguiente manera:

- Agricultura y ganadería en zonas de clima subpáramo a páramo.

Corresponde a las zonas donde los habitantes locales han intervenido el bosque alto andino y los paramos para implementar cultivos temporales de papa y olluco tradicionalmente; complementario a esto se tiene ganadería extensiva con rotación de potreros ya que el crecimiento del pasto es lento por las condiciones climáticas imperantes.

- Agricultura y ganadería en clima frío

Se distribuye en las partes donde el déficit hídrico no es marcado y solo se presenta en los meses definidos de verano tanto en la parte alta de la cuenca como en la parte media de esta en el sector Genoy y el área de la Hidroeléctrica. Debido a que las condiciones de humedad favorecen los cultivos se desarrollan sistemas de producción intensivos donde se rota maíz - hortalizas, cebolla y papa principalmente. En estas partes localizadas entre los 2900 y 2700 msnm se presenta ganadería de pastoreo y con pastes de corte con pastes tradicionales y manejados de forma semi – intensiva.

- Agricultura y ganadería en clima medio a frío

Debido a la topografía marcada por fuertes pendientes, ascenso y descenso de vientos y cambios rápidos de temperatura, se encuentran muchos sectores en donde se dan especies de clima medio y especies de clima frío, definiéndose entonces áreas de misceláneo de cultivos marginales como en el caso del café. En las partes bien demarcadas de clima templado en el sector medio de la cuenca del río Pasto como la zona de Caldera, Tunja, Florida y Casabuy predominan los cultivos de café, fique, frutales y yuca con ciclos de maíz en todo el alto. Se explota además ganadería con pasto de corte y pastoreo semi-intensivo en las partes de menor pendiente y ganadería extensiva donde las pendientes son más fuertes.

- Ganadería de pastoreo en clima templado o medio

En la parte media de la cuenca corresponde a más del 40% de la superficie donde el pastoreo es extensivo con razas de ganado criollo.

- Áreas forestales

Las áreas donde se observa cobertura forestal corresponden a dos características en general. Por una parte se encuentran parches de bosques naturales constituidos de bosque primario, bosque primario intervenido, bosque secundario distribuidos en los diferentes pisos altitudinales de la zona. La otra característica corresponde a bosques plantados de pino y eucalipto, distribuidos en la parte alta y media de la cuenca.

1.2.16 Tipos de cobertura vegetal. Dadas las condiciones medio ambientales y procesos intensos de intervención de los bosques en la cuenca, aun se encuentran manchas de cobertura arbórea distribuidas.

4.2.16.1 Bosque natural primario poco intervenido. Corresponden a comunidades de bosque bien desarrolladas con una tasa de crecimiento de los árboles muy baja y donde se presentan las tres categorías de regeneración como briznal, latizal y fustal donde las familias Chlorantaceae, Cunnoniaceae y Clusiaceae son las más representativas. Se distribuyen especialmente en la zona de vida del bosque muy húmedo montano en la parte alta de la cuenca hacia el sector de Loma Redonda.

Las especies que dominan estos bosques son el Mate *Clusia* sp., Pumamaque *Oreopanax discolor* y el Encino *Weinmania* sp., con gran presencia de epifitas y el Helecho arbóreo *Polypodium* sp., dado el alto nivel de humedad ambiente en esta parte de la cuenca. Ocupan cerca de 122 has, es decir el 1% de la parte alta de la cuenca³.

De acuerdo a la caracterización estructural de estos bosques⁴ contienen en promedio 16896 unidades por hectárea de todas las clases de regeneración. Existen 452 unidades tipo fustales con DAP mayor a 10 cm., 2544 unidades de

⁷ Los datos de superficie por tipo de bosque que aparecen en este numeral del estudio corresponden a información consultada de estudios más detallados a la escala de presentación del Plan de ordenamiento.

⁸ CORPONARIÑO 1995. Diagnostico Forestal Cuenca Alta del río Pasto.

latizales con DAP menor a 10 cm. y alturas mayores a 1.5 m., y se encuentran 13900 unidades por hectárea de briznales con árboles de altura inferior a 1.5 m. De acuerdo a lo anterior y la distribución de las clases diamétricas, las categorías briznal y latizal conforman el 97.3% de la población total, donde los árboles maduros solo constituyen el 2.7% de la población con diámetros mayores a 30 cm. El área basal del bosque primario se calculo en 38.59 m²/ha con un volumen de 140.41 m³/ha en árboles con DAP mayor a 10 cm, Respecto a la distribución vertical de especies estas se encuentran en tres estratos: un inferior con especies menores de 10 m., donde predomina el helecho y Pumamaque; un estrato medio con árboles entre 10 – 15 m.; donde predomina Mate y Pumamaque y un estrato superior con árboles de altura mayor a 15 m, con predominancia de Mate y Pumamaque.

4.2.16.2 Bosque primario intervenido. Corresponde a las áreas de antiguo bosque primario donde se han acentuado los procesos de extracción selectiva de madera especialmente de especies como el Mate Clusia sp. para fabricar carbón vegetal. Las especies mas dominantes como el Encino Weinmania sp., Cucharo Geisanthus andinus. Salado Hedyosum sp., Pumamaque Oreopanax discolor, Amarillo Miconia SP., y Arrayanillo

Myrcia sp.. corresponden a las familias Chlorantaceae, Cunnonaceae y Melastomaceae distribuidas en las categorías de regeneración briznal, latizal y fustal.

Se distribuyen en 557 has, correspondientes al 2.4% de la parte alta de la cuenca en las microcuencas las Tiendas, Dolores, Guachucal y Mijitayo.

El bosque típico de esta cobertura presenta un promedio de 23103 árboles /ha., donde el 96.83% de los árboles tienen DAP menor a 10 cm., clasificados en latizales y bríznales. Los árboles con diámetros mayores decrecen y apenas llegan a) 1.49% donde el DAP este entre 10-20 cm. El área basal del bosque es de 36.19 m²/ha., con un volumen de 106.06 m³/ha., para árboles DAP mayor a 10 cm. La distribución vertical de las especies muestra que el 93.9% se encuentra en alturas entre dominae 0 - 5 m., y tan sólo el 3.45% se encuentra en la categoría de 5 – 10 m. La especie Encino Weinmania pubences domina en los tres estratos identificados con altas participación entre el estrato medio (40.5%) y superior (33.9%)

4.2.17 Cobertura de Páramo. Se distribuye en 1141.8 has., es decir el 5% de la cuenca alta distribuidos entre las diferentes microcuencas de la parte alta de la cuenca de acuerdo a el Cuadro 13 En la parte media, ocupan 750 has que corresponden al 4.7% de la Cuenca. Presenta dos tipos de horizontes sobre los

suelos donde se distribuye una clase de vegetación pegada al piso, que aprovecha la mayor temperatura; una franja isotérmica de cobertura mas alta donde se distribuyen los Frailejones Espeletia SP., Halenda o Cachitos y Oreja de Oso Castratella Piloselloides.

4.2.17.1 Bosque secundario. Se encuentra conformado por especies de segundo crecimiento con árboles pequeños de madera blanda con abundancia de bejucos leñosos y epifitas. Las especies mas comunes de encontrar en esta cobertura son Amarillo Miconia sp. Encino Weinmania sp. Salado Hedyosum sp., Pumamaque Oreopanax discolor, Cancho Brunellia tomentosa y Chilca Bacharis sp. Hacia la parte media de la cuenca se observan además Cucharo, Sietecueros y Helechos Polypodium SP.

En el bosque se encuentran las tres categorías de regeneración como briznal, latizal y fustal donde las familias Cunnoniaceae, Melastomaceae y Compositae son las mas representativas. El bosque esta compuesto por 38038 unidades / ha. , En todas las clases de regeneración, donde 375 con fustales, 6550 latizales y 30813 briznales, para una distribución diamétrica del 98.2% con diámetro menor a 10 cm., Un área basal de 18.92 m²/ha., y un volumen de 42.62 m³/ha., Con DAP menor 10 cm.

Respecto la distribución altitudinal de las especies predomina la distribución en el estrato 0 - 5 m., con el 90.76% de los individuos, seguido de apenas el 7.92% en el estrato 5 - 10 m., con dominancia del Amarillo en los tres estratos y especialmente en el bajo y medio donde cubre el 36.6% aproximadamente. En el estrato inferior prolifera el Helecho Polypodium SP.

Ocupa un área de 3191 has en la parte alta y 3910 has en la parte media de la cuenca del río Pasto. En la parte alta de la cuenca y el río Miraflores el bosque es demandado intensivamente para energía dendroenergética por los pobladores de los centros urbanos.

Cuadro 13. Tipo de cobertura vegetal por microcuenca en la cuenca del río Pasto

DRENAJE	VEGETACIÓN PÁRAMO	TIPO BOSQUE					TOTAL	%
		BOSQUE PLANTADO	BOSQUE PRIMARIO	BOSQUE PRIMARIO INT	BOSQUE SECUNDARIO	COBERTURA RASTROJO		
SUBCUENCA RÍO PASTO	439,00	21,20	122,00	382,00	1475,00	342,20	2781,40	39,40
Qda. Las Tiendas	318,00	---	122,00	100,00	803,00	180,00	1523,00	21,60
Qda El Barbero	24,00	---	---	---	258,00	53,00	335,00	4,70
Qda Dolores	---	---	---	282,00	72,00	28,00	382,00	5,40
Qda El Tejar	---	6,20	---	---	36,00	8,70	50,90	0,70
Qda Cabrera	97,00	15,00	---	---	280,00	68,70	460,70	6,50
Escurrimiento Qda Roscaloma	---	---	---	---	26,00	3,80	29,80	0,40
SUBCUENCA RÍO MIRAFLORES	200,20	158,00	---	100,00	484,00	342,10	1284,30	18,20
Qda El Guaico	---	---	---	---	24,00	15,00	39,00	0,60
Qda Guachucal	---	45,00	---	100,00	81,00	60,00	286,00	4,10
Qda Botana	---	49,00	---	---	164,00	85,00	298,00	4,20
Qda Hato Viejo	---	---	---	---	---	72,10	72,10	1,00
Qda Cubijan	6,20	---	---	---	55,00	---	61,20	0,90
Qda Catambuco - Santa Isabel	194,00	64,00	---	---	160,00	110,00	528,00	7,50
SUBCUENCA RÍO PASTO ÁREA URBANA	502,60	584,50	---	75,00	1233,00	592,40	2987,40	42,40
Qda San Miguel	5,60	---	---	---	49,00	---	54,60	0,80
Río Mijitayo	378,00	22,00	---	75,00	344,00	6,80	825,80	11,70
Qda Rosales	---	6,00	---	---	47,00	10,00	63,00	0,90
Qda El Salto	47,00	159,00	---	---	69,00	77,20	352,20	5,00
Qda Blanca	---	46,50	---	---	119,50	85,00	251,00	3,60
Qda Cujacal	---	---	---	---	64,50	12,40	76,90	1,10
Qda El Quinche	72,00	27,00	---	---	248,00	180,00	527,00	7,50
Qda Chaguayaco - Méjico	---	324,00	---	---	291,90	221,00	836,90	11,90
SUBTOTAL CUENCA ALTA RÍO PASTO	1141,80	763,70	122,00	557,00	3191,90	1276,70	7053,10	100,00

Cuadro 14. Tipos de cobertura de los suelos en la cuenca del río Pasto

UNIDAD	CLASE	TIPO	ESPECIES DOMINANTES	USO PRINCIPAL	SIMBOLO
Áreas con cobertura vegetal	Bosque natural denso	Bosque primario	Mate Clussia multiflora, encino weinmania, engleriana, pumamaque schefflera amarginata, amarillo miconia sp	Forestal de protección de ecosistemas	B p
		Bosque primario intervenido		Forestal de protección de ecosistemas y cauces de ríos y quebradas	B pi
		Bosque secundario	Amarillo miconia sp, helecho polipodium sp, pumamaque achefflera sp, encino blanco weinmania sp, arrayanillo myrcia sp, uraco ocotea sericea, caucho, cucharo, motilón Hyenonima colombiensis silvestre u dulce, mano de oso	Forestal de protección - producción en ecosistemas, cauces de ríos y de quebradas	B s
	Bosque natural de matorral	Bosque primario intervenido		Forestal protección dendroenergía	B m
	Bosque introducido	Bosque plantado	Eucalipto punta, pino pátula	Forestal producción	B c
	Vegetación de páramo	Hierbas	Pajonales, frailejón, juco, musgo	Forestal protección	V p
Pastizales		Pastos tradicionales	Kikuyo y otros locales	Ganadería: Sistemas pecuarios extensivos	P n
		Pastos manejados	Pastoreo y corte	Ganadería: Sistemas pecuarios semi - intensivos	P m
Cultivos		Transitorios	Predominio papa	Agricultura: agrosistemas autoconsumo - venta	C t1
			Predominio cebolla		C t2
			predominio cereales		C t3
			Rotación papa, maíz, hortalizas		C t4
			Rotación fique, maíz, yuca		C t5
		Permanentes	Café con frutales		C p
Áreas sin cobertura vegetal	Afloramiento de roca Zonas urbanizadas o pobladas				M L
					Z u

4.2.17.2 Cobertura plantada. En algunos sectores corresponden a plantaciones de pino, ciprés y eucalipto identificadas en el mapa de uso y cobertura que se plantaron en altas densidades en varios lugares de la parte alta y media de la cuenca. Cubren una superficie de 763.7 has es decir el 3.3% en la cuenca alta del río Pasto. En la parte media de la cuenca cubren 385 has correspondiente al 2,4% del total de la cuenca media.

En otros sectores que no aparecen cartografiados debido a la escala de los mapas, se encuentran sembradas especies sembradas mediante los procesos de intercambio de servidos, viveros familiares, contratos directos y fomento e implementación en fincas piloto, bajo esquemas de distribución física de cercas y barreras vivas con especies de uparan, aliso, acacia, cerillo la parte alta de la cuenca.

4.2.17.3 Bosques bajos de matorral. Se presentan en las zonas de déficit hídrico en el clima muy frío (parte alta de la cuenca) y transición del templado al cálido (parte media y baja de la cuenca).

Corresponde a parches de bosque de apariencia leñosa y estratos bajos que debido a la baja precipitación de han adaptado a la sequía prolongada conformando mantos de cobertura protectora hacia las partes de mayor pendiente.

4.2.17.4 Rastrojos. Corresponden a estados sucesionales de la cobertura en áreas que han sido intervenidas para el desarrollo de potreros o cultivos. Están dominadas por especies de heliófilas efímeras como la Chilca, Pucasacho, Charmolan, Canizo, Moridera, Zarcillo y Chaquilulo entre otros presentes en las microcuencas que conforman la subcuenca del río Miraflores y parte alta del río Pasto en una superficie de 1276.7 has, es decir el 5.6% de la cuenca alta (Ver Cuadro 12). En la parte cubren una superficie de 985 has correspondiente al 6.2% del total del sector medio de la cuenca del río Pasto.

4.2.18 Zonas de reserva natural. A continuación se presenta una descripción geográfica de las áreas que han recibido el status de Reserva Natural dentro de los límites de la cuenca alta y media de la cuenca del río Pasto.

En la parte alta de la cuenca del río Pasto se encuentran en el flanco izquierdo de la cordillera oriental desde los 3000 hasta 3600 msnm, encontrándose las

formaciones montañosas. De acuerdo al alinderamiento realizado por el estudio consultado, los límites y sectores definidos de la Reserva.

- Sector oriental, corregimiento de la Laguna sobre la cota de los 3100 msnm. entre: Garrapatero, El Retiro, La Planada, Pozo Hondo y Las Minas y un sector donde se delimitó la Reserva natural del Alto Zapayurco, San Miguel y el Páramo de Fraile en las veredas Aguapamba, bellavista y Cabrera.

- Sector nororiental zona de Reserva Natural del cerro Morasurco y la Montaña del Oso sobre un límite altitudinal de los 3100 msnm entre San Francisco, Buesaquillo, Cujacal y Tezcual en el área de influencia de la Hidroeléctrica Julio Bravo.

- Sector suroriental Zona de Reserva de la Loma Peña Blanca sobre los 3000 msnm entre El Barbero, y El Derrumbo y sobre los 3100 msnm entre Alto de San Fernando, Alto de Dolores, Mocondino y Jamondino.

- Sector sur en la zona de Reserva Natural de Alto Campanero y Alto de Cruz de Amarillo en la cota 3100 msnm en las veredas Botana, Botanilla, Guadalupe y Cruz de Amarillo.

En la parte media de la cuenca se han delimitado las áreas de páramo del volcán Galeras y las zonas declaradas de protección recuperación localizadas en la parte alta de la microcuenca del río Mijitayo y las quebradas El Vergel, Jenoy, Honda, Los Arrayanes, Curiaco, San Juan y el río Bermúdez en su parte alta oriental y occidental donde nacen sus afluentes principales.

4.2.18.1 Tipo de cobertura vegetal en la Reserva (parte alta). La zona de bosque primario se distribuye sobre los 3200 msnm hasta los 3450 msnm en una superficie de 170 has según datos de 19905. Las especies arbóreas más representativas son Mate Clussia sp., Encino Wainmania SP. y Motilón silvestre Freziera canencas.

La parte de bosque secundario localizada entre los 3000 - 3450 msnm en el Páramo de Bordoncillo y las microcuencas de las quebradas las Tiendas, Cuchilla el Tábano, Cerro Morasurco y las lagunas Negra y Dasa, presentan vegetación de regeneración natural. Las especies que más se encuentran son: Motilón silvestre Freiera canencas. Encino Wainmania sp., Motilón dulce Hyeronina colombiana. Pumamaque Oreopanax SP., Cucharo Rapanera sp., Aguacatillo Ocotea SP., Ulloco Hedvosmun sp., Arrayán Mirtus foliosa , Aliso Alnus iurullends. Amarillo Miconia pubencas, Caucho Cordia lanata, Cucharo Rapanea sp. y Laurel de Cera Mvrica pubencas.

La parte de vegetación de páramo integrada a sectores de subpáramo esta a partir de los 3000 msnm en la vertiente oriental del Páramo de Bordoncillo, la parte occidental del volcán Galeras, la Cuchilla, el Tábano y el Cerro Morasurco. En la parte inferior se encuentran Mortiño Vaccinium floribondum. Helecho Polipodium sp., Chupaya Puya pyramidata. Vicundo Gusmania sp., Encino del páramo Weinmania SP. y Chilca Baccaris SP. En la zona sobre los 34000 msnm aparecen las especies propias del páramo como frailejón Espetelia cachensis. Totorá Juncos bogotensis, Helecho Polipodium SP. musgo Politriechum SP. y Paja Calamaoristis sp.

La parte intervenida dentro de la Reserva, presenta la siguiente cobertura: bosque plantado de Pinus pátula, pinus radiata y Eucaliptus glóbulus, sembrados a partir de los 3000 msnm., rastros de Helechos Polipodium sp.. Chilca Bracharia sp.. Pucasaca Tibouchina mollis. Chupaya Puya pyramidata, Piquizique Gualteria erecta, Fragua Befaris glauca, Pilche Pronus moris, Mora Robus sp., Mortiño Vaccinium Floribondum, Carrizo Chusquea sp., Chaquilulo Cavendishia cortifolia, Cujaco Solanum SP. Chilca colorada Escallonia floribunda y blanca Brachiatria sp. y el Pumamaque Oreapanax capinata.

La zona de ampliación de la frontera agropecuaria en la Reserva presenta sistemas de producción de ganadería extensiva y agricultura intensiva (cultivos de

papa y ulloco) en la parte de la Cuchilla el Tábano, el suroriente de la cuenca sobre los 3000 - 3100 msnm. Y en la Loma de Morasurco y parte media a baja del volcán Galeras entre los 3000 - 3500 msnm.

5. ANTECEDENTES

La Ciudad de San Juan de Pasto es la Capital del Departamento de Nariño, está situada a 10° 13" de Latitud Norte y 77° 17'. de Longitud Oeste de Greenwich a una altura promedio de 2.534 metros sobre el nivel del mar sobre las faldas del Volcán Galeras al fondo del Valle de Atríz, en el Nudo de los Pastos, con temperatura media de 14°C; fue fundada por Don Lorenzo de Aldana en 1537 y posteriormente el Rey Felipe II de España le dio el nombre de San Juan de los Pastos.

El crecimiento demográfico del sector urbano de la Ciudad, plantea en la actualidad la necesidad de acometer la construcción y reposición de gran cantidad de colectores que por su vida útil y capacidad se encuentran en mal estado y no permiten el desarrollo social y económico de la comunidad.

Las características topográficas del Municipio presentan condiciones particulares para el sistema de evacuación de las aguas servidas y lluvias por gravedad,

siendo el principal receptor el Río Pasto que atraviesa la Ciudad de Oriente a Occidente.

El sistema central de alcantarillado de la Ciudad es de tipo combinado, fue construido por la Firma Lobo Guerrero y Sanz de Santamaría en el año 1938.

Posteriormente mediante un Plan Maestro contratado por Insfopal en 1956 a la Compañía de Ingeniería Sanitaria, se construyeron varios colectores del sector sur oriental, se canalizaron las Quebradas que atraviesan la Ciudad en canal abierto y colectores tipo Box Culvert manteniendo el sistema combinado. Las tuberías utilizadas fueron de gres, concreto centrifugado, colectores en ladrillo y concreto reforzado. En total se encuentran 13 colectores principales y más de 30 colectores secundarios entregando sus aguas directamente al Río Pasto, en su tránsito a través del casco urbano, no existiendo ningún tipo de tratamiento de aguas negras (domésticas e industriales).

En los últimos dos los nuevos desarrollos urbanísticos construyeron los alcantarillados con tuberías de concreto apisonado a mano de fabricación local que no cumplen las normas de fabricación recomendadas por la A.S.T.M. o ICONTEC entregando sus aguas a los colectores principales de drenaje existentes. La red actual tienen una longitud cercana a los 350 Km. en diámetros de 8" a 60".

Dado el crecimiento demográfico y la expansión urbana a nuevas áreas de desarrollo, una gran cantidad de colectores se encuentran con capacidad insuficiente para transportar mayores caudales, así mismo la vida útil del 70% de las tuberías instaladas están en su límite siendo necesario reponerlos y ampliarlos a las necesidades actuales y futuras fijadas en el Plan de Desarrollo.

A través de un Convenio con la Corporación Técnica Colombo Alemana G. T. Z., Alcaldía Municipal, EMPOPASTO y Corponariño se llevó a cabo la Formulación del Plan Maestro de Alcantarillado concluido a mediados de 1995 por la Firma Inesco Ltda. , se fijaron las bases para desarrollar los proyectos, su mantenimiento, modificaciones, ampliaciones, mejoras, alternativas para los sistemas combinados, semicombinados y separados teniendo como prioridad la recuperación del Río Pasto, el cual recibe la totalidad de las aguas negras a lo largo de su recorrido por la Ciudad y en época de verano se ha convertido en un cauce de aguas negras con problemas ambientales y aspectos desagradables incrementados por la descarga de basuras de origen doméstico arrojadas por recolectores particulares perjudicando a todos los habitantes.

Con recursos de un crédito para preinversión otorgado al Municipio por Findeter y mediante el Convenio de Cooperación se contrató con la Firma Inesco Ltda. los diseños de las obras de la Primera Etapa teniendo programado entregar los proyectos a mediados del mes de Agosto de 1996.

En los últimos años en el País se ha venido desarrollando la definición de políticas y normas orientadas proteger y conservar el medio ambiente y en particular las corrientes de agua, simultáneamente se ha generado un despertar entre la comunidad, las entidades de gobierno y los medios productivos frente a la problemática generada por la contaminación, aunque hasta el momento no se ha logrado implantar programas y proyectos que permitan tener confianza con respecto al futuro de la disponibilidad y calidad de los recursos hidráulicos.

Con relación al caso particular de contaminación de las aguas del Río Pasto, recientemente se han ejecutado diversos estudios que permiten disponer de información con respecto a esta situación. Dichos estudios describen las características de la Cuenca y definen de manera limitada los caudales y concentraciones de parámetros vertidos a esta corriente y su estado de contaminación. El esfuerzo realizado hasta el momento en la identificación de este tipo de información se consigna en diversos documentos entre los que se destacan:

- Estado de contaminación Química y Bacteriológica del Río Pasto. Ingenieros Cesar Calad C. y Álvaro Almeida D. Universidad de Nariño 1984.

- Caracterización de las aguas negras de Pasto. Tesis de grado de Ingeniería Civil de los estudiantes Cerón y González. Universidad de Nariño 1993.

- Análisis y caracterización de las aguas del Río Pasto. Corponariño 1994 y 1995.

- Plan de Ordenamiento y Desarrollo del Municipio de San Juan de Pasto 1995.

Los resultados de estos estudios y la observación directa del Río evidencian un delicado problema de contaminación que genera molestias y perjuicios a la comunidad, disminuyendo la calidad de vida de la ciudad y constituyéndose en un generador de problemas de salud pública, limitando sus potenciales aprovechamientos.

Además de que la cuenca de drenaje del Río Pasto ha sufrido un marcado deterioro y alteración de sus condiciones naturales. Lo cual ha generado una disminución en sus caudales. Esta corriente se ha convertido en un medio receptor de todas las descargas sin tratamiento de las aguas servidas generadas como producto de las actividades domésticas, Agrícolas, Pecuarias, institucionales, industriales y comerciales desarrolladas en la cuenca. Teniendo en cuenta que gracias a la creación de la Empresa EMAS la recolección de los

residuos sólidos, ha mejorado muy significativamente habiendo necesidad únicamente de crear una ruta de recolección especial para el contorno del río en su recorrido, y así aseguramos un control del medio ambiente.

Los registros de calidad indican que este deterioro se ha venido incrementando en el transcurso del tiempo, tal como se evidencia al verificar, de manera ilustrativa, que la máxima concentración de DBO5 registrada en el año de 1984 correspondió a 137 mg/lit, valor éste que se ha incrementado hasta 430 mg/lit en 1994, tal como sucede con los demás parámetros de calidad medidos en el Río. A su vez la mínima concentración de oxígeno detectada decreció de 2,2 mg/lit a 0.8 mg/lit para los mismos sitios indicados anteriormente.

Las altas cargas contaminantes orgánicas y de metales pesados vertidas en el Río ocasionan su marcado deterioro, aún en los sectores urbanos y en su recorrido hasta la desembocadura en el Río Juanambú, aunque antes de su descarga se presenta un descenso en la concentración de los Parámetros no deseables por efectos de la biodegradación de la materia orgánica y por deposición de elementos en el fondo del Río, con el consecuente incremento en las concentraciones de oxígeno disuelto.

Por los resultados obtenidos hasta la fecha, gracias a los altos niveles de re-oxigenación derivados de la alta pendiente, el Río no ha llegado a presentar condiciones anaeróbicas definidas, cuyos procesos de degradación son mas lentos que las de las condiciones aeróbicas con lo cual se acabaría su estado de contaminación y se haría menos dinámico su proceso de recuperación natural.

Desde el punto de vista hidrobiológico, se confirma las condiciones de contaminación ya que la biota del Río se modifica desde la presencia de plantas y animales propias de aguas limpias y claras de alta diversidad biológica hasta la de muchos individuos de pocas especies representativos de corrientes altamente deterioradas.

**6. ANÁLISIS EXPERIMENTAL Y CARACTERIZACIÓN
FÍSICO QUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES
URBANAS VERTIDAS POR LA CIUDAD DE PASTO.**

La expresión de las características de un agua residual puede hacerse de muchas maneras, dependiendo de su propósito específico; sin embargo, vale la pena anotar que toda caracterización de aguas residuales implica un programa de muestreo apropiado para asegurar la representativa de la muestra y un análisis del laboratorio de conformidad con normas estándar que aseguren precisión y exactitud en los resultados.

El objetivo del presente estudio es el de realizar un diagnóstico sobre el grado de contaminación aportado por las aguas residuales originadas en el casco urbano de Pasto al río Pasto, mediante una metodología analítica sobre los principales parámetros de contaminación efectuando muestras en el río Pasto, antes y después de los vertidos y en los colectores finales.

6.1. MUESTREO

6.1.1 Técnicas de Muestreo. En general, para que la muestra sea representativa se prefieren sitios de muestreo con flujo muy turbulento donde el agua residual este bien mezclado; sin embargo, el sitio de muestreo debe seleccionarse de acuerdo con cada problema individual de estudio. Los periodos de muestreo dependen del régimen de variación de caudal, de la disponibilidad de recursos económicos y de los propósitos del programa de muestreo.

Las consideraciones básicas para ejecutar con éxito un programa de muestreo son:

1. Definir el objetivo específico de la muestra
2. Revisar la información existente sobre el agua que se va a muestrear.
3. Identificar las fuentes de contaminantes
4. Definir la variabilidad de la muestra
5. Seleccionar la localización más representativa.
6. Establecer el horario representativo de la variabilidad de la muestra
7. Definir las normas requeridas para satisfacer el objetivo propuesto
8. Acordar con el laboratorio la cantidad de la muestra y los preservativos requeridos.

9. Revisar con el laboratorista los resultados y la necesidad eventual de muestra adicionales.

10. Elaborar siempre un informe breve que permita satisfacer el objetivo propuesto y correlacione las concentraciones determinadas con los caudales observados.

Los laboratorios fisicoquímicos se realizaron en las instalaciones de Empopasto Planta Centenario en los laboratorios de aguas residuales.

Al tomar las muestras para análisis, se sumergió el recipiente (Botellas de vidrio) en el centro de la tubería en algunos casos y del Box Couvert, asegurando de no arrastrar depósitos y sobrenadantes. Las botellas usadas fueron enjuagadas cuidadosamente con detergente.

Debido al número de parámetros analizados no fue posible efectuar su evaluación en el término de un día, razón por la cual las muestras fueron almacenadas a 4°C en una nevera.

Antes de tomar las muestras, se enjuagaron varias veces los recipientes con el agua residual a analizar.

El método de seguimiento en la etapa de muestreo se rigió en base a las Normas RAS 2000 con la denominada muestra compuesta, que se define como la mezcla de varias muestras instantáneas, sabiéndose de antemano que una muestra instantánea solo representa la composición del agua para un tiempo y lugar específico. Recolectadas en un mismo punto de muestreo en diferentes tiempos. La mezcla se hace sin tener en cuenta el caudal en el momento de la toma.

CUADRO 15 Parámetros que deben medirse para cada nivel de complejidad del sistema en muestras compuestas⁷

Nivel	Parámetro
Bajo	DBO ₅ total y soluble, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO soluble y total, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo (soluble y particulado).
Medio	DBO ₅ total y soluble, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO soluble y total, nitrógeno total Kjeldahl, fósforo (soluble y particulado).
Medio alto	DBO ₅ total y soluble, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO soluble y total, fósforo (soluble y particulado), aceites, detergentes , grasas y nitrógeno total Kjeldahl.
Alto	DBO ₅ total y soluble, sólidos suspendidos, disueltos y sedimentables, DQO soluble y total , nitrógeno total Kjeldahl, fósforo (soluble y particulado), aceites y grasas, fósforo, metales pesados : Cd, Pb, Cr, Ni, Zn, Hg, Cu, Ag, y sustancias orgánicas volátiles, cloruros, detergentes.

Se determinó hacer muestreo compuesto para nivel de complejidad alto en el que se situaría la ciudad de Pasto.

6.1.2. Sitios de Muestreo. Los sitios de muestreo fueron los más representativos ya que se realizaron en los principales vertimientos finales de Pasto: HOSPITAL DEPARTAMENTAL (QUEBRADA CHAPAL), COLEGIO PEDAGÓGICO (QUEBRADA BLANCA), COLEGIO PEDAGÓGICO (COLECTOR ARANDA), HOSPITAL INFANTIL (QUEBRADA MIJITAYO), JUAN XXIII (INTERCEPTOR LATERAL IZQUIERDO) y CLUB DE TENIS (UNIVERSIDAD DE NARIÑO).

⁷ Tomado RAS 2000. Capítulo E.

Las muestras de agua tomadas del Río Pasto fueron realizadas en la Bocatoma de la Planta Centenario, antes y después de cada colector estudiado y en el sector final de la Universidad de Nariño. Se tomo una muestra extra en el canal abierto de la Avenida Chile que lleva sus aguas al río Pasto.

Los sitios para la toma de muestras se seleccionaron con el criterio de que las aguas no habían recibido descargas de aguas residuales aportadas por el sistema de alcantarillado de la ciudad de Pasto esto para el primer sitio de toma de muestras, y la última muestra recibe la totalidad de la carga contaminante originada en el casco urbano de la ciudad.

6.2 PARÁMETROS ANALIZADOS.

Los parámetros de contaminación presentes en las aguas residuales analizada, se tomaron con la finalidad de enfocarlos a un futuro tratamiento de depuración biológica, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

6.2.1 Nutrientes. Para un adecuado crecimiento de la comunidad biológica, encargada de la estabilización de la carga contaminante, se requiere de la presencia de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas.

Los principales factores de crecimiento para los microorganismos son Aminoácidos, Purinas, Pirimidinas y Vitaminas. Inorgánicos: Nitrógeno, Fósforo, Azufre, Potasio, Magnesio, Calcio, Hierro, Sodio y Cloro.

En menor importancia los nutrientes inorgánicos (micronutrientes) son: Zinc, Manganeso, Molibdeno, Selenio, Cobalto, Cobre, Níquel, Vanadio y Tungsteno.

6.2.2 Condiciones Medio-Ambientales. Las condiciones ambientales de las aguas residuales para favorecer el crecimiento de los microorganismos son principalmente:

PH: Juega un importante papel en el desarrollo de la población microbiana. La mayoría de las bacterias no toleran niveles de PH por debajo de 4 ni superior a 9.5.

En general el PH óptimo para el crecimiento bacteriano se sitúa entre 6.5 y 7.5.

Temperatura: La temperatura desempeña un efecto significativo en el crecimiento bacteriano.

Se ha podido comprobar que las tasas de crecimiento bacteriano se doblan por cada aumento de 1 0°C hasta alcanzar el valor óptimo.

En el Cuadro 16 se reflejan los valores óptimos de temperatura según el tipo de bacteria:

Cuadro 16 Intervalo de temperatura típicos para algunas bacterias⁸

TIPO DE BACTERIA	TEMPERATURA °C	
	INTERVALO	TEMPERATURA OPTIMA
Psicrófilas	-10 a 30	12 a 18
Mesófilas	20 a 50	25 a 40
Termófilas	35 a 75	55 a 65

Oxígeno disuelto: La concentración de oxígeno disuelto es un importantísimo factor que influye de una marcada manera en el crecimiento de la población microbiana.

Dependiendo del tipo de tratamiento, la concentración de oxígeno disuelto varía entre 0 y 10 mg/l ^[7].

En el Cuadro 17 se presentan los rangos óptimos de los anteriores parámetros para tratamientos aerobios y anaerobios:

Cuadro 17. Influencia del ph, temperatura y oxígeno disuelto en tratamientos aerobios y anaerobios en aguas residuales ⁹

TIPO DE TRATAMIENTO	PARÁMETRO		
	PH	OXIGENO DISUELTO mg/l	TEMPERATURA °C
AEROBIO	7.2 -.9.0	2.0	12 – 18
ANAEROBIO	6.6 – 7.6	0.0	12 - 18

Para tratamientos biológicos aerobios y particularmente de nitrificación la influencia de las condiciones ambientales están descritas matemáticamente por las siguientes expresiones:

Para evaluar el efecto de cualquier sustrato en particular generalmente son utilizadas ecuaciones de tipo MONOD:

⁸ Tomado METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento Vertido y Reutilización. 3a Ed. Mc. Graw Hill, España 1995.

⁹ Tomado parcialmente de [METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento Vertido y Reutilización. 3a Ed. Mc. Graw Hill, España 1995. Y SALAZAR, C. R., Ingeniería Ambiental. Publicación Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería, Colombia, 1995. 325 p.

$$\mu_N' = \mu_N * \frac{[S]}{K_S + [S]}$$

Ec. 3.1.

Donde:

μ_N' : Tasa de Crecimiento Específico de las Bacterias Nitrificantes bajo las condiciones del sistema (días-1).

μ_N : Tasa de Crecimiento Específico de las Bacterias Nitrificantes (ds-1).

K_S : Constante de Velocidad Media (Masa de Sustrato / Volumen).

S : Concentración de Sustrato (Masa de Sustrato / Unidad de Volumen).

Para procesos en suspensión de Nitrificación, los valores de los anteriores coeficientes cinéticos se reflejan en el Cuadro 18:

Cuadro 18. Valores típicos de los coeficientes cinéticos para el proceso de nitrificación en cultivos en suspensión ¹⁰

COEFICIENTE CINÉTICO	UNIDAD	VALOR INTERVALO	TÍPICO
Nitrosomas μ_N	d^{-1}	0.3 a 2.0	0.7
K_S	NH4-N mg/l	0.2 a 2.0	0.6
Nitrobacter μ_N	d^{-1}	0.4 a 3.0	1.0
K_S	NH4-N mg/l	0.2 a 5.0	1.4
Global μ_N	d^{-1}	0.3 a 3.0	1.0
K_S	NH4-N mg/l	0.2 a 5.0	1.4

¹⁰ Tomado parcialmente de [3] METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento Vertido y Reutilización. 3a Ed. Mc. Graw Hill, España 1995.

El efecto de la temperatura sobre el desarrollo de la comunidad microbiana para procesos de tratamiento aerobio de nitrificación, ha sido evaluado experimentalmente y descrita mediante expresiones de tipo:

Ec. 3.2.

$$\mu_{N'} = \mu_N e^{0.098 (T - 15)}$$

Donde:

T : Temperatura en grados centígrados.

$\mu_{N'}$, μ_N : Parámetros anteriormente definidos.

La estabilización por vía microbiana, en procesos de nitrificación esta, influenciada marcadamente por el PH, siendo descrito matemáticamente por los siguientes parámetros:

Ec. 3.3.

$$\mu_{N'} = \mu_N (1 - 0.833 (7.2 - PH))$$

6.2.3 Sustancias Tóxicas. Bajo la denominación de sustancias tóxicas se clasificaron todas las sustancias analizadas tales como compuestos inorgánicos,

metales pesados y otros que aunque son indispensables para el crecimiento y desarrollo de la comunidad biológica, una concentración por encima de ciertos límites se convertirían en inhibidores del proceso de estabilización biológica.

Un especial cuidado se tiene en cuenta para las concentraciones de los metales pesados tales como Cobre y Cromo Hexavalente.

Por los argumentos anteriormente expuestos, la selección de los parámetros fisicoquímicos a evaluar, se clasificaron en tres grupos a saber:

Nutrientes, Tóxicos y parámetros físicos y químicos que determinan condiciones medioambientales.

Los compuestos o elementos químicos analizados como nutrientes y micronutrientes fueron:

Nitrógeno total, cuantificado en las formas de Amoníaco, Nitritos y Nitratos; el Nitrógeno orgánico no fue posible evaluarlos por falta de equipos adecuados.

Fósforo Total, incluye fósforo orgánico y formas acuosas de ortofosfatos, tales como PO_4^{-3} , HPO_4^{-2} , H_2PO_4^- y H_3PO_4 .

Para determinar la presencia y cantidad de algunos compuestos que por su naturaleza podrían convertirse en tóxicos o inhibidos del desarrollo de los microorganismos se compararon todos los anteriores parámetros teniendo en cuenta su concentración y grado de toxicidad de acuerdo con el Cuadro 3.

Las condiciones medioambientales evaluadas fueron: PH, Temperatura, Alcalinidad, Cloruros, acidez, Oxígeno Disuelto, con el que se evaluó La DBO5, también se evaluaron las concentraciones de Sólidos Suspendidos, incluyendo los Sólidos Suspendidos Totales y los Sólidos Suspendidos Volátiles.

7. PARTE EXPERIMENTAL

7.1. TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y RESULTADOS

Para efectos de determinar si se presentaban variaciones en los parámetros de cada uno de los colectores finales de la ciudad, se tomaron muestras simultáneas en cada uno de los mismos durante las 24 horas observándose variaciones despreciables de los parámetros evaluados, razón por la cual se optó por programar la toma de muestras en intervalos de una hora de tal forma que cubrieran las 24 horas del día.

La distribución horaria para cada colector se programó de la siguiente manera:

HOSPITAL DEPARTAMENTAL	1am., 7am., 13pm., 19pm., 1am..
COLEGIO PEDAGÓGICO	2am, 8am, 14pm, 20pm, 2am.
COLEGIO PEDAGÓGICO	3am, 9am, 15pm, 21pm, 3am.
HOSPITAL INFANTIL	4am, 10am, 16pm, 22pm, 4am.
JUAN XXIII	5am, 11am, 17pm, 23pm, 5am.
CLUB DE TENIS	6am, 12m, 18pm, 24pm, 6am

Hospital departamental. Comprende la quebrada Chapal, que se canalizo debido a los problemas ambientales que estaba causando, se observo por inspección que recibe algunas cargas puntuales de alcantarillado, y tiene uno de los mayores aportes de caudal contaminado que se descargan abiertamente al Río.

Colegio pedagógico. Se determino tomar este punto para análisis, debido a su alta contaminación y comprende la canalización de las quebradas: Quebrada Blanca, Aranda, y Gallinacera.

Colegio pedagógico colector aranda. pertenece al plan maestro de Alcantarillado que debería unirse al interceptor lateral izquierdo pero su descarga la esta haciendo en la parte lateral derecha del río.

Hospital infantil recoge las aguas de la quebrada Mijitayo, además de algunas descargas puntuales de alcantarillado, se incluyo en el estudio por ser uno de los mayores aportadores de caudal al río.

Juan xxiii interceptor lateral izquierdo. al río Recoge todas las aguas negras que anteriormente se vertían directamente al Río Pasto para llevarlas a un sitio aguas

abajo de la Ciudad donde se debe efectuar su posterior tratamiento. Inicia en la Fábrica Bavaria y termina en el Barrio Juan XXIII. Longitud aproximada : 6.86 kms. Club de tenis. Recoge las aguas residuales domesticas únicamente, comprende los barrios Quintas de San Pedro y el Sector de la Universidad de Nariño , se incluyo porque tiene una muy alta carga orgánica.

Se hicieron 5 jornadas de muestreo como lo estipulan las normas RAS 2000 en sus requerimientos mínimos en cuanto a caracterización según el articulo E.2.4.

Con la anterior programación se logró la toma de muestras durante todo el día debido a la tendencia casi constante que se presentó en la variación de los parámetros.

La época en la cual se realizaron los muestreos corresponde a un tiempo seco comprendido entre los meses de febrero a agosto, con muy baja pluviosidad en los meses de junio a agosto.

El Cuadro 19 muestra la totalidad de la programación realizada para los colectores y los sitios tomados en el río Pasto.

Cuadro 19. Programación sitios de muestreo.

SITIO	SITIO EXACTO	HORA	HORA	HORA	HORA	HORA
HOSPITAL DEPARTAMENTAL	BOCATOMA	0:45	06:45	12:45	18:45	24:45:00
	ANTES BOX COULVERT	0:55	06:55	12:55	18:55	24:55:00
	EN BOX COULVERT	1:00	07:00	13:00	19:00	25:00:00
	DESPUES BOX COULVERT	1:05	07:05	13:05	19:05	25:05:00
	AV. CHILE	1:15	07:15	13:15	19:15	25:15:00
COLEGIO PEDAGOGICO	ANTES BOX COULVERT	1:55	07:55	13:55	19:55	25:55:00
	EN BOX COULVERT	2:00	08:00	14:00	20:00	26:00:00
	DESPUES BOX COULVERT	2:05	08:05	14:05	20:05	26:05:00
	ANTES CIRCULAR	2:55	08:55	14:55	20:55	26:55:00
	EN CIRCULAR	3:00	09:00	15:00	21:00	27:00:00
HOSPITAL INFANTIL	DESPUES CIRCULAR	3:05	09:05	15:05	21:05	27:05:00
	ANTES BOX COULVERT	3:55	09:55	15:55	21:55	27:55:00
	EN BOX COULVERT	4:00	10:00	16:00	22:00	28:00:00
PUENTE JUAN XXIII	DESPUES BOX COULVERT	4:05	10:05	16:05	22:05	28:05:00
	ANTES CIRCULAR	4:55	10:55	16:55	22:55	28:55:00
	EN CIRCULAR	5:00	11:00	17:00	23:00	29:00:00
CLUB DE TENIS	DESPUES CIRCULAR	5:05	11:05	17:05	23:05	29:05:00
	ANTES CIRCULAR	5:55	11:55	17:55	23:55	29:55:00
	EN CIRCULAR	6:00	12:00	18:00	24:00:00	30:00:00
UDENAR	DESPUES CIRCULAR	6:05	12:05	18:05	24:05:00	30:05:00
	UNIVERSIDAD DE NARIÑO	6:15	12:15	18:15	24:15:00	30:15:00

De acuerdo con la anterior clasificación, a continuación se presentan las técnicas de análisis seguidas y los resultados obtenidos experimentalmente con las muestras tomadas únicamente en el colector.

7.1.1 Nutrientes. Los elementos y compuesto clasificados como nutrientes para los microorganismos fueron:

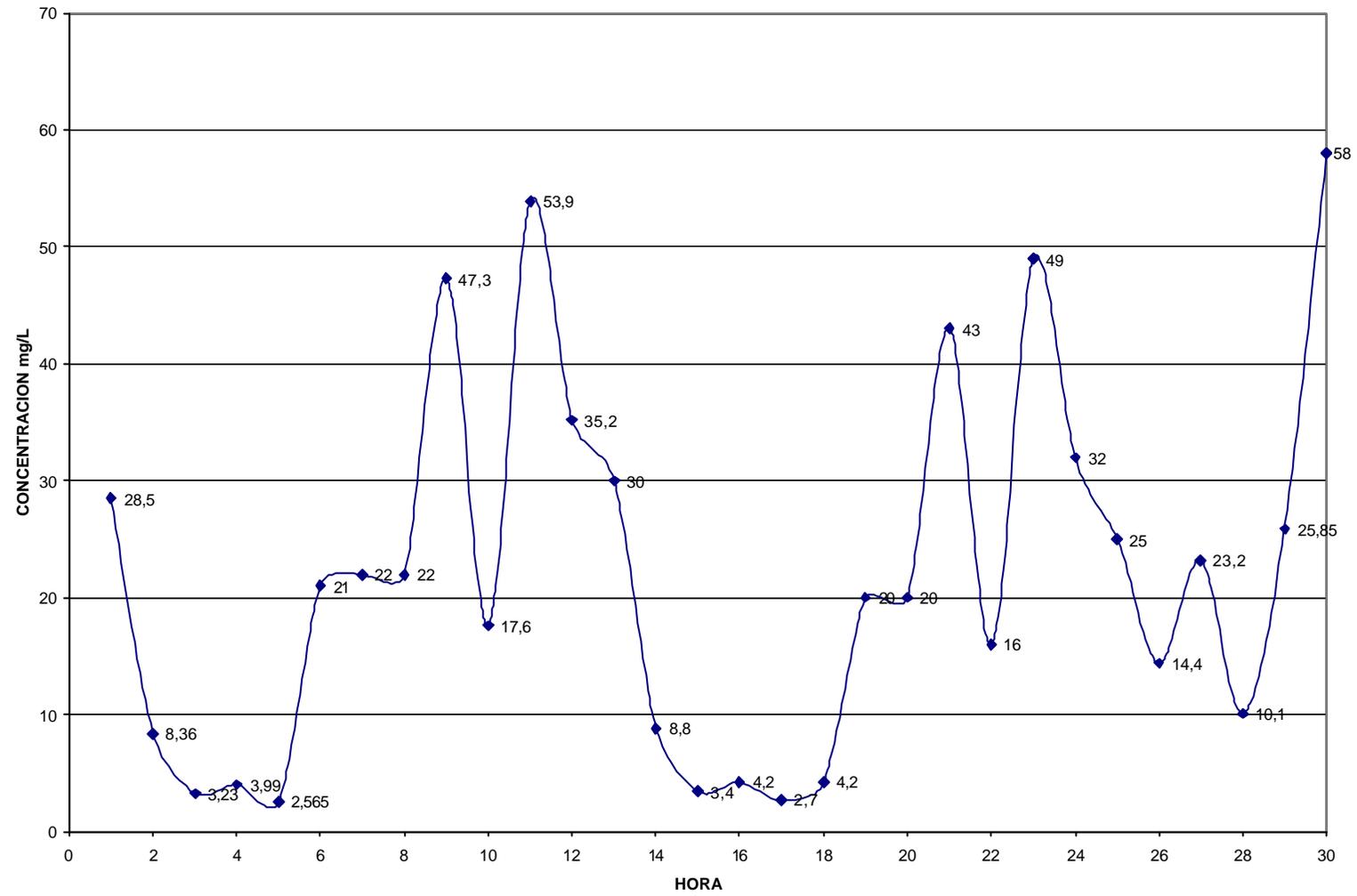
Nitrógeno: Nitrógeno Total fue evaluado como Nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos, Nitrógeno orgánico, el método utilizado fue según las técnicas del HACH , Se tomo 10 ml de muestra tanto para el blanco como para la muestra problema que luego se deben depositar en la celda adecuada, posteriormente a las muestras anteriores se le agrega amonocilicate y se deja reposar por 3 minutos, luego se les agrega amonocianurate y se deja reposar por 15 minutos, finalmente se lee en el espectrofotómetro a 655 nm.

El comportamiento de los resultados generados para cada una de las muestras tomadas en los colectores finales se presentan a continuación en el Cuadro 20 y Figura 1.

CUADRO 20. CONCENTRACIONES DE NITROGENO AMONIACAL (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMENT AL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	28,5	8,4	3,2	4,0	2,6	21,0
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	22,0	22,0	47,3	17,6	53,9	35,2
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	30,0	8,8	3,4	4,2	2,7	4,2
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	20,0	20,0	43,0	16,0	49,0	32,0
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	25,0	14,4	23,2	10,1	25,9	58,0
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

FIGURA 1 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE NITROGENO AMONICAL



Nitrógeno en forma de Nitrato, fue evaluado tomando una muestra de 25 ml, tanto para el blanco como para la muestra problema que deben depositarse en la celda adecuada, a las muestras anteriores se les agrega nitruver y se agita vigorosamente durante 5 minutos, finalmente se lee en el espectrofotómetro a 500 nm.

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 21 y el comportamiento de la variación horaria se observa en la Figura 2.

Las concentraciones de Nitrógeno como Nitrito se cuantificaron tomando 10 ml de muestra, tanto para el blanco como para la muestra problema, se depositaron en la celda adecuada, a las muestras anteriores se les agrega nitriver y se agita vigorosamente y se deja reaccionar por 15 minutos y finalmente se lee en el espectrofotómetro a 507 nm

Este método es aprobado por la EPA para reportes ^[4]. Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 22 y el comportamiento de la variación horaria se observa en la Figura 3.

El Nitrógeno Orgánico se reduce una cantidad determinada de muestra de casi sequedad luego se lleva el residuo anterior a digestión con mezcla catalítica y H₂SO₄ hasta coloración verde claro, se lleva a destilación en el equipo

KJERDHAL, el destilado se lo recibe en una solución de H_3BO_5 e indicador mixto de tashiro y se titula con HCL a 0.001 N. Sus resultados en el Cuadro 23 y el comportamiento de la variación horaria se observa en la Figura 4.

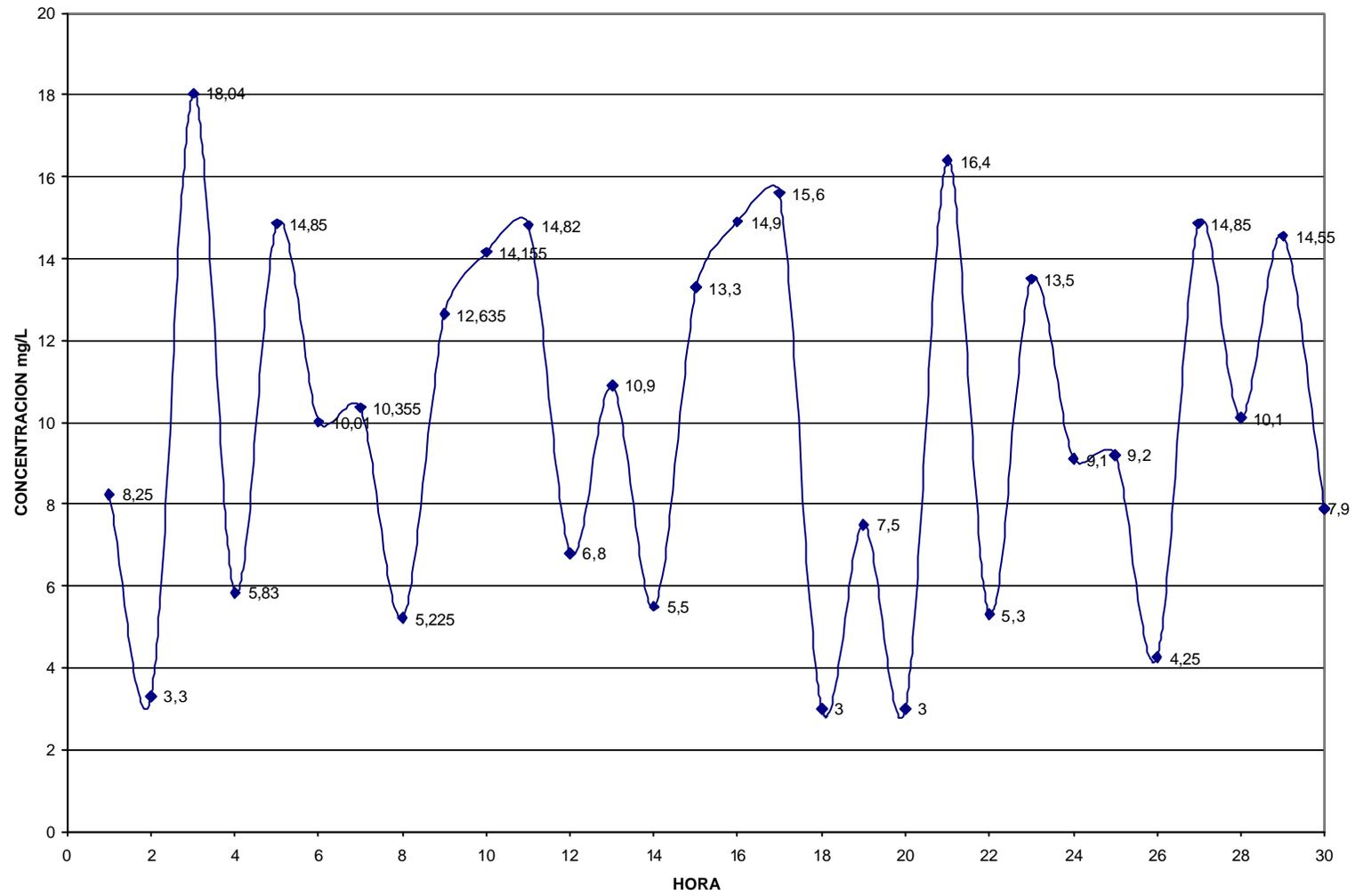
Nitrógeno Total. Incluye al Nitrogeno Amoniacal, Nitratos, Nitritos, Nitrogeno Orgánico.

Los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 24. y el comportamiento de la variación horaria se observa en la Figura 5.

CUADRO 21 CONCENTRACIONES DE NITRATOS (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	8,25	3,30	18,04	5,83	14,85	10,01
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	10,36	5,23	12,64	14,16	14,82	6,80
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	10,90	5,50	13,30	14,90	15,60	3,00
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	7,50	3,00	16,40	5,30	13,50	9,10
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	9,20	4,25	14,85	10,10	14,55	7,90
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

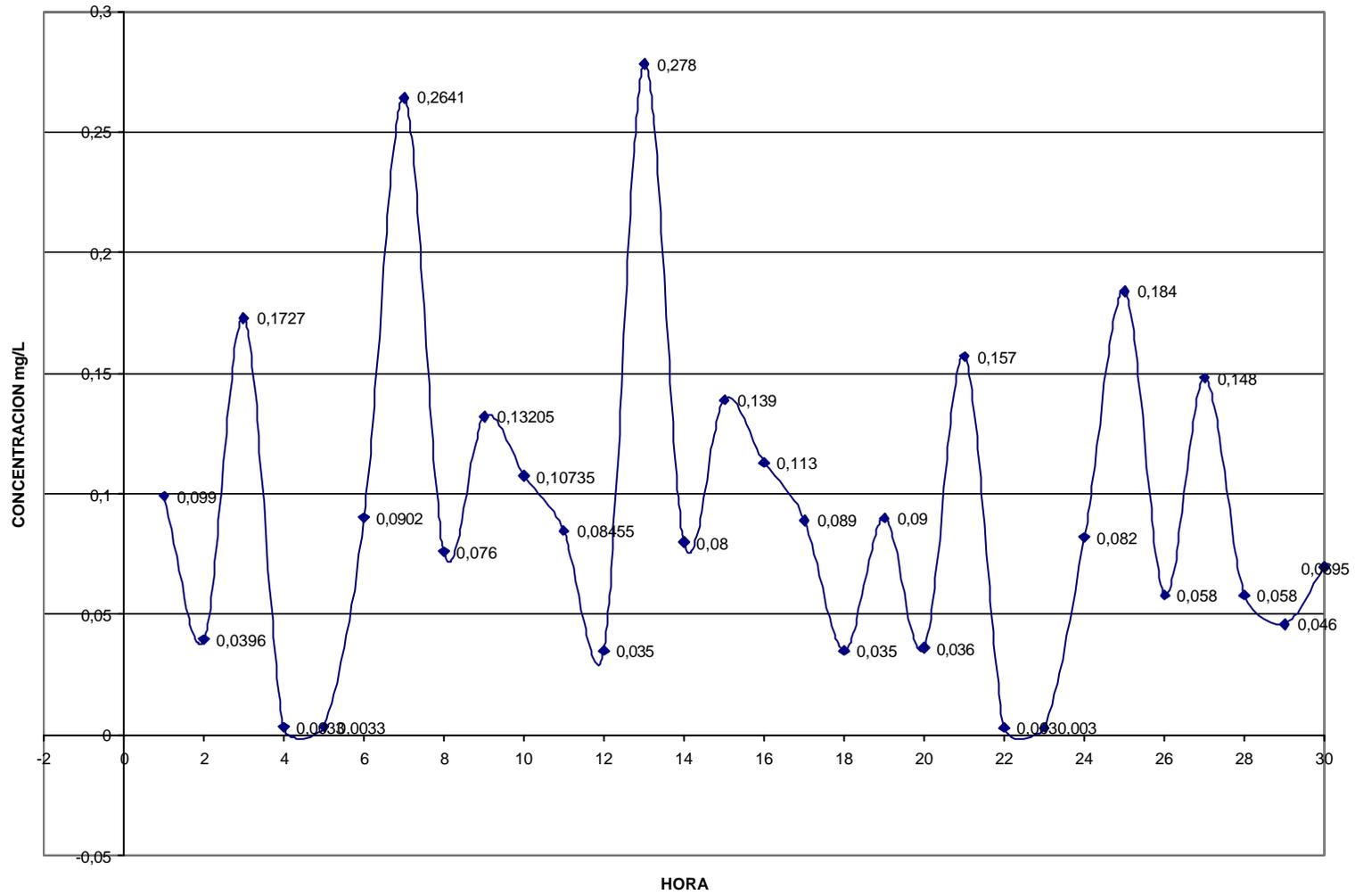
FIGURA 2 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE NITRATOS



CUADRO 22 CONCENTRACIONES DE NITRITOS (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	0,099	0,040	0,173	0,003	0,003	0,090
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	0,264	0,076	0,132	0,107	0,085	0,035
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	0,278	0,080	0,139	0,113	0,089	0,035
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	0,090	0,036	0,157	0,003	0,003	0,082
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	0,184	0,058	0,148	0,058	0,046	0,070
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

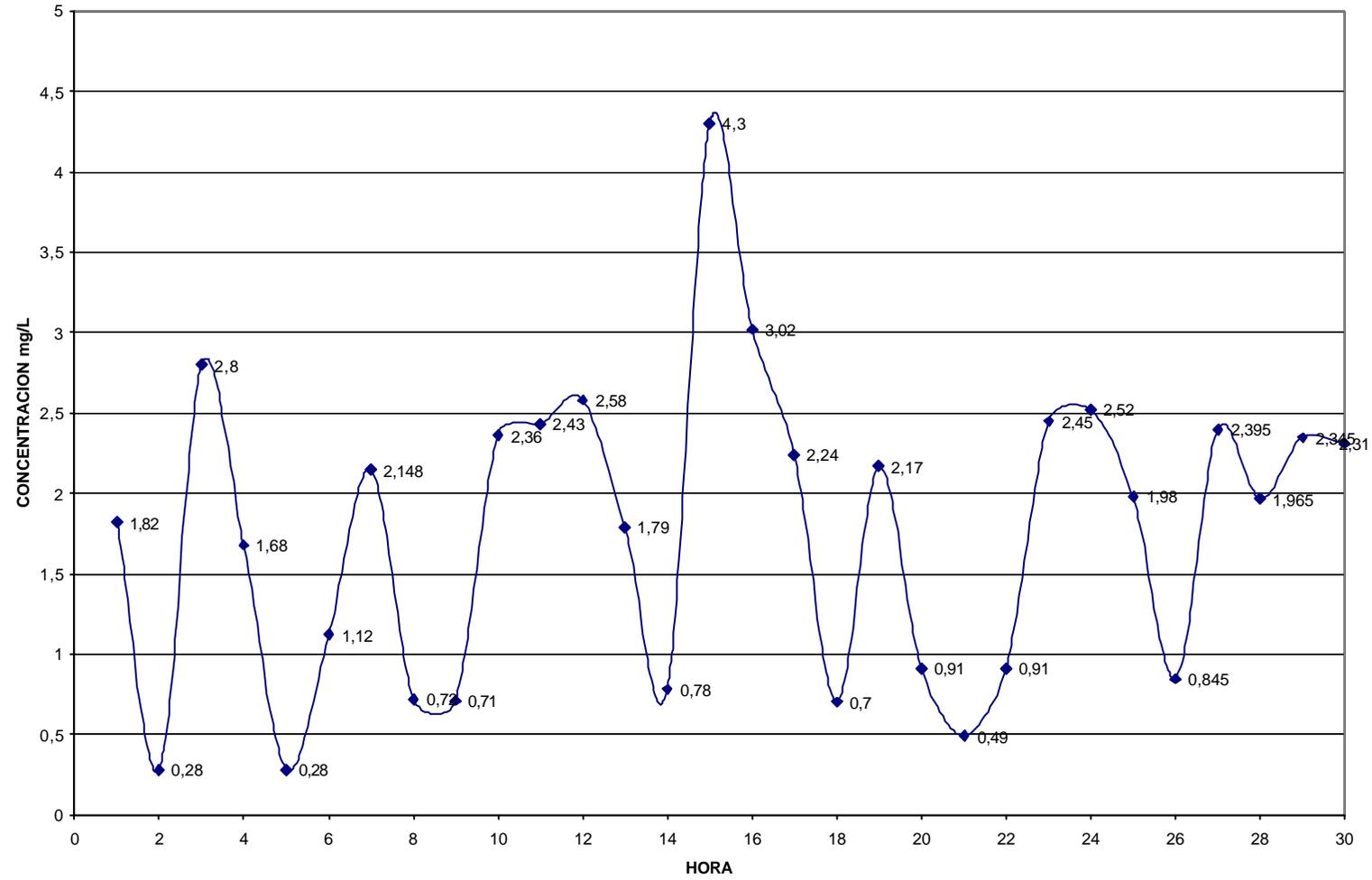
FIGURA 3 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION NITRITOS



CUADRO 23 CONCENTRACIONES DE NITROGENO ORGANICO (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	1,82	0,28	2,80	1,68	0,28	1,12
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	2,15	0,72	0,71	2,36	2,43	2,58
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	1,79	0,78	4,30	3,02	2,24	0,70
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	2,17	0,91	0,49	0,91	2,45	2,52
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	1,98	0,85	2,40	1,97	2,35	2,31
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

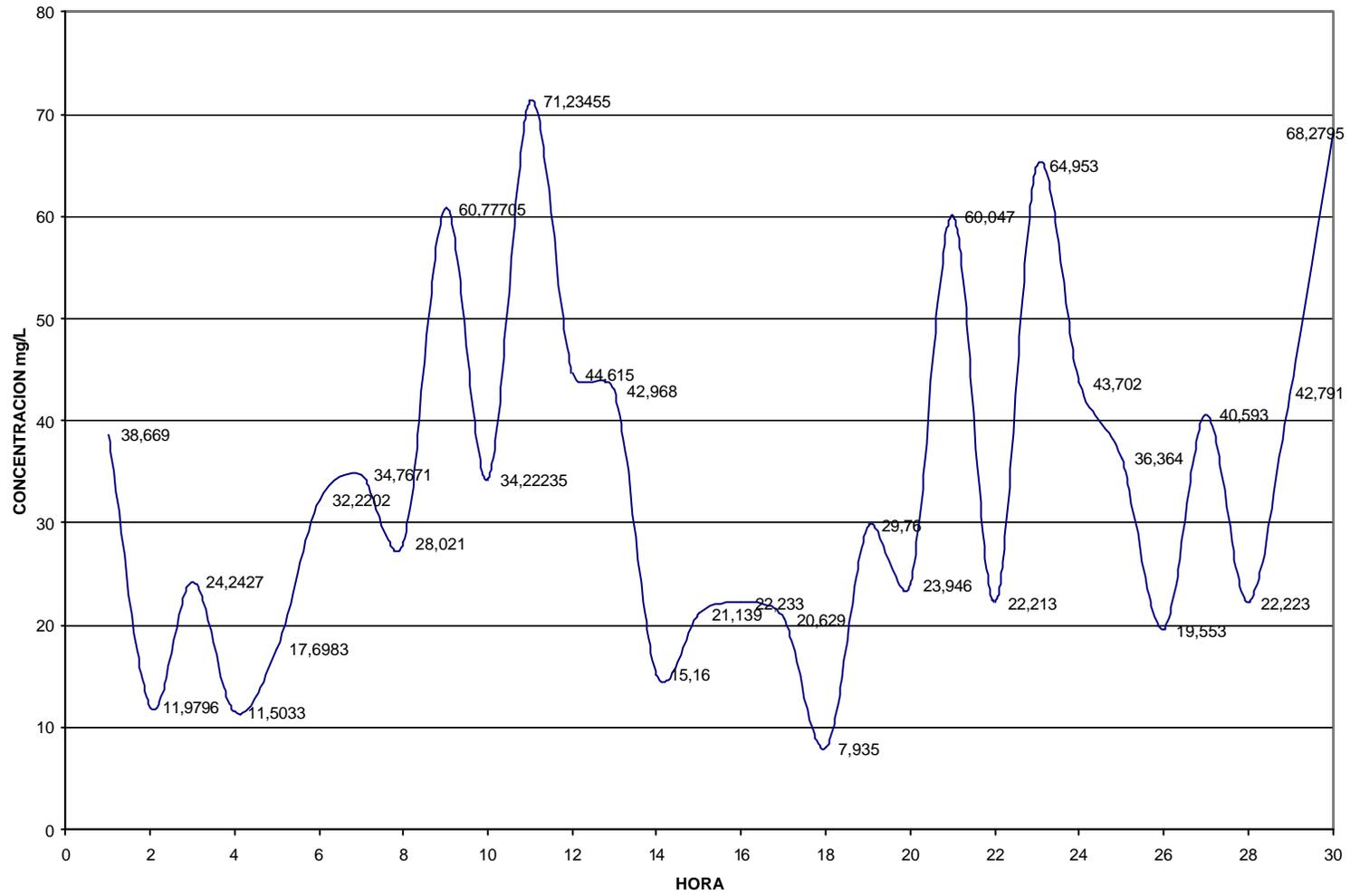
FIGURA 4 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION NITROGENO ORGANICO



CUADRO 24 CONCENTRACIONES DE NITROGENO TOTAL (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	38,669	11,980	24,243	11,503	17,698	32,220
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	34,767	28,021	60,777	34,222	71,235	44,615
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	42,968	15,160	21,139	22,233	20,629	7,935
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	29,760	23,946	60,047	22,213	64,953	43,702
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	36,364	19,553	40,593	22,223	42,791	68,280
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

FIGURA 5 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE NITROGENO TOTAL



Fósforo: Método Fotométrico. Fue cuantificado tomando en un erlenmeyer 100 ml de agua con HNO₃ concentrado a una plancha de calentamiento y se deja evaporar hasta mas o menos 20° C una vez fría la solución se agrega ácido perclórico concentrado y se deja en la plancha asta observar humus blancos. Posteriormente y fuera de la plancha se agrega HCL 6 N, se filtra y se afora a 100 ml, a 2 ml de la solución aforada se le agrega 18 ml de la solución fijadora de fósforo, se deja reposar y se lee en el espectrofotómetro a 690 nm.

Los fosfatos presentes en forma orgánica son convertidos a formas metálicas tales como Orto, Piro y otros Polifosfatos, para posteriormente ser transformados a Ortofosfatos.

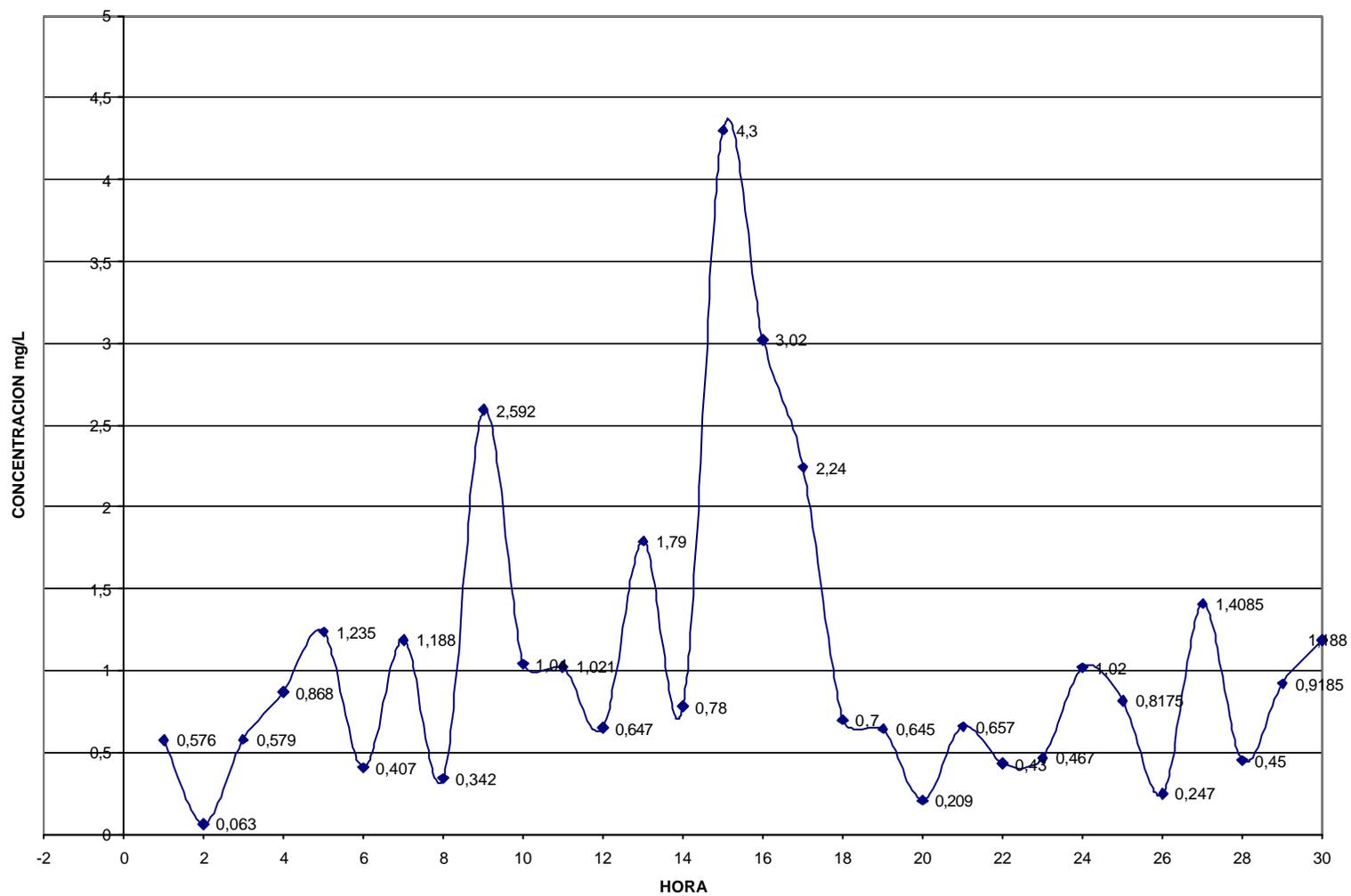
El pretratamiento de la muestra en medio ácido y calentamiento, permite hidrolizar los Fosfatos a Ortofosfatos en presencia de Persulfatos. El Ortofosfato formado reacciona con el Molibdato en medio ácido para formar un complejo de Fosfomolibdato. El Ácido Ascórbico, produce un complejo de color azul, generando una intensidad de color que es proporcional a la presencia de Molibdato formado (5).

Los resultados y variaciones horarias se registran seguidamente:

CUADRO 25 CONCENTRACIONES DE FOSFORO TOTAL (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	0,576	0,063	0,579	0,868	1,235	0,407
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	1,188	0,342	2,592	1,040	1,021	0,647
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	1,790	0,780	4,300	3,020	2,240	0,700
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	0,645	0,209	0,657	0,430	0,467	1,020
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	0,818	0,247	1,409	0,450	0,919	1,188
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

FIGURA 6 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE FOSFORO TOTAL



7.1.2. Sustancias Tóxicas. Con el fin de determinar la presencia de tóxicos en el agua se midieron las concentraciones de Cromo hexavalente (Cr+6), que podría tornarse hostil para la comunidad biológica destinada a una posible depuración de las aguas residuales.

Cromo Hexavalente: Método de Absorción Atómica. Se determinó colorimétricamente mediante el método de 1.5 Difenilcarbohidrazida como reactivo^[4], aprobado por la EPA para reportes.

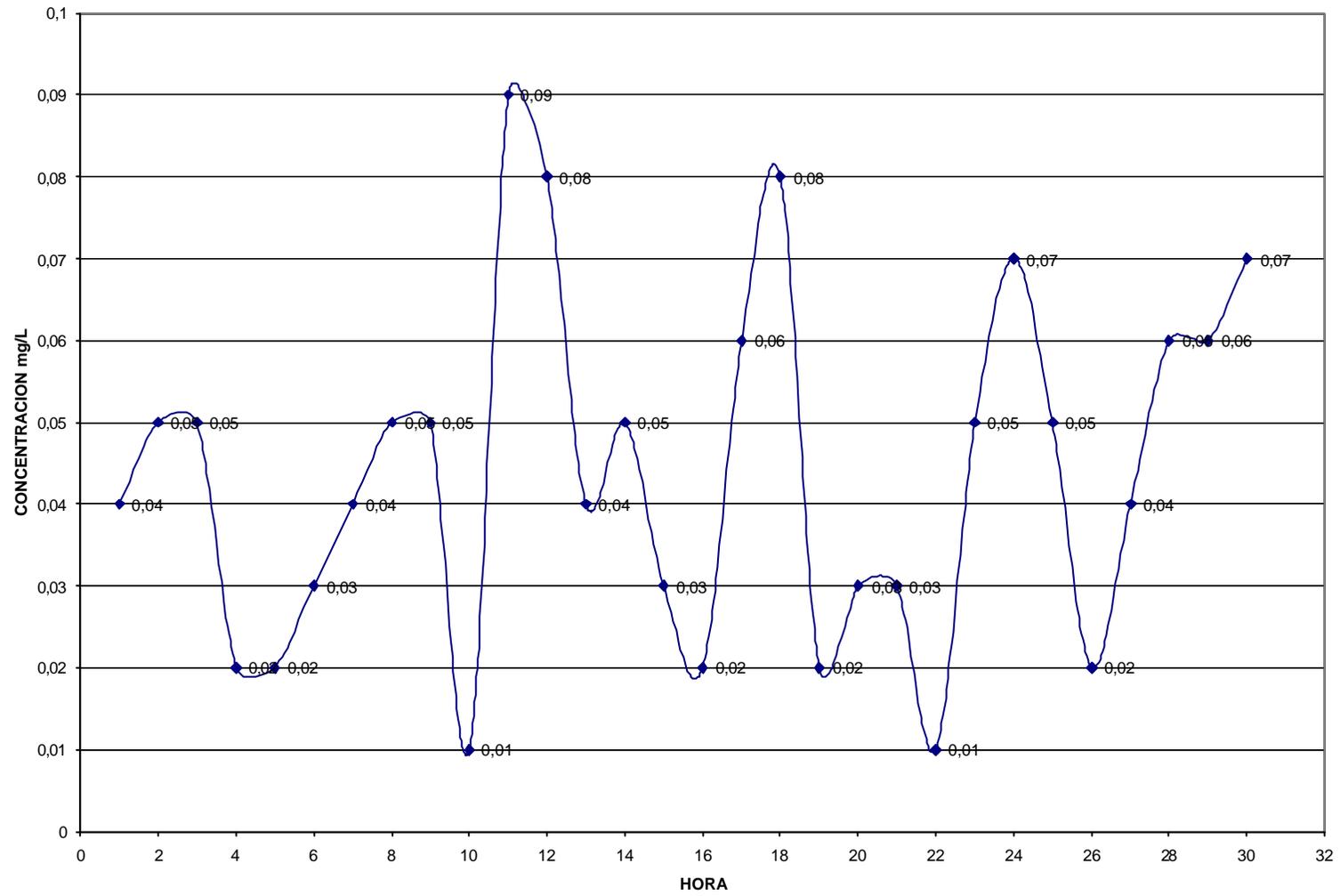
El reactivo utilizado (Chroma) contiene un amortiguador de PH, que combinado con la 1.5-Difenilcarbohidracida, reacciona con el Cromo Hexavalente para formar un compuesto de color violeta cuya intensidad se determina colorimétricamente y que es proporcional al contenido de Cromo Hexavalente^[5].

Los resultados fueron:

CUADRO 26 CONCENTRACIONES DE CROMO (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	0,04	0,05	0,05	0,02	0,02	0,03
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	0,04	0,05	0,05	0,01	0,09	0,08
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	0,04	0,05	0,03	0,02	0,06	0,08
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	0,02	0,03	0,03	0,01	0,05	0,07
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	0,05	0,02	0,04	0,06	0,06	0,07
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

FIGURA 7 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE CROMO



7.1.3 Parámetros Físicos, Químicos y Condiciones Medioambientales.

Además de los elementos anteriormente clasificados como nutrientes y sustancias tóxicas, se determinaron cuantitativamente otros parámetros tanto físicos como químicos, que inciden directamente en la actividad microbiana y que finalmente determinan si el agua residual es o no susceptible de un proceso de depuración biológica.

Las sustancias y parámetros tanto físicos como químicos medidos fueron:

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los Cinco días (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos Totales (ST), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV), y Alcalinidad.

Los resultados obtenidos experimentalmente fueron los que se relacionan a continuación:

7.1.3.1 Demanda Bioquímica de Oxígeno a los Cinco Días. Se vierte una cantidad determinada de muestra de acuerdo a la prueba de DQO en un frasco color ámbar, se adiciona los nutrientes, el agitador magnético se tapa el frasco con un dispositivo que alberga la muestra, se conecta el aparato y se deja en la

encubadora el tiempo determinado por el usuario. El equipo utilizado en este ensayo fue el HACH.

El Cuadro de la cual se adoptaron los grados de dilución empleados, es presenta a continuación:

Cuadro 27. DBO medible con diferentes diluciones de la muestra¹¹

DILUCIÓN RECOMENDADA	
% DE MEZCLA	INTERVALO DE VALORES DE LA DBO₅ ESPERADO mg/l
0.01	20000 - 70000
0.02	10000 - 35000
0.05	4000 - 14000
0.10	2000 - 7000
0.20	1000 - 3500
0.50	400 - 1400
1.00	200 - 700
2.00	100 - 350
5.00	40 - 140
10.00	20 - 70
20.00	10 - 35
50.00	4 - 14
100.00	0 - 7

7.1.3.2 Oxígeno Disuelto. Método del Winkler. En el ensayo del oxígeno disuelto se toma una muestra de agua en el Winkler se agrega 2 mg de sulfato de manganeso y posteriormente 2 ml de álcali-yoduro-nitruro, en el laboratorio se

¹¹ METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento Vertido y Reutilización. 3a Ed. Mc. Graw Hill, España 1995.

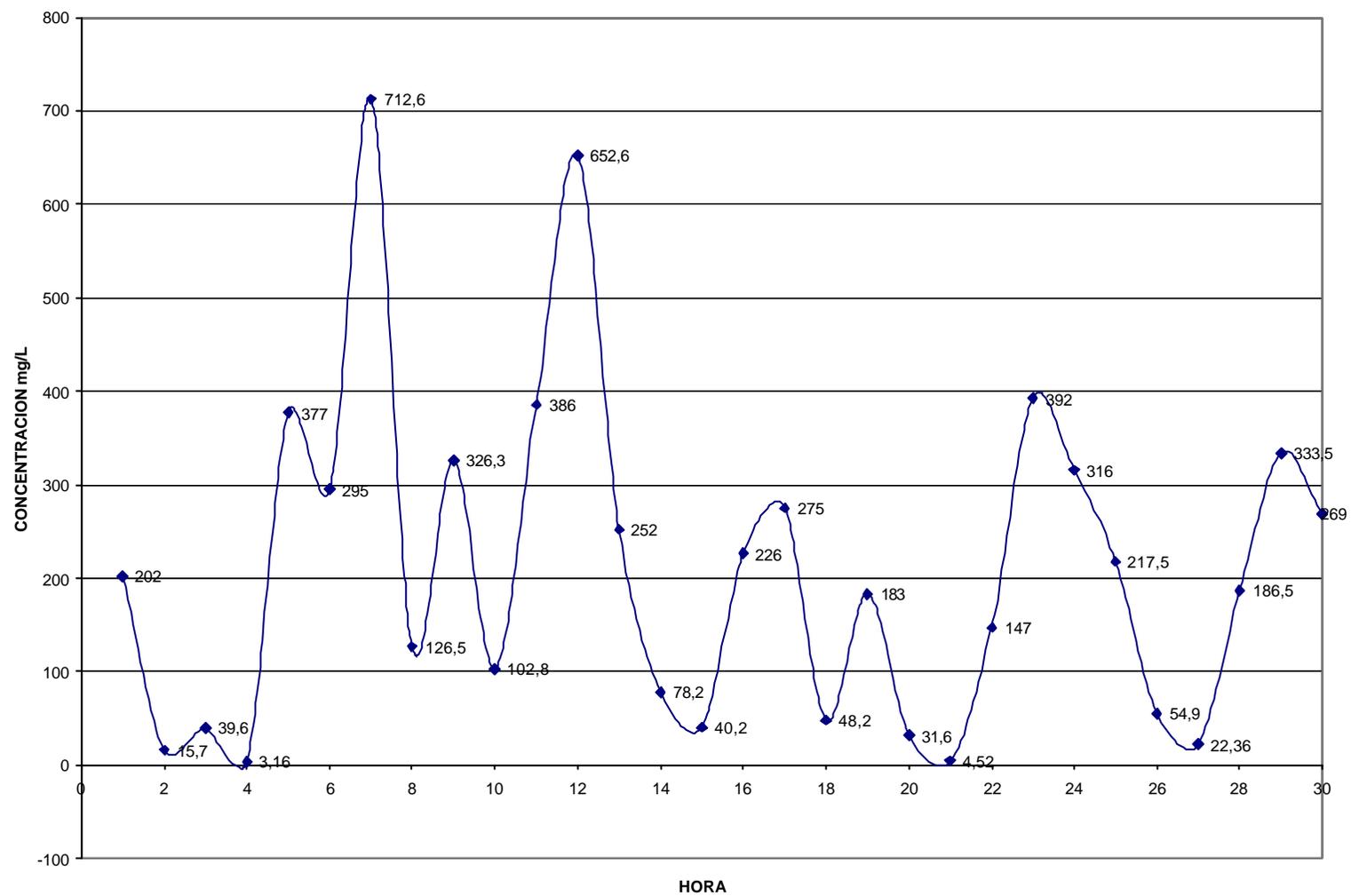
agrega 2 ml de H_2SO_4 concentrado y se agita, se vierte el líquido en un erlenmeyer y se agrega un ml de almidón, como indicador, se titula la solución con tiosulfato de sodio.

Los resultados obtenidos se resumen como sigue:

CUADRO 28 CONCENTRACIONES DE DBO5 (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	202,0	15,7	39,6	3,2	377,0	295,0
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	712,6	126,5	326,3	102,8	386,0	652,6
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	252,0	78,2	40,2	226,0	275,0	48,2
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	183,0	31,6	4,5	147,0	392,0	316,0
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	217,5	54,9	22,4	186,5	333,5	269,0
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

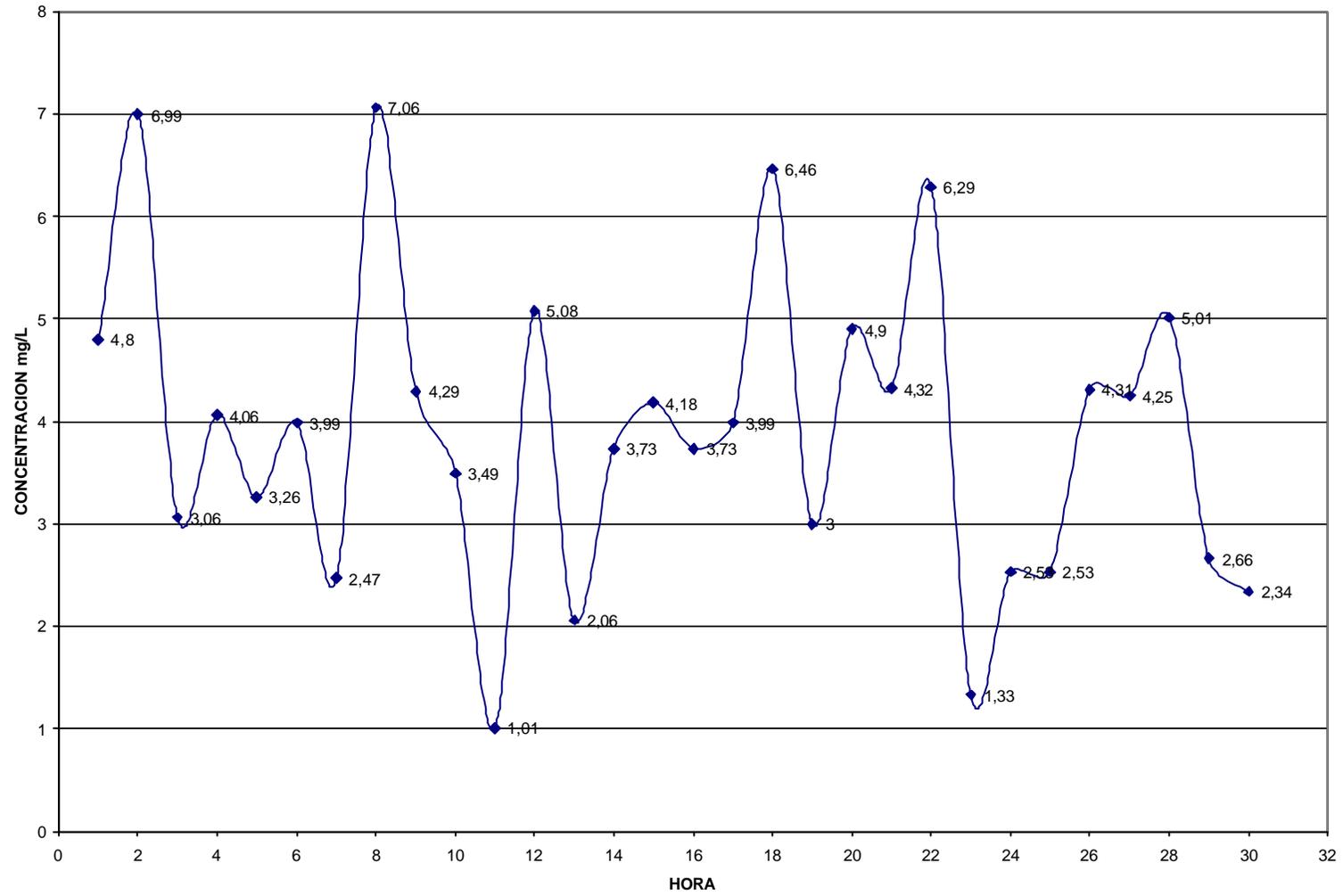
FIGURA 8 VARIACION HORARIA DE LA CONCETRACION DE DBO5



CUADRO 29 CONCENTRACIONES DE OXIGENO DISUELTO (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	4.80	6.99	3.06	4.06	3.26	3.99
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	2.47	7.06	4.29	3.49	1.01	5.08
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	2.06	3.73	4.18	3.73	3.99	6.46
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	3.00	4.90	4.32	6.29	1.33	2.53
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	2.53	4.31	4.25	5.01	2.66	2.34
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

FIGURA 9 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE OXIGENO DISUELTO



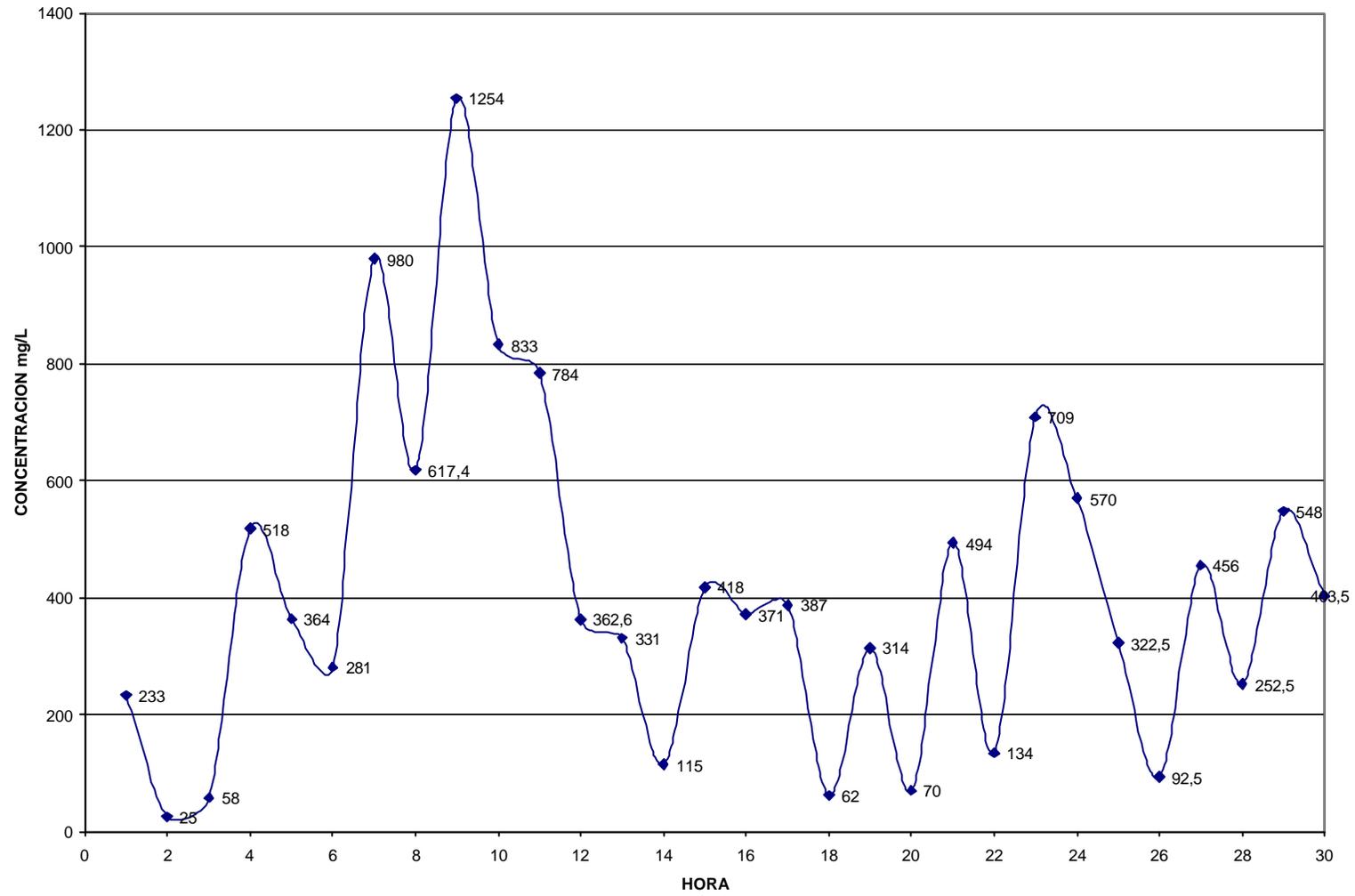
7.1.3.3 Demanda Química de Oxígeno. Método según técnicas HACH. La DQO fue determinada adicionando 0.2 ml a 2 ml de muestra en el vial para DQO HR luego se somete a calentamiento en el reactor por dos horas, se enfría y se lee en el espectrofotómetro.

Los resultados obtenidos se reflejan en el Cuadro que se relaciona seguidamente, asociada a la Figura adjunta:

CUADRO 30 CONCENTRACIONES DE DQO (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	233,0	25,0	58,0	518,0	364,0	281,0
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	980,0	617,4	1254,0	833,0	784,0	362,6
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	331,0	115,0	418,0	371,0	387,0	62,0
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	314,0	70,0	494,0	134,0	709,0	570,0
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	322,5	92,5	456,0	252,5	548,0	403,5
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

FIGURA 10 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE DQO



7.1.4 Sólidos Suspendidos Totales: Método Gravimétrico. Someter a calentamiento en una mufla aproximadamente a 500 más o menos 50 °C, una cápsula de porcelana durante una hora, pesar la cápsula vacía y fría hasta peso constante, verter 100 ml de muestra en la cápsula, dejar en baño maría hasta sequedad pesar la cápsula vacía, someter a calentamiento, como el primer paso enfriar y pesar.

Los valores de los pesos obtenidos se reportan en el Cuadro 31 y Figura 11

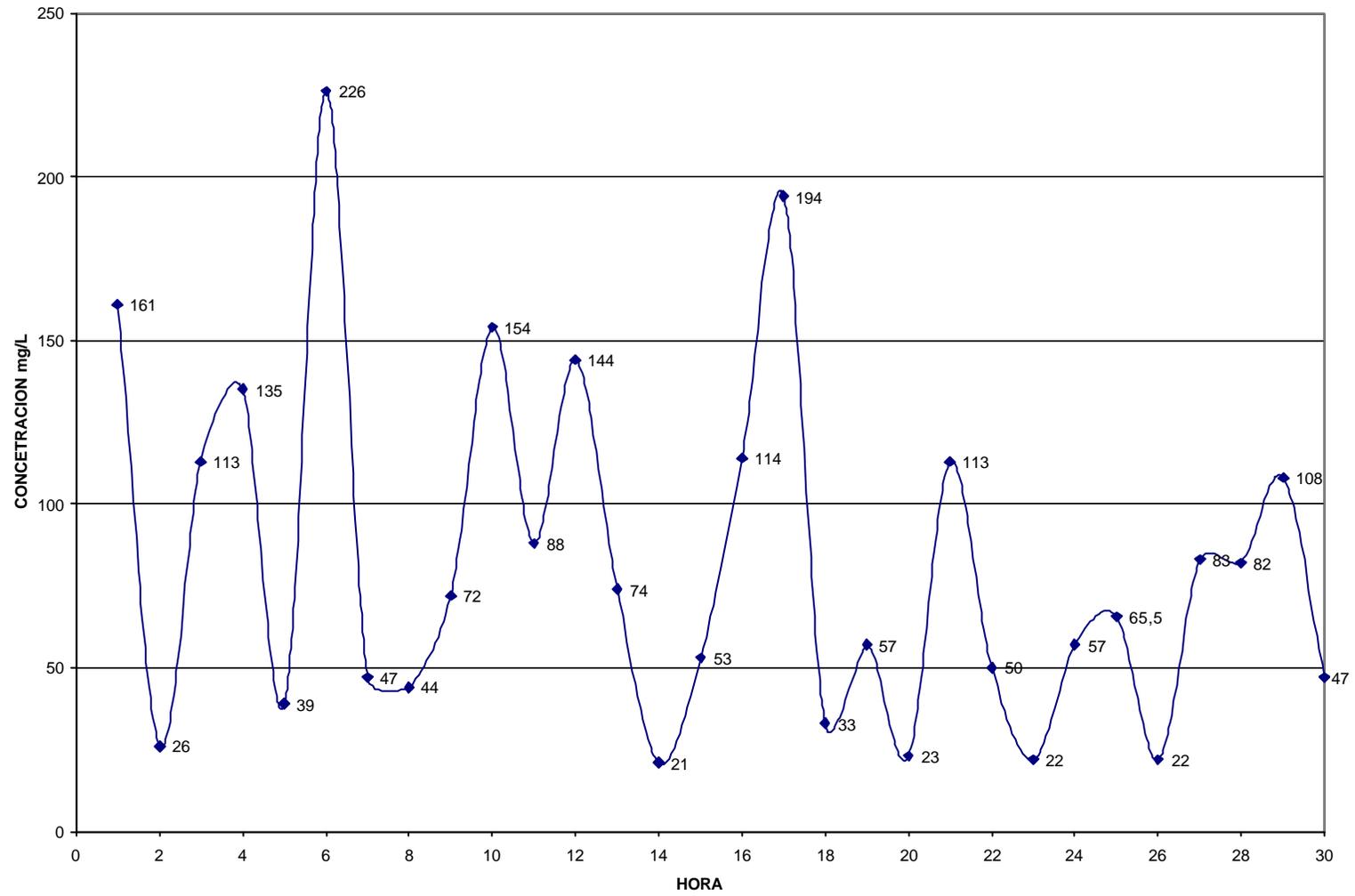
7.1.5 Sólidos Suspendidos Volátiles. Método Gravimétrico. Se procede de igual manera que los sólidos suspendidos totales solo que la muestra a evaluar debe estar filtrada.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

CUADRO 31 CONCENTRACIONES DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	161	26	113	135	39	226
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	47	44	72	154	88	144
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	74	21	53	114	194	33
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	57	23	113	50	22	57
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	66	22	83	82	108	47
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

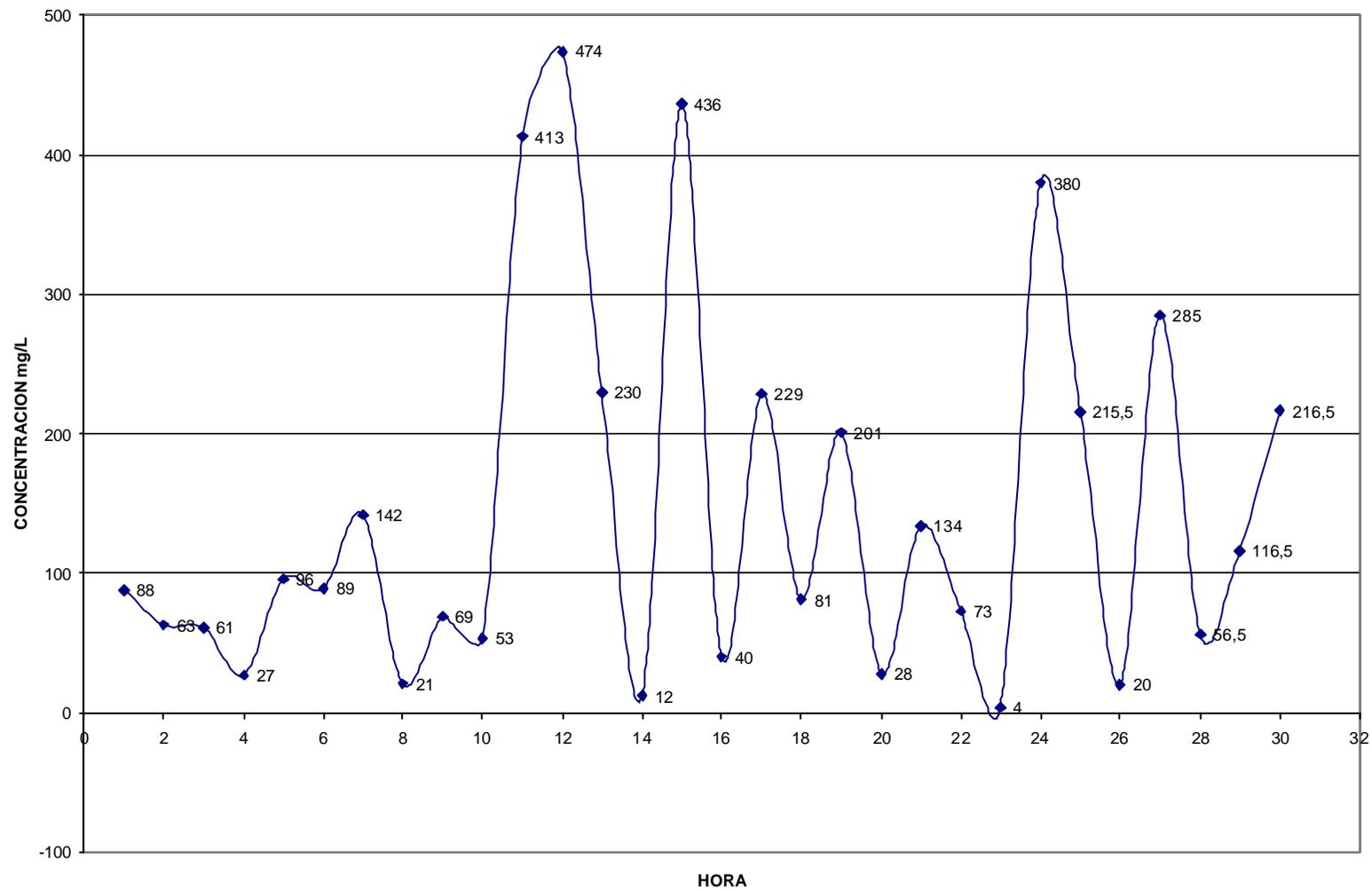
FIGURA 11 VARIACION HORARIA DE LA CONCETRACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



CUADRO 32 CONCENTRACIONES DE SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	88	63	61	27	96	89
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	142	21	69	53	413	474
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	230	12	436	40	229	81
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	201	28	134	73	4	380
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	216	20	285	57	117	217
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

FIGURA 12 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



7.1.5 Valores de PH. Método del Peachímetro. A una muestra depositada en un Beaker se le toma el PH asiendo uso del Peachímetro.

Los datos obtenidos se resumen en el Cuadro 33 y Figura 13

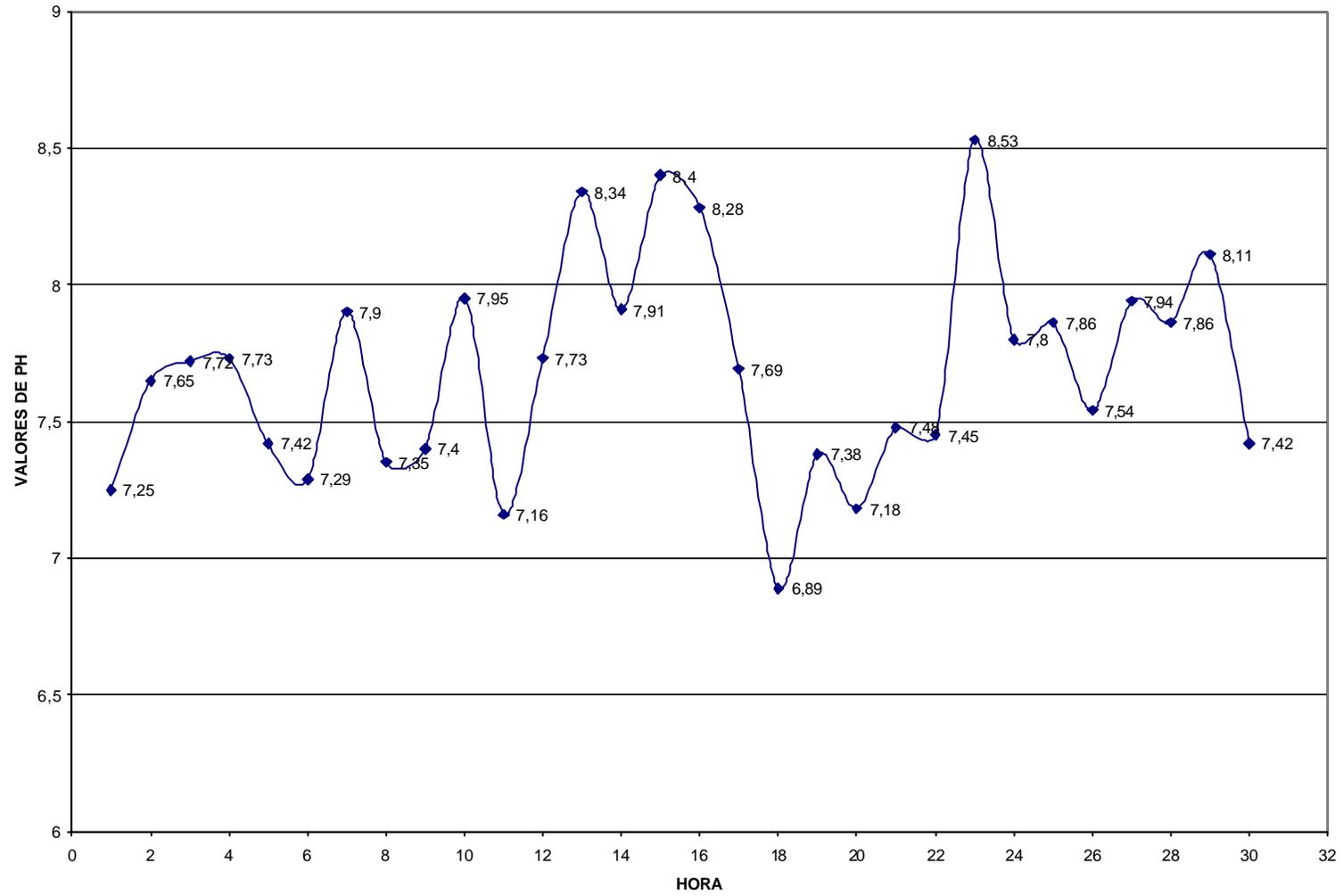
7.1.6 Alcalinidad. Método Volumetría. A 50 ml de muestra se agregan gotas de naranja de metilico, indicador mixto de tashiro y se valora con NAOH al 0.2 N

Los datos obtenidos se resumen como sigue:

CUADRO 33 CONCENTRACIONES DE VALORES DE PH

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	7,25	7,65	7,72	7,73	7,42	7,29
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	7,90	7,35	7,40	7,95	7,16	7,73
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	8,34	7,91	8,40	8,28	7,69	6,89
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	7,38	7,18	7,48	7,45	8,53	7,80
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	7,86	7,54	7,94	7,86	8,11	7,42
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

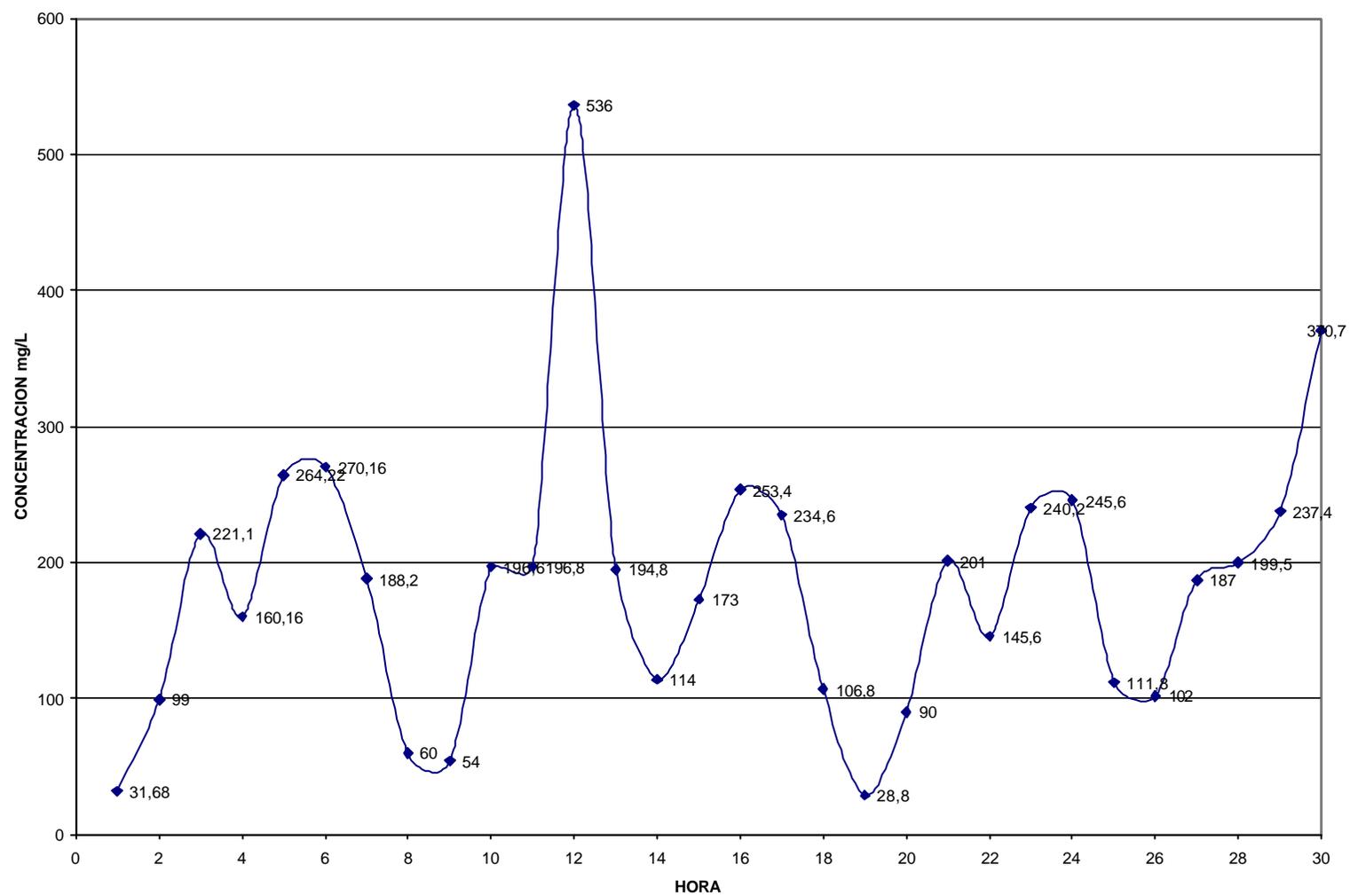
FIGURA 13 VARIACION HORARIA DE LOS VALORES DE PH



CUADRO 34 CONCENTRACIONES DE ALCALINIDAD (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	31,7	99,0	221,1	160,2	264,2	270,2
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	188,2	60,0	54,0	196,6	196,8	536,0
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	194,8	114,0	173,0	253,4	234,6	106,8
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	28,8	90,0	201,0	145,6	240,2	245,6
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	111,8	102,0	187,0	199,5	237,4	370,7
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

FIGURA 14 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE ALCALINIDAD



7.1.7 Cloruros. Método Volumetría. A 100 ml de muestra se agregan 1 ml de $K_2Cr_2O_7$ y se valora con $AgNO_3$ al 0.0141 N

Los valores obtenidos de este parámetro se resumen en el Cuadro 35 y Figura 15.

7.1.8 Acidez. Método Gravimétrico. A 50 ml de muestra se le agrega gotas de fenoftaleina y se valora con H_2SO_4 al 0.02 N

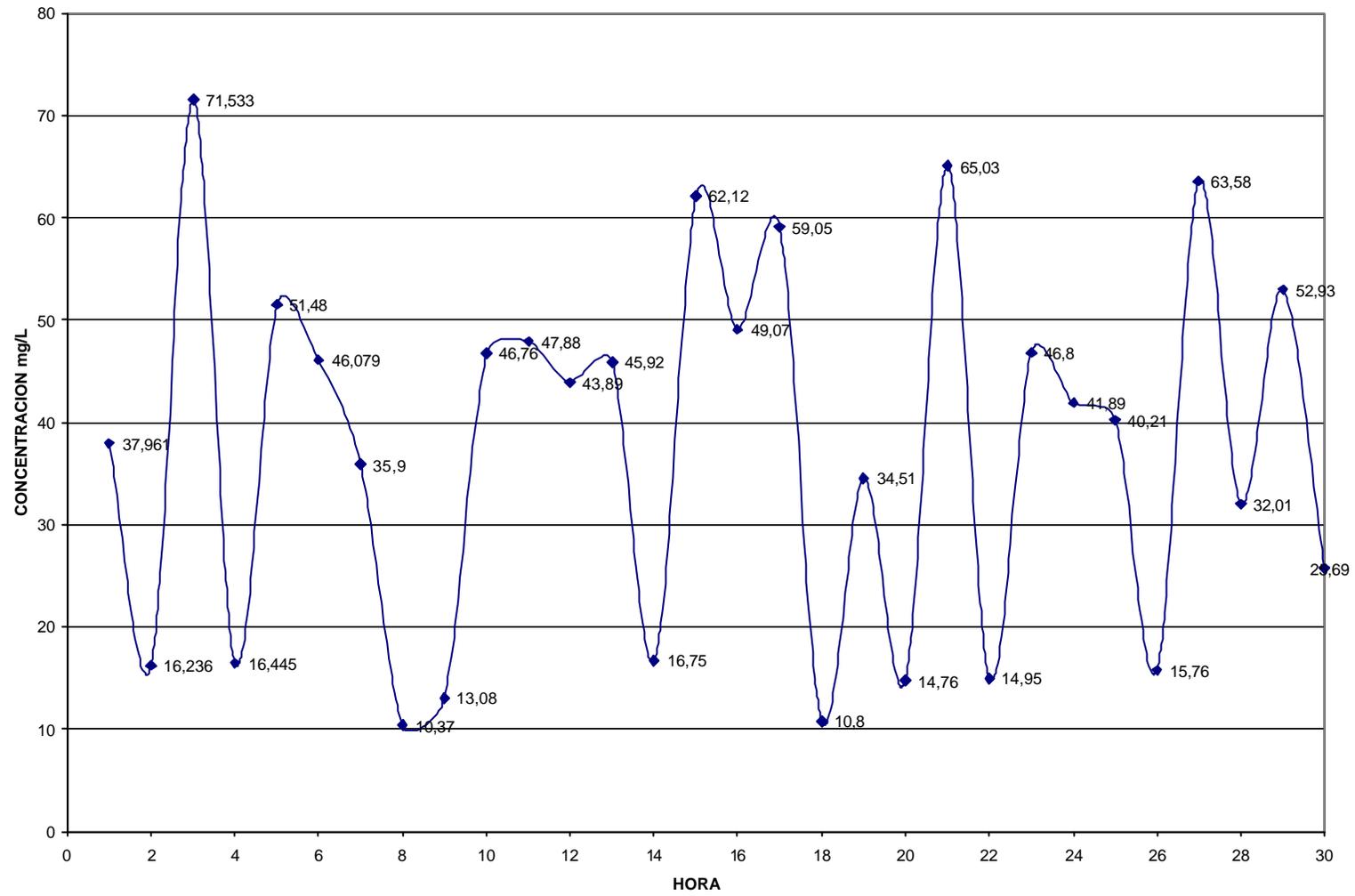
Los valores obtenidos se resumen en el Cuadro 36 y Figura 16.

7.1.9 Grasas y Aceites. Se toma 500 ml de muestra y se vierten en un Beaker y luego se agrega HCL concentrado y se agita vigorosamente. Después de reposar 24 horas se procede a filtrar el residuo del papel filtro se lo somete a extracción SOXHLET durante 8 horas con éter etílico anhidro como solvente.

CUADRO 35 CONCENTRACIONES DE CLORUROS (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	37,96	16,24	71,53	16,45	51,48	46,08
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	35,90	10,37	13,08	46,76	47,88	43,89
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	45,92	16,75	62,12	49,07	59,05	10,80
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	34,51	14,76	65,03	14,95	46,80	41,89
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	40,21	15,76	63,58	32,01	52,93	25,69
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

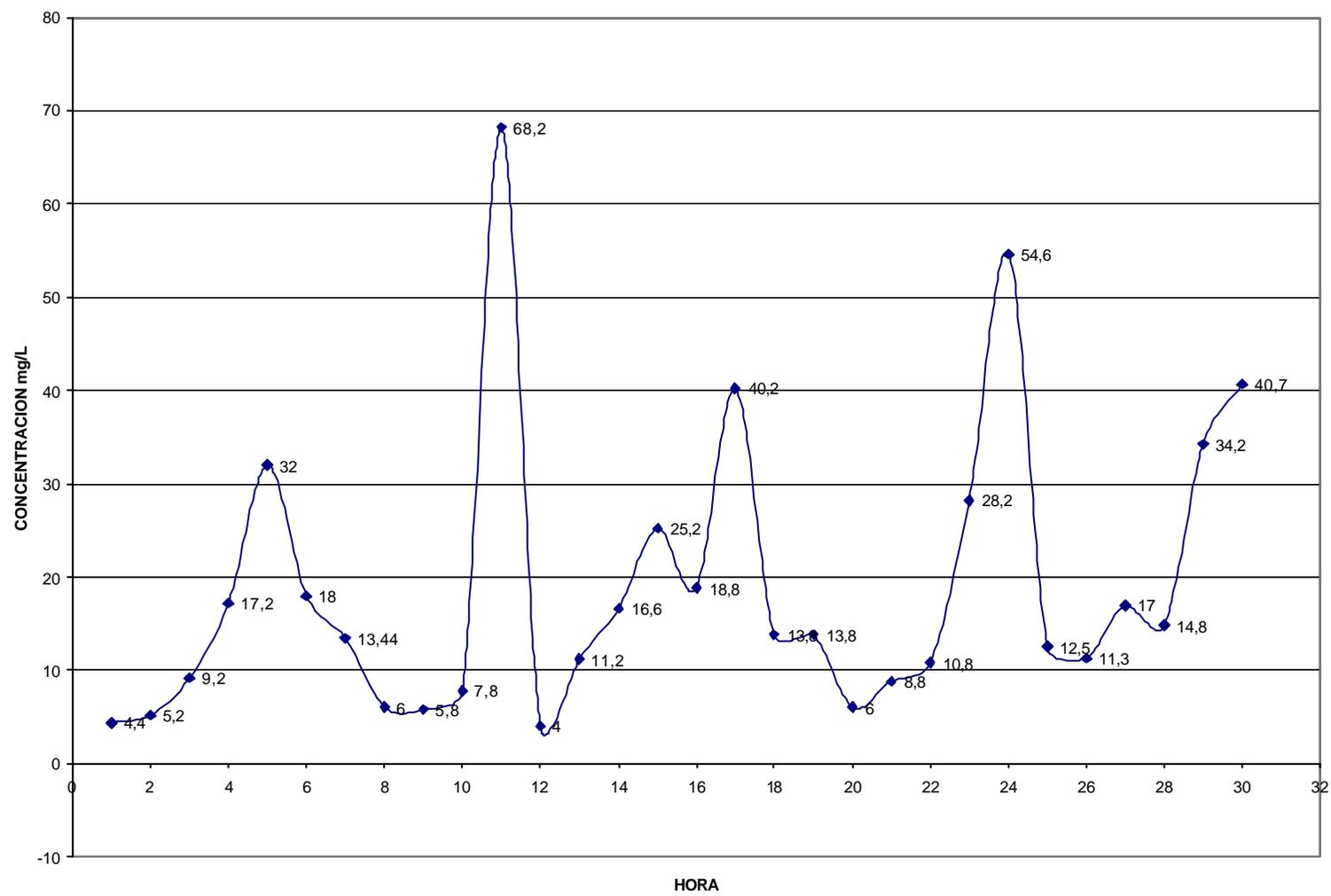
FIGURA 15 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE CLORUROS



CUADRO 36 CONCENTRACIONES DE ACIDEZ (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	4,4	5,2	9,2	17,2	32,0	18,0
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	13,4	6,0	5,8	7,8	68,2	4,0
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	11,2	16,6	25,2	18,8	40,2	13,8
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	13,8	6,0	8,8	10,8	28,2	54,6
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	12,5	11,3	17,0	14,8	34,2	40,7
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

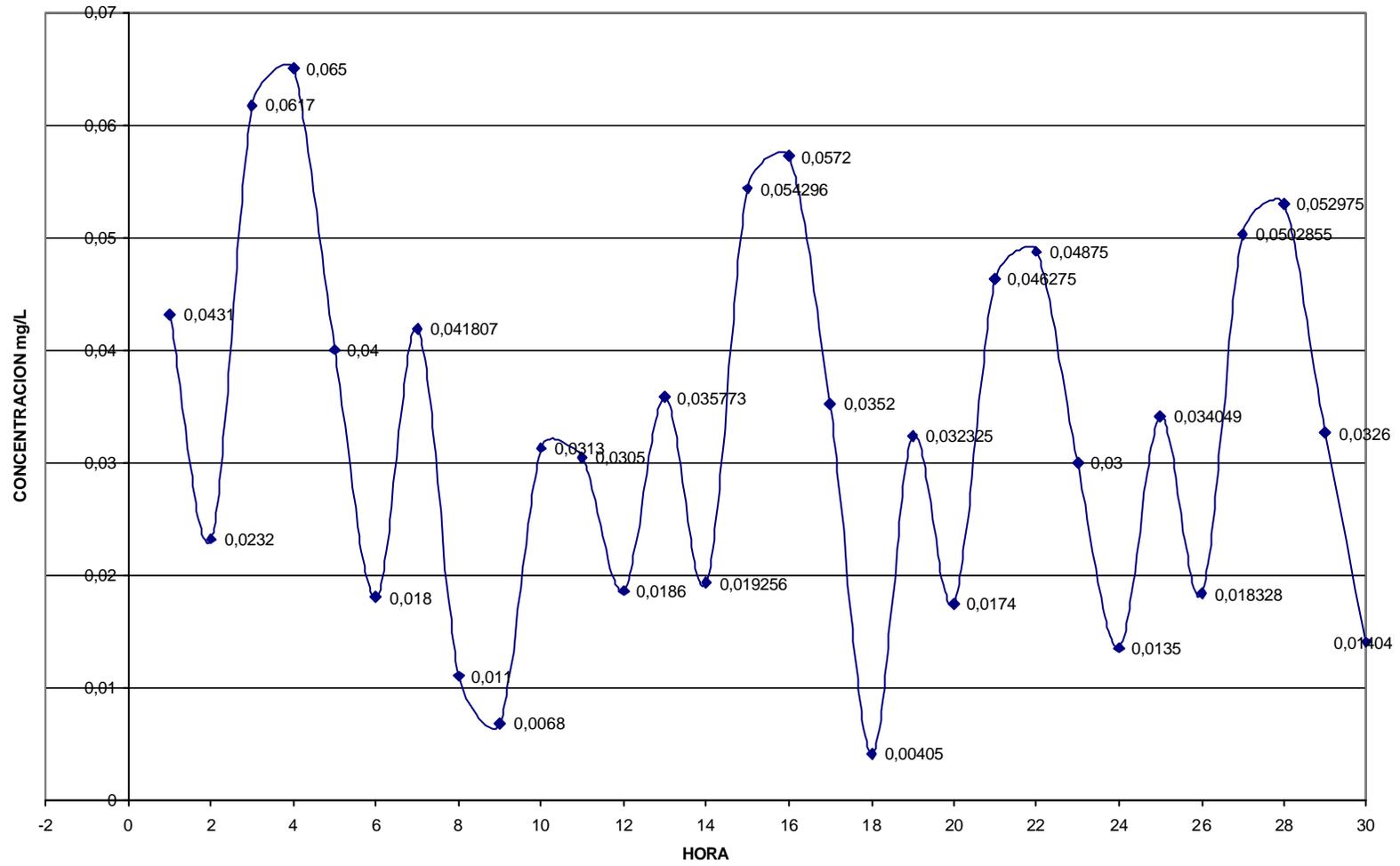
FIGURA 16 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE ACIDEZ



CUADRO 37 CONCENTRACIONES DE GRASAS Y ACEITES (mg/L)

JORNADA	HOSPITAL DEPARTAMEN TAL	COLEGIO PEDAGOGICO BOX COULVERT	COLEGIO PEDAGOGICO CIRCULAR	HOSPITAL INFANTIL - BOX COULVERT	PUENTE JUAN XXIII CIRCULAR	CLUB DE TENIS CIRCULAR
PRIMERA	0,0431	0,0232	0,0617	0,0650	0,0400	0,0180
FECHA	19-Feb	21-Feb	21-Feb	27-Feb	04-Mar	05-Mar
SEGUNDA	0,0418	0,0110	0,0068	0,0313	0,0305	0,0186
FECHA	11-Mar	18-Mar	18-Mar	18-Mar	19-Mar	25-Mar
TERCERA	0,0358	0,0193	0,0543	0,0572	0,0352	0,0041
FECHA	05-Jun	12-Jun	12-Jun	19-Jun	19-Jun	26-Jun
CUARTA	0,0323	0,0174	0,0463	0,0488	0,0300	0,0135
FECHA	03-Jul	10-Jul	10-Jul	17-Jul	17-Jul	24-Jul
QUINTA	0,0340	0,0183	0,0503	0,0530	0,0326	0,0140
FECHA	31-Jul	07-Ago	07-Ago	14-Ago	14-Ago	21-Ago

FIGURA 17 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION DE GRASAS Y ACEITES



7.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL AGUA EN EL CUERPO RECEPTOR DE AGUAS RESIDUALES

Con el fin de evaluar las aportaciones de contaminación sobre el Río se efectuaron simultáneamente análisis fisicoquímicos en los Colectores y en el cuerpo receptor el Río Pasto.

Las muestras de agua tomadas al Río Pasto fueron Realizadas: en la Bocatoma, antes del vertimiento, en el Colector y después del vertimiento, una muestra especial en la Avenida Chile y otra más en el sector de la Universidad de Nariño.

Los resultados se presentan a continuación:

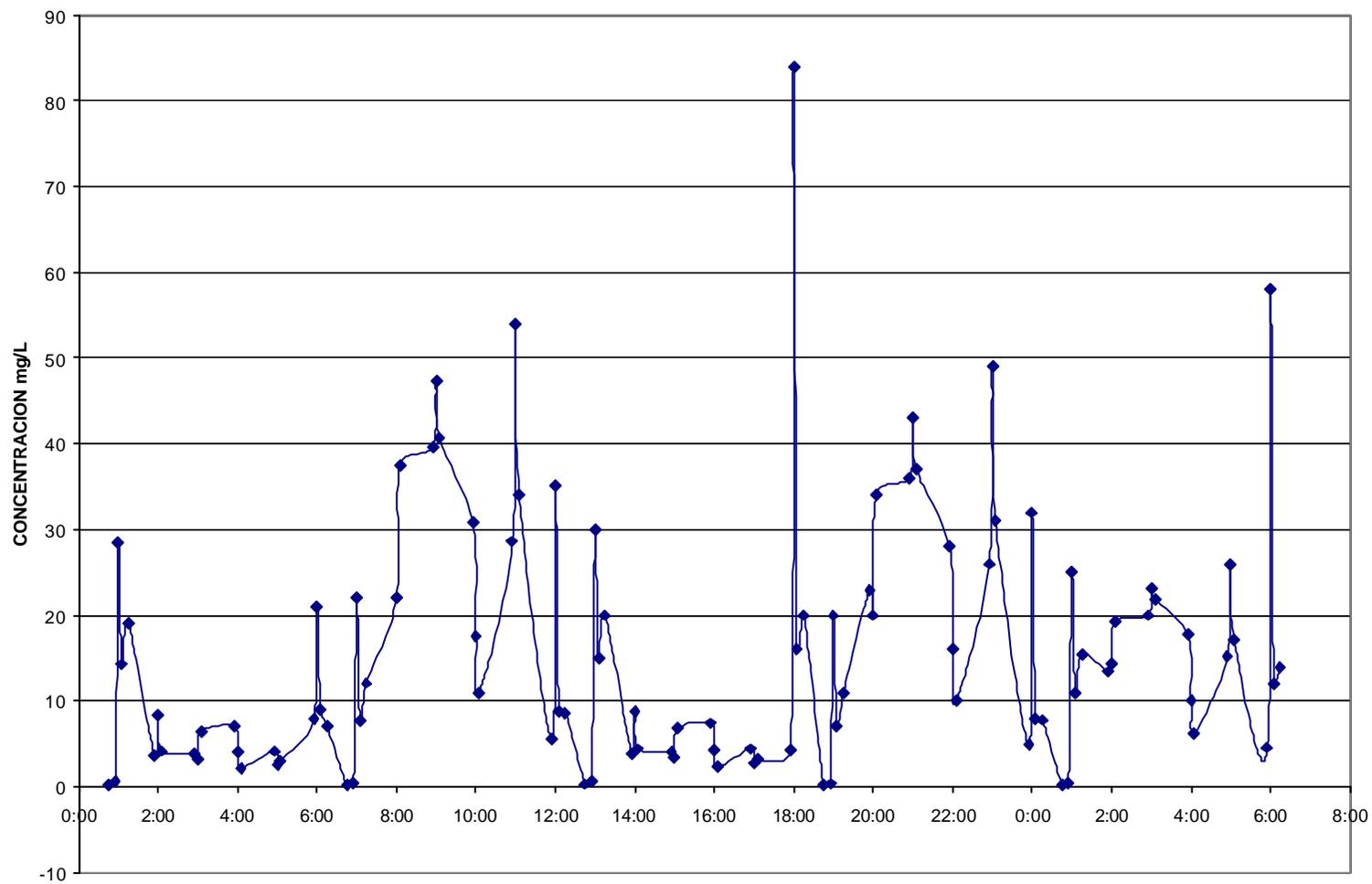
Cuadro 38. Concentraciones de nitrógeno amoniacal (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
AMONIACAL	FECHA	0,29 19-Feb	0,57 19-Feb	28,50 19-Feb	14,25 19-Feb	19,00 19-Feb	3,61 21-Feb	8,36 21-Feb	4,18 21-Feb	3,80 25-Feb	3,23 25-Feb	6,46 25-Feb
	FECHA	0,27 11-Mar	0,38 11-Mar	22 11-Mar	7,7 11-Mar	12,1 11-Mar	25,3 18-Mar	22 18-Mar	37,4 18-Mar	39,6 18-Mar	47,3 18-Mar	40,7 18-Mar
	FECHA	0,3 05-Jun	0,6 05-Jun	30 05-Jun	15 05-Jun	20 05-Jun	3,8 12-Jun	8,8 12-Jun	4,4 12-Jun	4 12-Jun	3,4 12-Jun	6,8 12-Jun
	FECHA	0,25 03-Jul	0,34 03-Jul	20 03-Jul	7 03-Jul	11 03-Jul	23 10-Jul	20 10-Jul	34 10-Jul	36 10-Jul	43 10-Jul	37 10-Jul
	FECHA	0,275 31-Jul	0,47 31-Jul	25 31-Jul	11 31-Jul	15,5 31-Jul	13,4 07-Ago	14,4 07-Ago	19,2 07-Ago	20 07-Ago	23,2 07-Ago	21,9 07-Ago

Cuadro 38. Concentraciones de nitrógeno amoniacal (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
AMONIACAL	FECHA	7,03 27-Feb	3,99 27-Feb	2,19 27-Feb	4,18 04-Mar	2,57 04-Mar	3,04 04-Mar	8,00 05-Mar	21,00 05-Mar	9,00 05-Mar	7,00 05-Mar
	FECHA	30,8 18-Mar	17,6 18-Mar	11 18-Mar	28,6 19-Mar	53,9 19-Mar	34,1 19-Mar	5,5 25-Mar	35,2 25-Mar	8,8 25-Mar	8,58 25-Mar
	FECHA	7,4 19-Jun	4,2 19-Jun	2,3 19-Jun	4,4 19-Jun	2,7 19-Jun	3,2 19-Jun	4,2 26-Jun	84 26-Jun	16 26-Jun	20 26-Jun
	FECHA	28 17-Jul	16 17-Jul	10 17-Jul	26 17-Jul	49 17-Jul	31 17-Jul	5 24-Jul	32 24-Jul	8 24-Jul	7,8 24-Jul
	FECHA	17,7 14-Ago	10,1 14-Ago	6,15 14-Ago	15,2 14-Ago	25,85 14-Ago	17,1 14-Ago	4,6 21-Ago	58 21-Ago	12 21-Ago	13,9 21-Ago

FIGURA 18 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION NITROGENO AMONIACAL



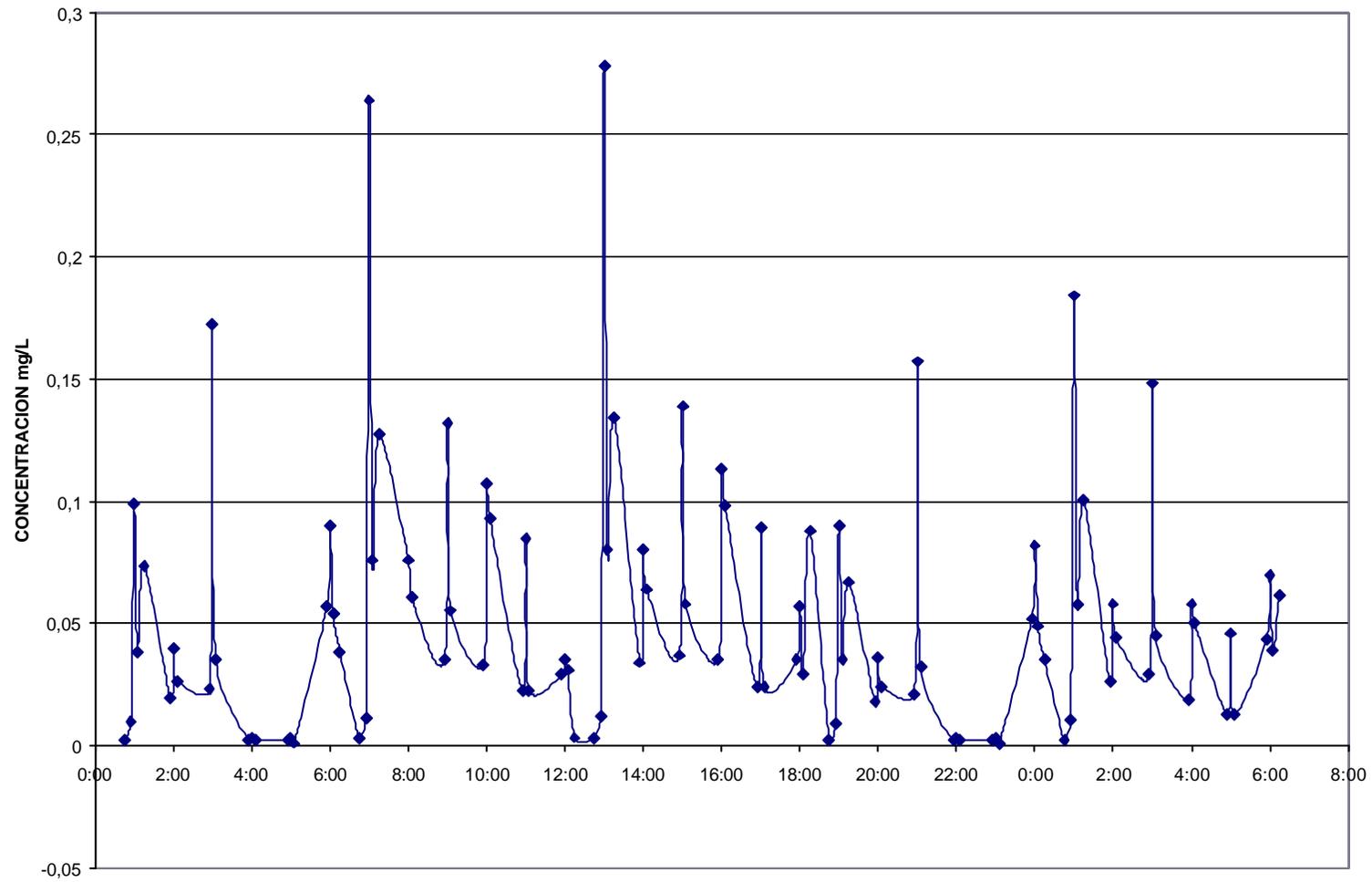
Cuadro 39. Concentraciones de nitritos (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
NITRITO	FECHA	0,00 19-Feb	0,01 19-Feb	0,10 19-Feb	0,04 19-Feb	0,07 19-Feb	0,02 21-Feb	0,04 21-Feb	0,03 21-Feb	0,02 25-Feb	0,17 25-Feb	0,04 25-Feb
	FECHA	0,00285 11-Mar	0,0114 11-Mar	0,2641 11-Mar	0,076 11-Mar	0,1273 11-Mar	0,0323 18-Mar	0,076 18-Mar	0,0608 18-Mar	0,03515 18-Mar	0,13205 18-Mar	0,0551 18-Mar
	FECHA	0,003 05-Jun	0,012 05-Jun	0,278 05-Jun	0,08 05-Jun	0,134 05-Jun	0,034 12-Jun	0,08 12-Jun	0,064 12-Jun	0,037 12-Jun	0,139 12-Jun	0,058 12-Jun
	FECHA	0,002 03-Jul	0,009 03-Jul	0,09 03-Jul	0,035 03-Jul	0,067 03-Jul	0,018 10-Jul	0,036 10-Jul	0,024 10-Jul	0,021 10-Jul	0,157 10-Jul	0,032 10-Jul
	FECHA	0,0025 31-Jul	0,0105 31-Jul	0,184 31-Jul	0,0575 31-Jul	0,1005 31-Jul	0,026 07-Ago	0,058 07-Ago	0,044 07-Ago	0,029 07-Ago	0,148 07-Ago	0,045 07-Ago

Cuadro 39. Concentraciones de nitritos (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
NITRITO	FECHA	0,002 27-Feb	0,003 27-Feb	0,002 27-Feb	0,002 04-Mar	0,003 04-Mar	0,001 04-Mar	0,057 05-Mar	0,090 05-Mar	0,054 05-Mar	0,039 05-Mar
	FECHA	0,033 18-Mar	0,107 18-Mar	0,093 18-Mar	0,023 19-Mar	0,085 19-Mar	0,023 19-Mar	0,029 25-Mar	0,035 25-Mar	0,031 25-Mar	0,003 25-Mar
	FECHA	0,035 19-Jun	0,113 19-Jun	0,098 19-Jun	0,024 19-Jun	0,089 19-Jun	0,024 19-Jun	0,035 26-Jun	0,057 26-Jun	0,029 26-Jun	0,088 26-Jun
	FECHA	0,002 17-Jul	0,003 17-Jul	0,002 17-Jul	0,002 17-Jul	0,003 17-Jul	0,001 17-Jul	0,052 24-Jul	0,082 24-Jul	0,049 24-Jul	0,035 24-Jul
	FECHA	0,019 14-Ago	0,058 14-Ago	0,050 14-Ago	0,013 14-Ago	0,046 14-Ago	0,013 14-Ago	0,044 21-Ago	0,070 21-Ago	0,039 21-Ago	0,062 21-Ago

FIGURA 19 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION NITRITOS



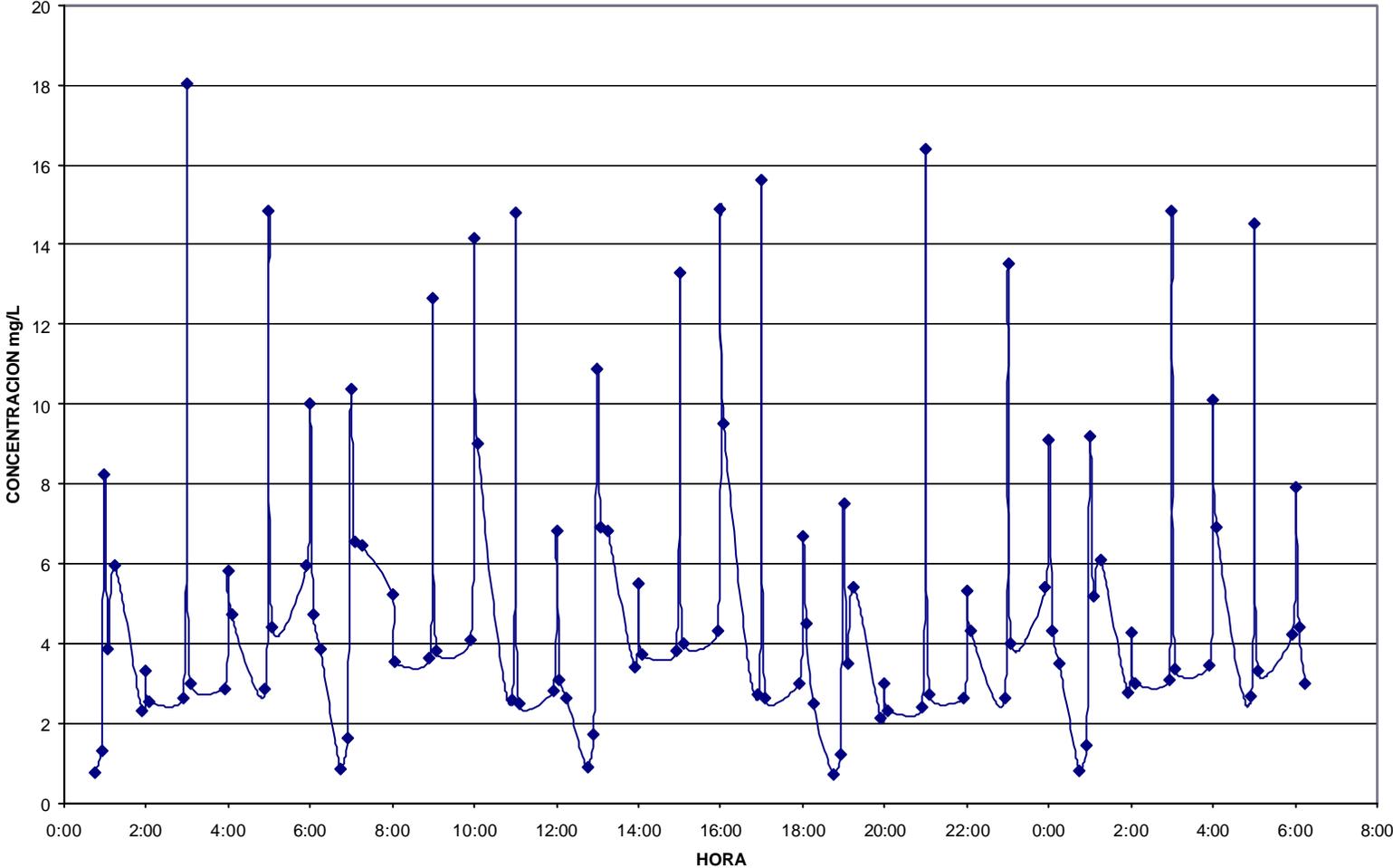
Cuadro 40. Concentraciones de nitratos (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
NITRATO	FECHA	0,77 19-Feb	1,32 19-Feb	8,25 19-Feb	3,85 19-Feb	5,94 19-Feb	2,31 21-Feb	3,30 21-Feb	2,53 21-Feb	2,64 25-Feb	18,04 25-Feb	2,97 25-Feb
	FECHA	0,855 11-Mar	1,615 11-Mar	10,355 11-Mar	6,555 11-Mar	6,46 11-Mar	3,23 18-Mar	5,225 18-Mar	3,515 18-Mar	3,61 18-Mar	12,635 18-Mar	3,8 18-Mar
	FECHA	0,9 05-Jun	1,7 05-Jun	10,9 05-Jun	6,9 05-Jun	6,8 05-Jun	3,4 12-Jun	5,5 12-Jun	3,7 12-Jun	3,8 12-Jun	13,3 12-Jun	4 12-Jun
	FECHA	0,7 03-Jul	1,2 03-Jul	7,5 03-Jul	3,5 03-Jul	5,4 03-Jul	2,1 10-Jul	3 10-Jul	2,3 10-Jul	2,4 10-Jul	16,4 10-Jul	2,7 10-Jul
	FECHA	0,8 31-Jul	1,45 31-Jul	9,2 31-Jul	5,2 31-Jul	6,1 31-Jul	2,75 07-Ago	4,25 07-Ago	3 07-Ago	3,1 07-Ago	14,85 07-Ago	3,35 07-Ago

Cuadro 40. Concentraciones de nitratos (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
NITRATO	FECHA	2,86 27-Feb	5,83 27-Feb	4,73 27-Feb	2,86 04-Mar	14,85 04-Mar	4,40 04-Mar	5,94 05-Mar	10,01 05-Mar	4,73 05-Mar	3,85 05-Mar
	FECHA	4,085 18-Mar	14,155 18-Mar	9,025 18-Mar	2,565 19-Mar	14,82 19-Mar	2,47 19-Mar	2,8 25-Mar	6,8 25-Mar	3,1 25-Mar	2,6 25-Mar
	FECHA	4,3 19-Jun	14,9 19-Jun	9,5 19-Jun	2,7 19-Jun	15,6 19-Jun	2,6 19-Jun	3 26-Jun	6,7 26-Jun	4,5 26-Jun	2,5 26-Jun
	FECHA	2,6 17-Jul	5,3 17-Jul	4,3 17-Jul	2,6 17-Jul	13,5 17-Jul	4 17-Jul	5,4 24-Jul	9,1 24-Jul	4,3 24-Jul	3,5 24-Jul
	FECHA	3,45 14-Ago	10,1 14-Ago	6,9 14-Ago	2,65 14-Ago	14,55 14-Ago	3,3 14-Ago	4,2 21-Ago	7,9 21-Ago	4,4 21-Ago	3 21-Ago

FIGURA 20 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION NITRATOS



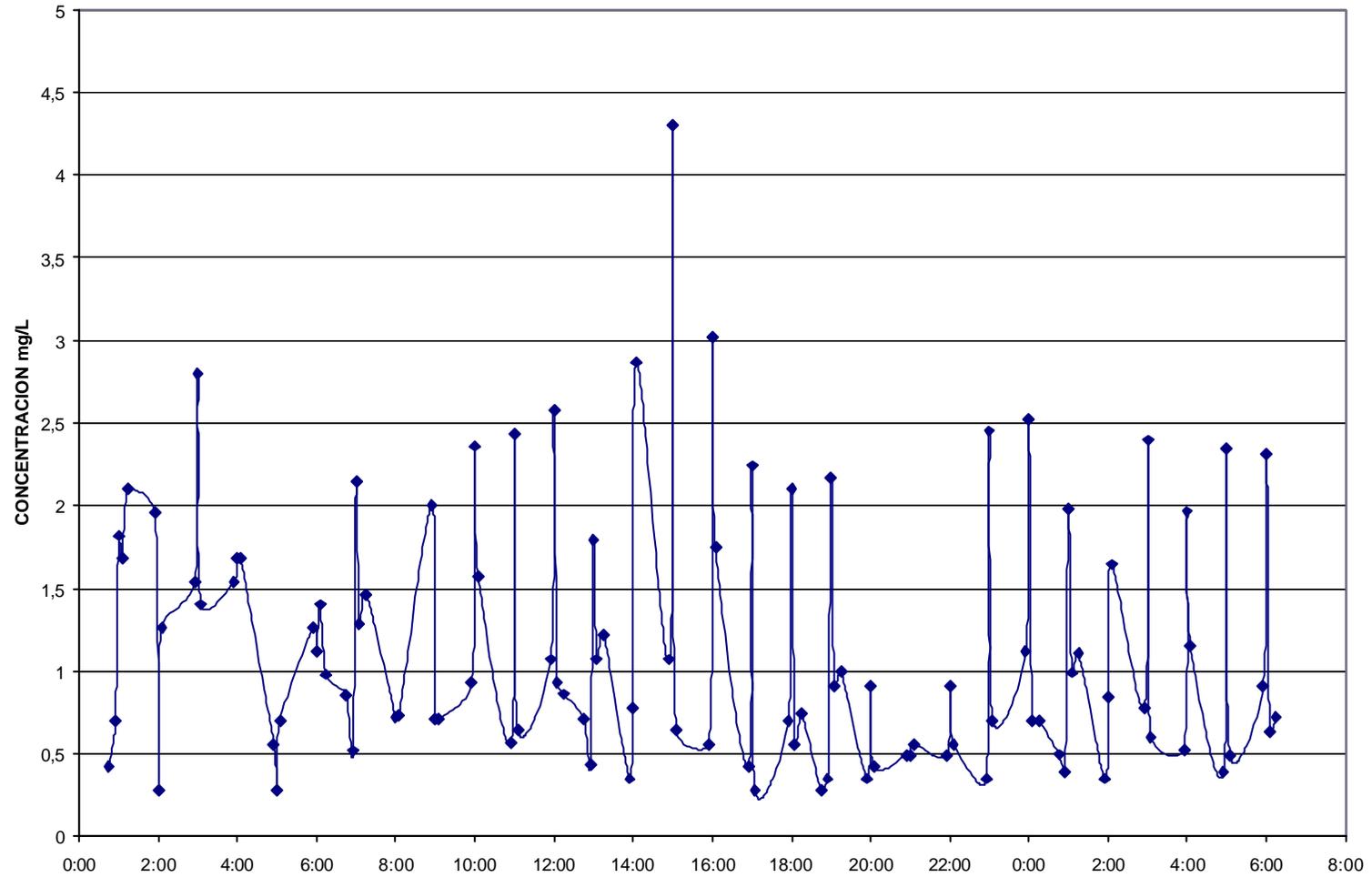
Cuadro 41. Concentraciones de nitrógeno orgánico (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
NITROGENO TOTAL	FECHA	0,42 19-Feb	0,70 19-Feb	1,82 19-Feb	1,68 19-Feb	2,10 19-Feb	1,96 21-Feb	0,28 21-Feb	1,26 21-Feb	1,54 25-Feb	2,80 25-Feb	1,40 25-Feb
	FECHA	0,852 11-Mar	0,516 11-Mar	2,148 11-Mar	1,284 11-Mar	1,464 11-Mar	0,72 18-Mar	0,72 18-Mar	0,73 18-Mar	2 18-Mar	0,71 18-Mar	0,71 18-Mar
	FECHA	0,71 05-Jun	0,43 05-Jun	1,79 05-Jun	1,07 05-Jun	1,22 05-Jun	0,35 12-Jun	0,78 12-Jun	2,87 12-Jun	1,07 12-Jun	4,3 12-Jun	0,64 12-Jun
	FECHA	0,28 03-Jul	0,35 03-Jul	2,17 03-Jul	0,91 03-Jul	1 03-Jul	0,35 10-Jul	0,91 10-Jul	0,42 10-Jul	0,49 10-Jul	0,49 10-Jul	0,56 10-Jul
	FECHA	0,495 31-Jul	0,39 31-Jul	1,98 31-Jul	0,99 31-Jul	1,11 31-Jul	0,35 07-Ago	0,845 07-Ago	1,645 07-Ago	0,78 07-Ago	2,395 07-Ago	0,6 07-Ago

Cuadro 41. Concentraciones de nitrógeno orgánico (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
NITROGENO TOTAL	FECHA	1,54 27-Feb	1,68 27-Feb	1,68 27-Feb	0,56 04-Mar	0,28 04-Mar	0,70 04-Mar	1,26 05-Mar	1,12 05-Mar	1,40 05-Mar	0,98 05-Mar
	FECHA	0,93 18-Mar	2,36 18-Mar	1,57 18-Mar	0,57 19-Mar	2,43 19-Mar	0,64 19-Mar	1,07 25-Mar	2,58 25-Mar	0,93 25-Mar	0,86 25-Mar
	FECHA	0,56 19-Jun	3,02 19-Jun	1,75 19-Jun	0,42 19-Jun	2,24 19-Jun	0,28 19-Jun	0,7 26-Jun	2,1 26-Jun	0,56 26-Jun	0,74 26-Jun
	FECHA	0,49 17-Jul	0,91 17-Jul	0,56 17-Jul	0,35 17-Jul	2,45 17-Jul	0,7 17-Jul	1,12 24-Jul	2,52 24-Jul	0,7 24-Jul	0,7 24-Jul
	FECHA	0,525 14-Ago	1,965 14-Ago	1,155 14-Ago	0,385 14-Ago	2,345 14-Ago	0,49 14-Ago	0,91 21-Ago	2,31 21-Ago	0,63 21-Ago	0,72 21-Ago

FIGURA 21 VARIACION HORARIA DE NITROGENO ORGANICO



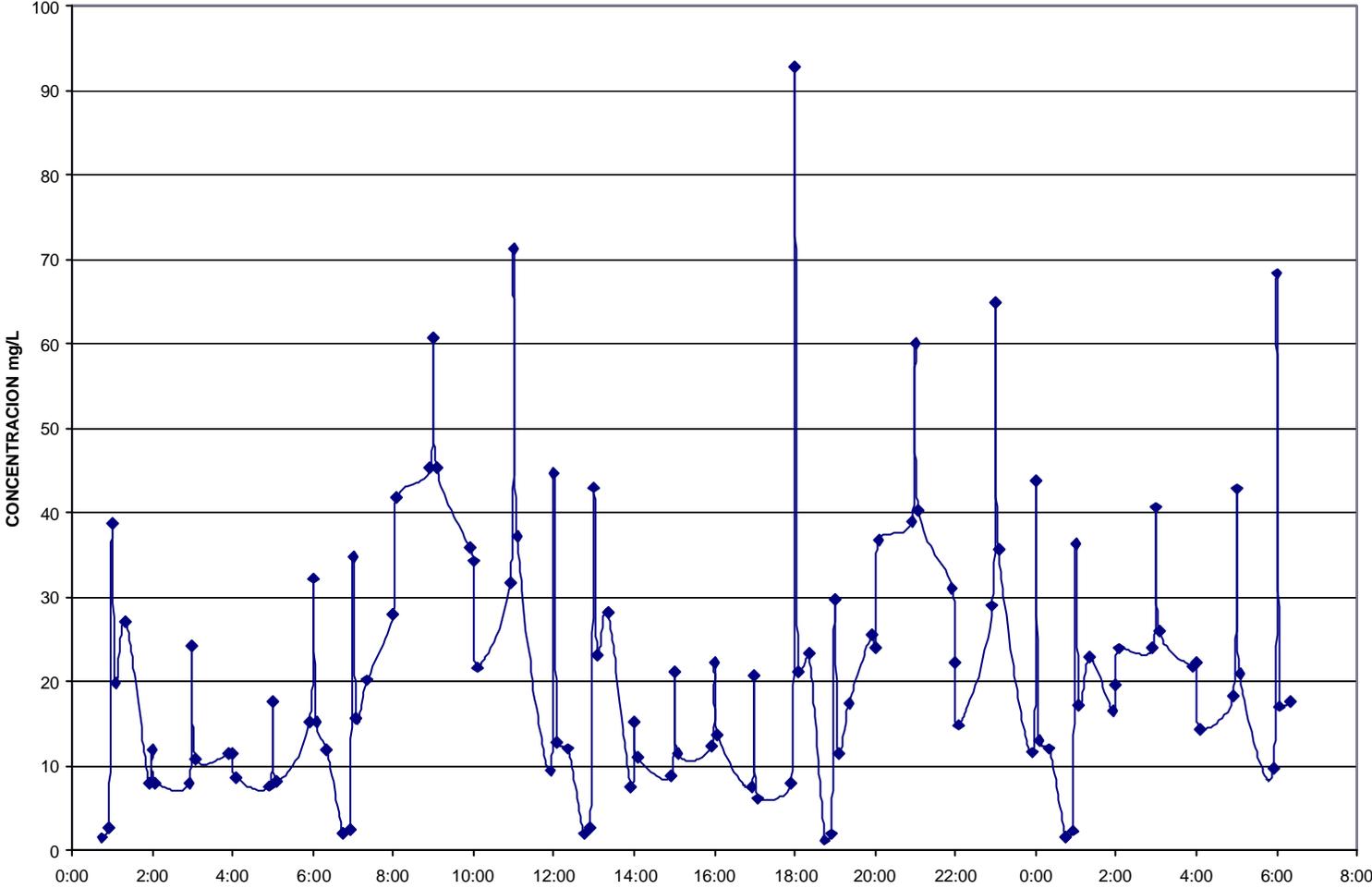
Cuadro 42. Concentraciones de nitrógeno total (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
NITROGENO TOTAL	FECHA	1,48 19-Feb	2,60 19-Feb	38,67 19-Feb	19,82 19-Feb	27,11 19-Feb	7,90 21-Feb	11,98 21-Feb	8,00 21-Feb	8,00 25-Feb	24,24 25-Feb	10,87 25-Feb
	FECHA	1,97985 11-Mar	2,5224 11-Mar	34,77 11-Mar	15,615 11-Mar	20,1513 11-Mar	29,2823 18-Mar	28,021 18-Mar	41,7058 18-Mar	45,25 18-Mar	60,77705 18-Mar	45,2651 18-Mar
	FECHA	1,913 05-Jun	2,742 05-Jun	42,968 05-Jun	23,05 05-Jun	28,154 05-Jun	7,584 12-Jun	15,16 12-Jun	11,034 12-Jun	8,907 12-Jun	21,139 12-Jun	11,498 12-Jun
	FECHA	1,232 03-Jul	1,899 03-Jul	29,76 03-Jul	11,445 03-Jul	17,467 03-Jul	25,468 10-Jul	23,946 10-Jul	36,744 10-Jul	38,911 10-Jul	60,047 10-Jul	40,292 10-Jul
	FECHA	1,5725 31-Jul	2,3205 31-Jul	36,364 31-Jul	17,2475 31-Jul	22,8105 31-Jul	16,526 07-Ago	19,553 07-Ago	23,889 07-Ago	23,909 07-Ago	40,593 07-Ago	25,895 07-Ago

Cuadro 42. Concentraciones de nitrógeno total (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
NITROGENO TOTAL	FECHA	11,43 27-Feb	11,50 27-Feb	8,60 27-Feb	7,60 04-Mar	17,70 04-Mar	8,14 04-Mar	15,26 05-Mar	32,22 05-Mar	15,18 05-Mar	11,87 05-Mar
	FECHA	35,84825 18-Mar	34,22235 18-Mar	21,6881 18-Mar	31,7578 19-Mar	71,23455 19-Mar	37,2328 19-Mar	9,399 25-Mar	44,615 25-Mar	12,861 25-Mar	12,0433 25-Mar
	FECHA	12,295 19-Jun	22,233 19-Jun	13,648 19-Jun	7,544 19-Jun	20,629 19-Jun	6,104 19-Jun	7,935 26-Jun	92,857 26-Jun	21,089 26-Jun	23,328 26-Jun
	FECHA	31,092 17-Jul	22,213 17-Jul	14,862 17-Jul	28,952 17-Jul	64,953 17-Jul	35,701 17-Jul	11,572 24-Jul	43,702 24-Jul	13,049 24-Jul	12,035 24-Jul
	FECHA	21,6935 14-Ago	22,223 14-Ago	14,255 14-Ago	18,248 14-Ago	42,791 14-Ago	20,9025 14-Ago	9,7535 21-Ago	68,2795 21-Ago	17,069 21-Ago	17,6815 21-Ago
	FECHA										

FIGURA 22 VARIACIONN HORARIA DE CONCENTRACION DE NITROGENO TOTAL



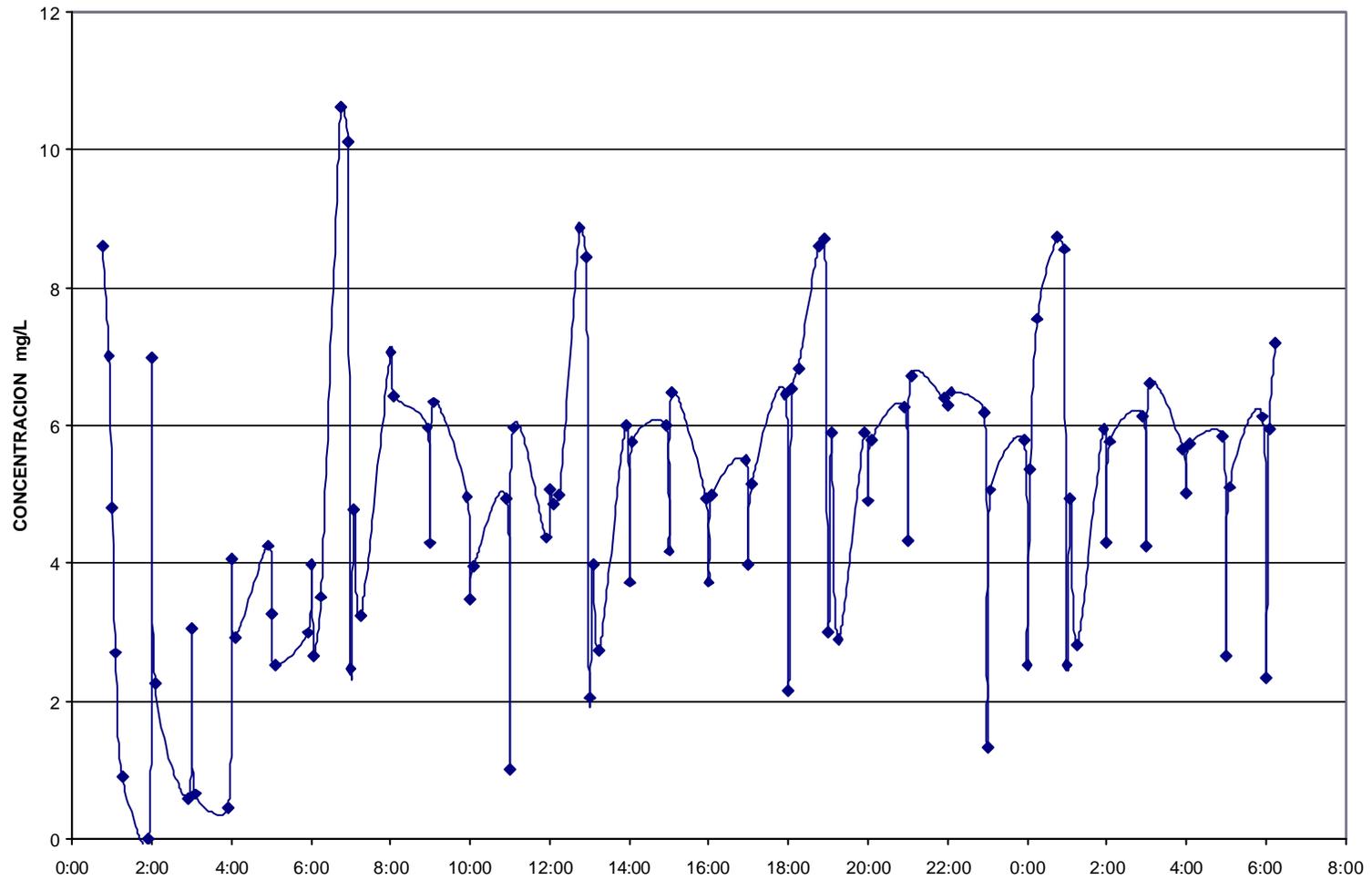
Cuadro 43. Concentraciones de oxígeno disuelto (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
OXIGENO DISUELTO	FECHA	8,60 19-Feb	7,00 19-Feb	4,80 19-Feb	2,70 19-Feb	0,90 19-Feb	0,00 21-Feb	6,99 21-Feb	2,26 21-Feb	0,59 25-Feb	3,06 25-Feb	0,66 25-Feb
	FECHA	10,62 11-Mar	10,1 11-Mar	2,47 11-Mar	4,78 11-Mar	3,24 11-Mar	6,63 18-Mar	7,06 18-Mar	6,43 18-Mar	5,96 18-Mar	4,29 18-Mar	6,33 18-Mar
	FECHA	8,86 05-Jun	8,43 05-Jun	2,06 05-Jun	3,99 05-Jun	2,73 05-Jun	5,99 12-Jun	3,73 12-Jun	5,76 12-Jun	6,01 12-Jun	4,18 12-Jun	6,48 12-Jun
	FECHA	8,6 03-Jul	8,7 03-Jul	3 03-Jul	5,9 03-Jul	2,9 03-Jul	5,9 10-Jul	4,9 10-Jul	5,79 10-Jul	6,26 10-Jul	4,32 10-Jul	6,72 10-Jul
	FECHA	8,73 31-Jul	8,56 31-Jul	2,53 31-Jul	4,94 31-Jul	2,82 31-Jul	5,94 07-Ago	4,31 07-Ago	5,77 07-Ago	6,135 07-Ago	4,25 07-Ago	6,6 07-Ago

Cuadro 43. Concentraciones de oxígeno disuelto (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
OXIGENO DISUELTO	FECHA	0,47 27-Feb	4,06 27-Feb	2,93 27-Feb	4,26 04-Mar	3,26 04-Mar	2,53 04-Mar	2,99 05-Mar	3,99 05-Mar	2,66 05-Mar	3,52 05-Mar
	FECHA	4,96 18-Mar	3,49 18-Mar	3,96 18-Mar	4,93 19-Mar	1,01 19-Mar	5,96 19-Mar	4,37 25-Mar	5,08 25-Mar	4,86 25-Mar	4,99 25-Mar
	FECHA	4,93 19-Jun	3,73 19-Jun	4,99 19-Jun	5,49 19-Jun	3,99 19-Jun	5,16 19-Jun	6,46 26-Jun	2,16 26-Jun	6,53 26-Jun	6,83 26-Jun
	FECHA	6,39 17-Jul	6,29 17-Jul	6,49 17-Jul	6,19 17-Jul	1,33 17-Jul	5,06 17-Jul	5,79 24-Jul	2,53 24-Jul	5,36 24-Jul	7,55 24-Jul
	FECHA	5,66 14-Ago	5,01 14-Ago	5,74 14-Ago	5,84 14-Ago	2,66 14-Ago	5,11 14-Ago	6,12 21-Ago	2,34 21-Ago	5,94 21-Ago	7,19 21-Ago

FIGURA 23 VARIACION HORARIA DE OXIGENO DISUELTO



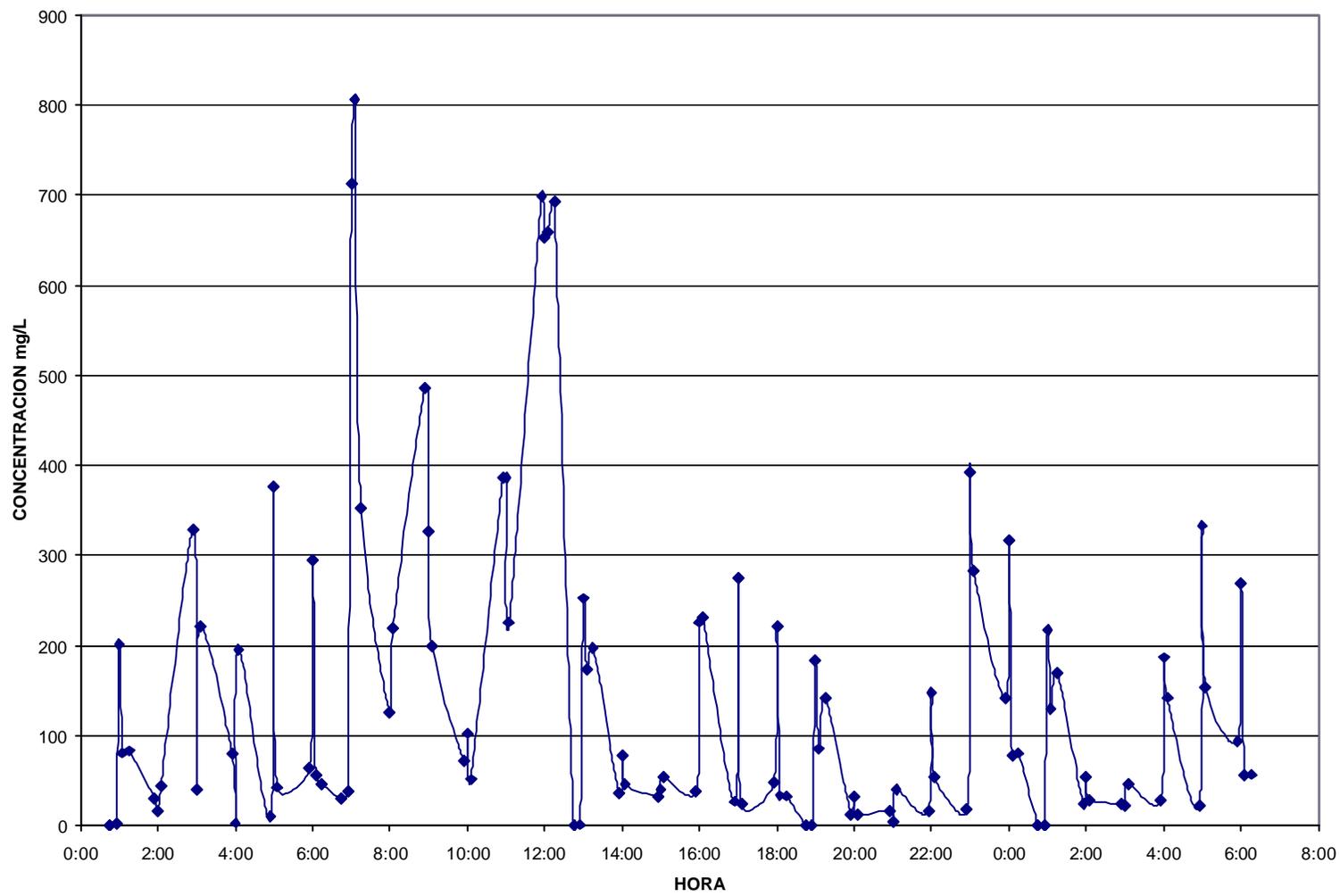
Cuadro 44. Concentraciones de DBO5 (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
DBO5	FECHA	0,00 19-Feb	2,80 19-Feb	202,00 19-Feb	80,80 19-Feb	83,00 19-Feb	31,00 21-Feb	15,70 21-Feb	44,00 21-Feb	328,00 25-Feb	39,60 25-Feb	222,00 25-Feb
	FECHA	30,60 11-Mar	37,60 11-Mar	712,60 11-Mar	806,00 11-Mar	352,90 11-Mar	173,16 18-Mar	126,50 18-Mar	219,70 18-Mar	486,10 18-Mar	326,30 18-Mar	199,80 18-Mar
	FECHA	0,4 05-Jun	1,5 05-Jun	252 05-Jun	174 05-Jun	198 05-Jun	37 12-Jun	78,2 12-Jun	46,2 12-Jun	32,6 12-Jun	40,2 12-Jun	53,6 12-Jun
	FECHA	0 03-Jul	0,4 03-Jul	183 03-Jul	85 03-Jul	142 03-Jul	12,6 10-Jul	31,6 10-Jul	12 10-Jul	16,9 10-Jul	4,52 10-Jul	40 10-Jul
	FECHA	0,2 31-Jul	0,95 31-Jul	217,5 31-Jul	129,5 31-Jul	170 31-Jul	24,8 07-Ago	54,9 07-Ago	29,1 07-Ago	24,75 07-Ago	22,36 07-Ago	46,8 07-Ago

Cuadro 44. Concentraciones de DBO5 (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DBO5	FECHA	80,00 27-Feb	3,16 27-Feb	196,00 27-Feb	11,00 04-Mar	377,00 04-Mar	43,20 04-Mar	63,40 05-Mar	295,00 05-Mar	56,60 05-Mar	45,40 05-Mar
	FECHA	72,40 18-Mar	102,80 18-Mar	51,30 18-Mar	386,00 19-Mar	386,00 19-Mar	226,00 19-Mar	699,30 25-Mar	652,60 25-Mar	659,30 25-Mar	692,60 25-Mar
	FECHA	38,4 19-Jun	226 19-Jun	231 19-Jun	27,2 19-Jun	275 19-Jun	24,6 19-Jun	48,2 26-Jun	222 26-Jun	33,4 26-Jun	33,2 26-Jun
	FECHA	16,9 17-Jul	147 17-Jul	54,4 17-Jul	18,9 17-Jul	392 17-Jul	283 17-Jul	141 24-Jul	316 24-Jul	78 24-Jul	81 24-Jul
	FECHA	27,65 14-Ago	186,5 14-Ago	142,7 14-Ago	23,05 14-Ago	333,5 14-Ago	153,8 14-Ago	94,6 21-Ago	269 21-Ago	55,7 21-Ago	57,1 21-Ago

FIGURA 24 VARIACION HORARIA DE DBO5



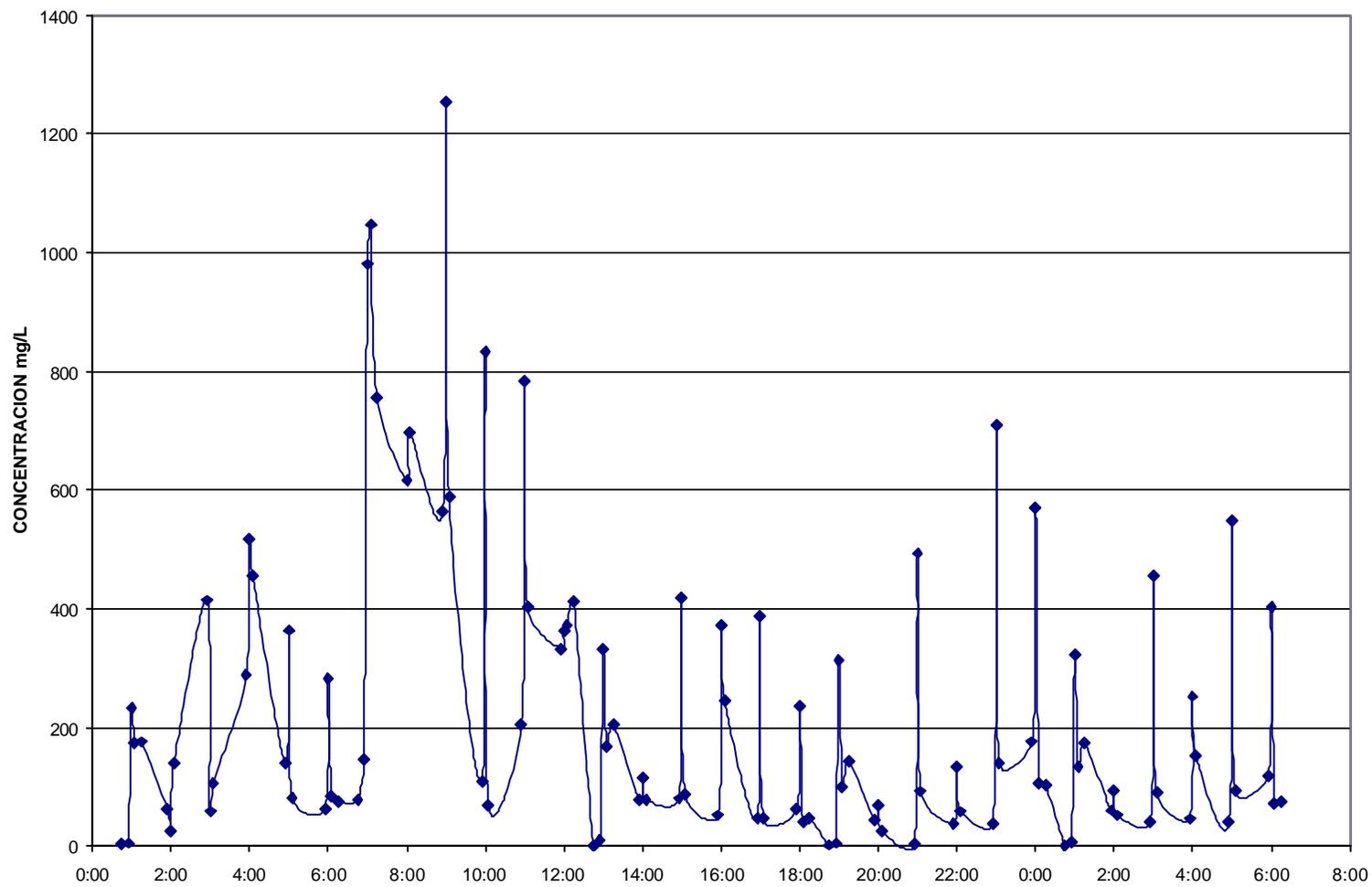
Cuadro 45. Concentraciones de DQO (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
DQO	FECHA	3,00 19-Feb	5,00 19-Feb	233,00 19-Feb	175,00 19-Feb	176,00 19-Feb	63,00 21-Feb	25,00 21-Feb	140,00 21-Feb	414,00 25-Feb	58,00 25-Feb	106,00 25-Feb
	FECHA	78,40 11-Mar	147,00 11-Mar	980,00 11-Mar	1048,00 11-Mar	754,60 11-Mar	197,80 18-Mar	617,40 18-Mar	695,80 18-Mar	564,00 18-Mar	1254,00 18-Mar	588,00 18-Mar
	FECHA	1 05-Jun	9 05-Jun	331 05-Jun	167 05-Jun	204 05-Jun	78 12-Jun	115 12-Jun	78 12-Jun	80 12-Jun	418 12-Jun	88 12-Jun
	FECHA	2 03-Jul	5 03-Jul	314 03-Jul	99 03-Jul	143 03-Jul	44 10-Jul	70 10-Jul	26 10-Jul	3,2 10-Jul	494 10-Jul	92 10-Jul
	FECHA	1,5 31-Jul	7 31-Jul	322,5 31-Jul	133 31-Jul	173,5 31-Jul	61 07-Ago	92,5 07-Ago	52 07-Ago	41,6 07-Ago	456 07-Ago	90 07-Ago

Cuadro 45. Concentraciones de DQO (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
DQO	FECHA	288,00 27-Feb	518,00 27-Feb	456,00 27-Feb	139,00 04-Mar	364,00 04-Mar	82,00 04-Mar	62,00 05-Mar	281,00 05-Mar	83,00 05-Mar	75,00 05-Mar
	FECHA	107,80 18-Mar	833,00 18-Mar	68,60 18-Mar	205,00 19-Mar	784,00 19-Mar	401,80 19-Mar	332,20 25-Mar	362,60 25-Mar	372,40 25-Mar	411,60 25-Mar
	FECHA	52 19-Jun	371 19-Jun	246 19-Jun	46 19-Jun	387 19-Jun	46 19-Jun	62 26-Jun	237 26-Jun	40 26-Jun	46 26-Jun
	FECHA	39 17-Jul	134 17-Jul	58 17-Jul	38 17-Jul	709 17-Jul	140 17-Jul	176 24-Jul	570 24-Jul	105 24-Jul	102 24-Jul
	FECHA	45,5 14-Ago	252,5 14-Ago	152 14-Ago	42 14-Ago	548 14-Ago	93 14-Ago	119 21-Ago	403,5 21-Ago	72,5 21-Ago	74 21-Ago

FIGURA 25 VARIACION HORARIA DE DQO



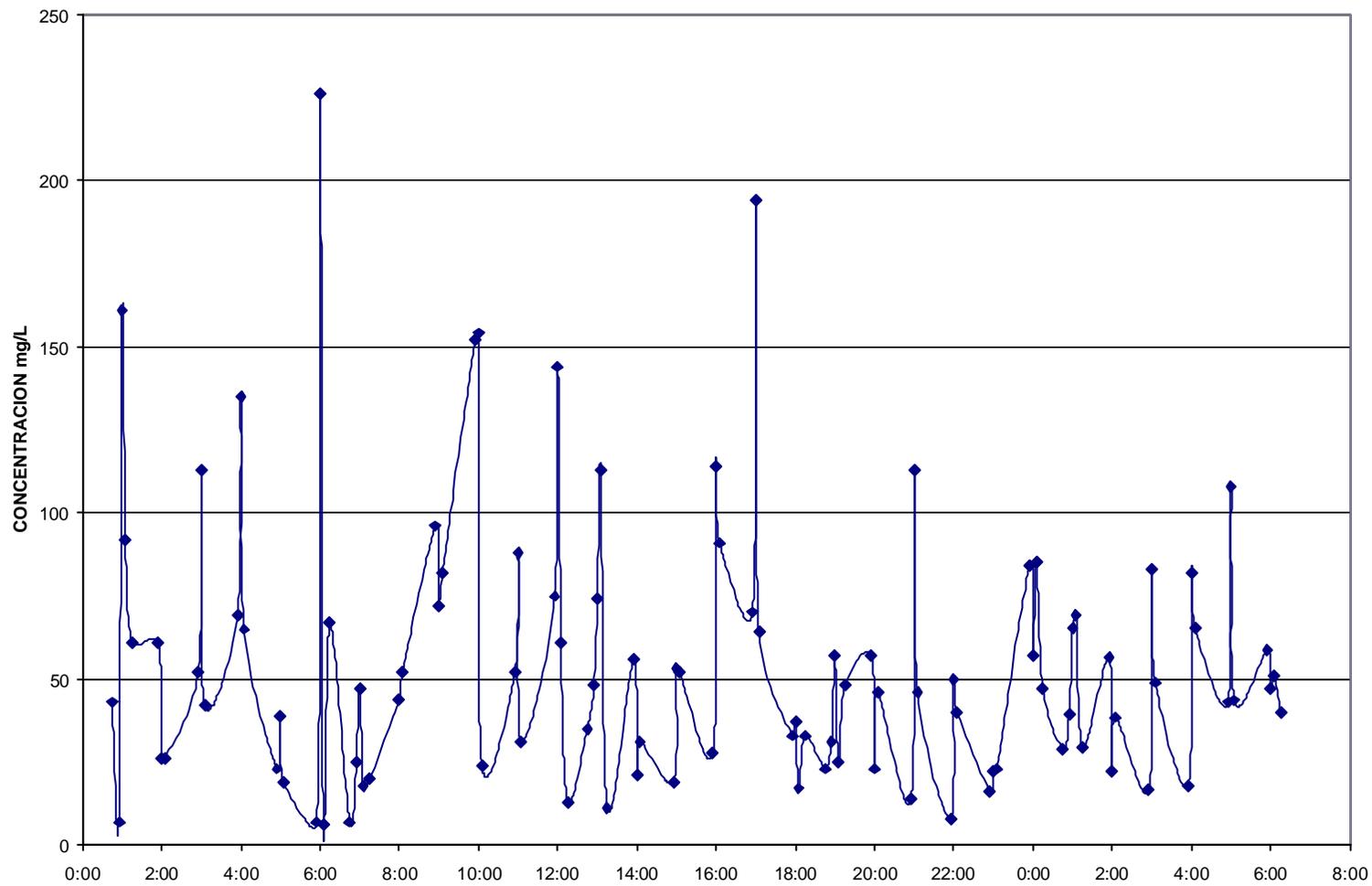
Cuadro 46. Concentraciones de sólidos suspendidos totales (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
SST	FECHA	43,00 19-Feb	7,00 19-Feb	161,00 19-Feb	92,00 19-Feb	61,00 19-Feb	61,00 21-Feb	26,00 21-Feb	26,00 21-Feb	52,00 25-Feb	113,00 25-Feb	42,00 25-Feb
	FECHA	7 11-Mar	25 11-Mar	47 11-Mar	18 11-Mar	20 11-Mar	83 18-Mar	44 18-Mar	52 18-Mar	96 18-Mar	72 18-Mar	82 18-Mar
	FECHA	35 05-Jun	48 05-Jun	74 05-Jun	113 05-Jun	11 05-Jun	56 12-Jun	21 12-Jun	31 12-Jun	19 12-Jun	53 12-Jun	52 12-Jun
	FECHA	23 03-Jul	31 03-Jul	57 03-Jul	25 03-Jul	48 03-Jul	57 10-Jul	23 10-Jul	46 10-Jul	14 10-Jul	113 10-Jul	46 10-Jul
	FECHA	29 31-Jul	39,5 31-Jul	65,5 31-Jul	69 31-Jul	29,5 31-Jul	56,5 07-Ago	22 07-Ago	38,5 07-Ago	16,5 07-Ago	83 07-Ago	49 07-Ago

Cuadro 46. Concentraciones de sólidos suspendidos totales (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SST	FECHA	69,00 27-Feb	135,00 27-Feb	65,00 27-Feb	23,00 04-Mar	39,00 04-Mar	19,00 04-Mar	7,00 05-Mar	226,00 05-Mar	6,00 05-Mar	67,00 05-Mar
	FECHA	152 18-Mar	154 18-Mar	24 18-Mar	52 19-Mar	88 19-Mar	31 19-Mar	75 25-Mar	144 25-Mar	61 25-Mar	13 25-Mar
	FECHA	28 19-Jun	114 19-Jun	91 19-Jun	70 19-Jun	194 19-Jun	64 19-Jun	33 26-Jun	37 26-Jun	17 26-Jun	33 26-Jun
	FECHA	8 17-Jul	50 17-Jul	40 17-Jul	16 17-Jul	22 17-Jul	23 17-Jul	84 24-Jul	57 24-Jul	85 24-Jul	47 24-Jul
	FECHA	18 14-Ago	82 14-Ago	65,5 14-Ago	43 14-Ago	108 14-Ago	43,5 14-Ago	58,5 21-Ago	47 21-Ago	51 21-Ago	40 21-Ago

FIGURA 26 VARICACION HORARIA DE LA CONCENTRACION SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES



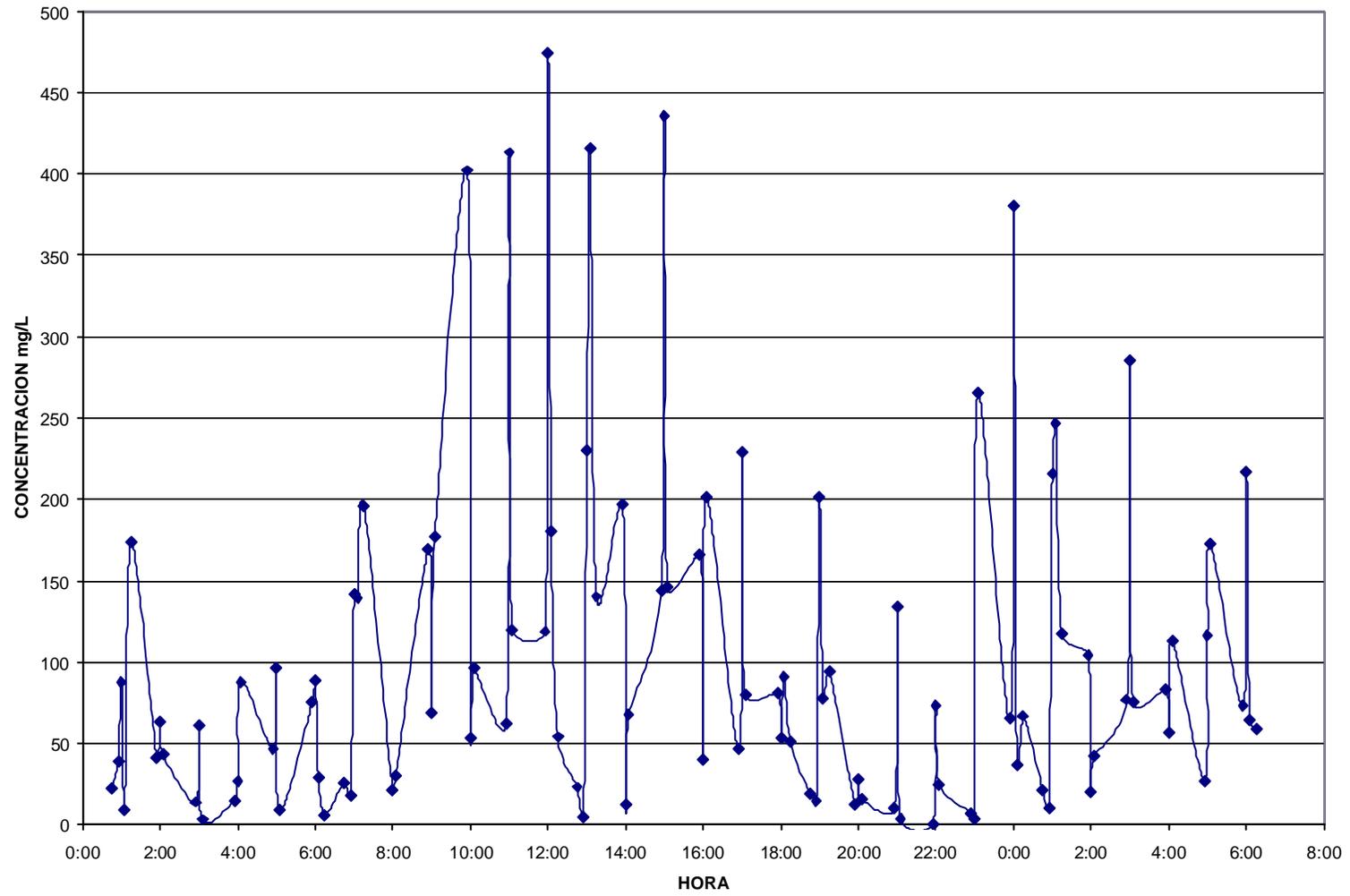
Cuadro 47. Concentraciones de sólidos suspendidos volátiles (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	FECHA	22,00 19-Feb	39,00 19-Feb	88,00 19-Feb	9,00 19-Feb	174,00 19-Feb	41,00 21-Feb	63,00 21-Feb	43,00 21-Feb	14,00 25-Feb	61,00 25-Feb	3,00 25-Feb
	FECHA	26 11-Mar	18 11-Mar	142 11-Mar	139 11-Mar	196 11-Mar	90 18-Mar	21 18-Mar	30 18-Mar	169 18-Mar	69 18-Mar	177 18-Mar
	FECHA	23 05-Jun	5 05-Jun	230 05-Jun	416 05-Jun	140 05-Jun	197 12-Jun	12 12-Jun	68 12-Jun	144 12-Jun	436 12-Jun	146 12-Jun
	FECHA	19 03-Jul	15 03-Jul	201 03-Jul	78 03-Jul	94 03-Jul	12 10-Jul	28 10-Jul	16 10-Jul	10 10-Jul	134 10-Jul	4 10-Jul
	FECHA	21 31-Jul	10 31-Jul	215,5 31-Jul	247 31-Jul	117 31-Jul	104,5 07-Ago	20 07-Ago	42 07-Ago	77 07-Ago	285 07-Ago	75 07-Ago

Cuadro 47. Concentraciones de sólidos suspendidos volátiles (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
SÓLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES	FECHA	15,00 27-Feb	27,00 27-Feb	88,00 27-Feb	47,00 04-Mar	96,00 04-Mar	9,00 04-Mar	75,00 05-Mar	89,00 05-Mar	29,00 05-Mar	6,00 05-Mar
	FECHA	402 18-Mar	53 18-Mar	96 18-Mar	62 19-Mar	413 19-Mar	120 19-Mar	119 25-Mar	474 25-Mar	180 25-Mar	54 25-Mar
	FECHA	166 19-Jun	40 19-Jun	201 19-Jun	47 19-Jun	229 19-Jun	80 19-Jun	81 26-Jun	53 26-Jun	91 26-Jun	51 26-Jun
	FECHA	0 17-Jul	73 17-Jul	25 17-Jul	7 17-Jul	4 17-Jul	265 17-Jul	65 24-Jul	380 24-Jul	37 24-Jul	67 24-Jul
	FECHA	83 14-Ago	56,5 14-Ago	113 14-Ago	27 14-Ago	116,5 14-Ago	172,5 14-Ago	73 21-Ago	216,5 21-Ago	64 21-Ago	59 21-Ago

FIGURA 27 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION SOLIDOS SUSPENDIDOS VOLATILES



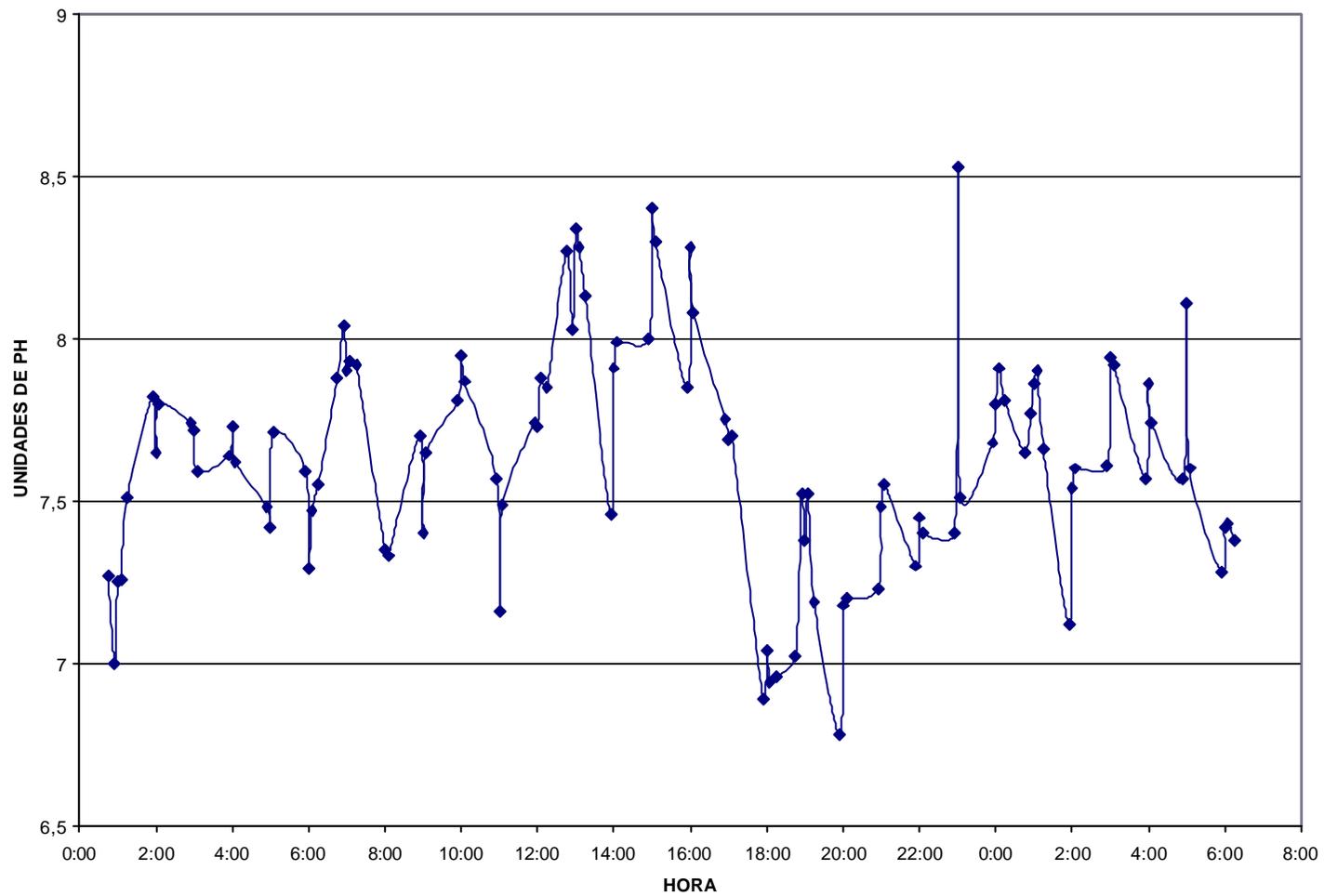
Cuadro 48. Valores de PH (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
PH	FECHA	7,27 19-Feb	7,00 19-Feb	7,25 19-Feb	7,26 19-Feb	7,51 19-Feb	7,82 21-Feb	7,65 21-Feb	7,80 21-Feb	7,74 21-Feb	7,72 21-Feb	7,59 21-Feb
	FECHA	7,88 11-Mar	8,04 11-Mar	7,90 11-Mar	7,93 11-Mar	7,92 11-Mar	7,24 18-Mar	7,35 18-Mar	7,33 18-Mar	7,70 18-Mar	7,40 18-Mar	7,65 18-Mar
	FECHA	8,27 05-Jun	8,03 05-Jun	8,34 05-Jun	8,28 05-Jun	8,13 05-Jun	7,46 12-Jun	7,91 12-Jun	7,99 12-Jun	8 12-Jun	8,4 12-Jun	8,3 12-Jun
	FECHA	7,02 03-Jul	7,52 03-Jul	7,38 03-Jul	7,52 03-Jul	7,19 03-Jul	6,78 10-Jul	7,18 10-Jul	7,2 10-Jul	7,23 10-Jul	7,48 10-Jul	7,55 10-Jul
	FECHA	7,65 31-Jul	7,77 31-Jul	7,86 31-Jul	7,9 31-Jul	7,66 31-Jul	7,12 07-Ago	7,54 07-Ago	7,6 07-Ago	7,61 07-Ago	7,94 07-Ago	7,92 07-Ago

Cuadro 48. Valores de PH (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
PH	FECHA	7,64 27-Feb	7,73 27-Feb	7,62 27-Feb	7,48 04-Mar	7,42 04-Mar	7,71 04-Mar	7,59 05-Mar	7,29 05-Mar	7,47 05-Mar	7,55 05-Mar
	FECHA	7,81 18-Mar	7,95 18-Mar	7,87 18-Mar	7,57 19-Mar	7,16 19-Mar	7,49 19-Mar	7,74 25-Mar	7,73 25-Mar	7,88 25-Mar	7,85 25-Mar
	FECHA	7,85 19-Jun	8,28 19-Jun	8,08 19-Jun	7,75 19-Jun	7,69 19-Jun	7,7 19-Jun	6,89 26-Jun	7,04 26-Jun	6,94 26-Jun	6,96 26-Jun
	FECHA	7,3 17-Jul	7,45 17-Jul	7,4 17-Jul	7,4 17-Jul	8,53 17-Jul	7,51 17-Jul	7,68 24-Jul	7,8 24-Jul	7,91 24-Jul	7,81 24-Jul
	FECHA	7,57 14-Ago	7,86 14-Ago	7,74 14-Ago	7,57 14-Ago	8,11 14-Ago	7,6 14-Ago	7,28 21-Ago	7,42 21-Ago	7,43 21-Ago	7,38 21-Ago

FIGURA 28 VARIACION HORARIA DE PH



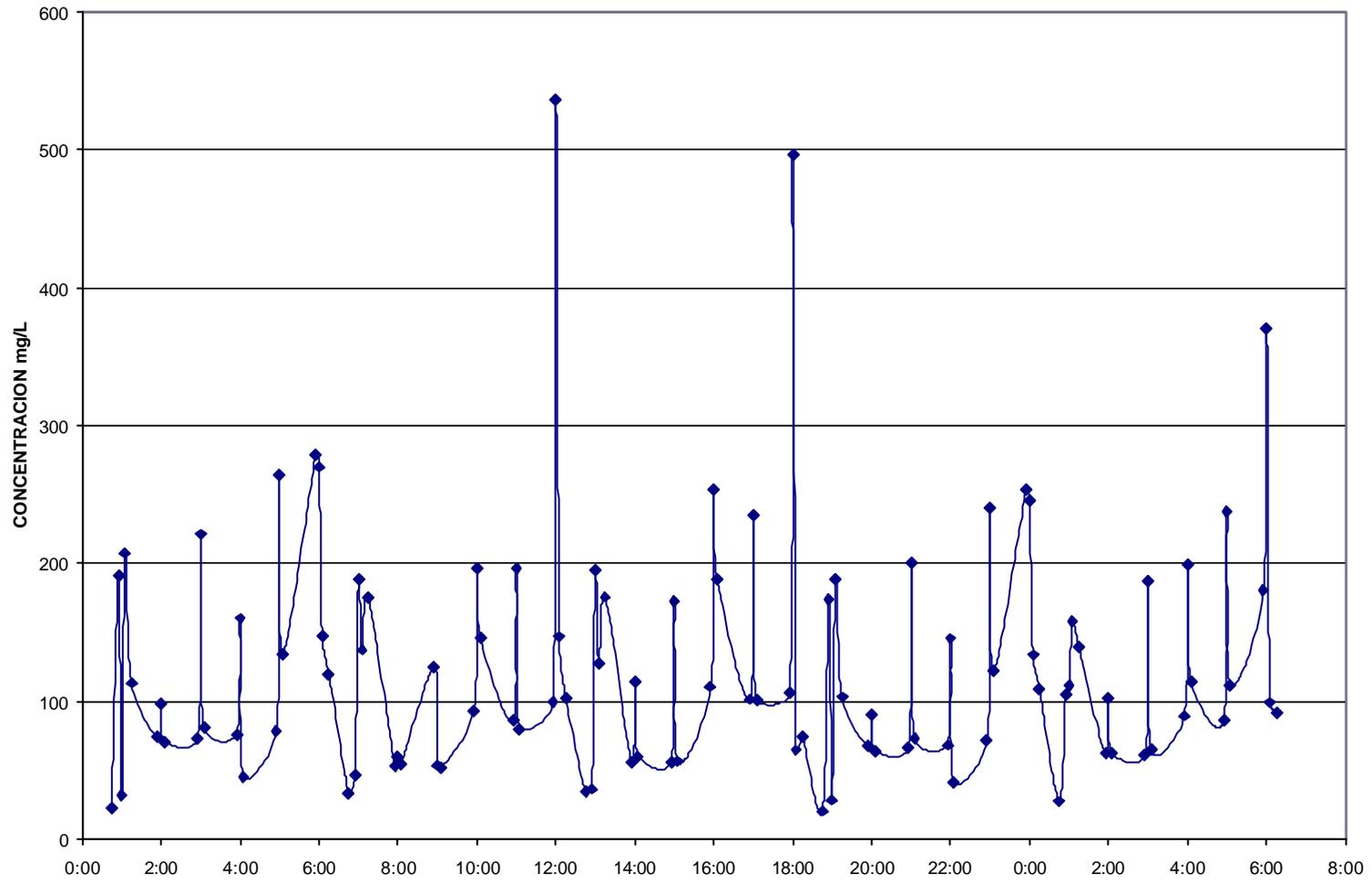
Cuadro 49. Concentraciones de alcalinidad (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
ALCALINIDAD	FECHA	22,88 19-Feb	191,18 19-Feb	31,68 19-Feb	207,68 19-Feb	113,52 19-Feb	74,58 21-Feb	99,00 21-Feb	70,62 21-Feb	73,48 25-Feb	221,10 25-Feb	80,74 25-Feb
	FECHA	33,8 11-Mar	46,8 11-Mar	188,2 11-Mar	137,6 11-Mar	175,8 11-Mar	53 18-Mar	60 18-Mar	55 18-Mar	125,2 18-Mar	54 18-Mar	52,2 18-Mar
	FECHA	34,4 05-Jun	36,8 05-Jun	194,8 05-Jun	127,6 05-Jun	176 05-Jun	56,4 12-Jun	114 12-Jun	60,4 12-Jun	56,2 12-Jun	173 12-Jun	56,6 12-Jun
	FECHA	20,8 03-Jul	173,8 03-Jul	28,8 03-Jul	188,8 03-Jul	103,2 03-Jul	67,8 10-Jul	90 10-Jul	64,2 10-Jul	66,8 10-Jul	201 10-Jul	73,4 10-Jul
	FECHA	27,6 31-Jul	105,3 31-Jul	111,8 31-Jul	158,2 31-Jul	139,6 31-Jul	62,1 07-Ago	102 07-Ago	62,3 07-Ago	61,5 07-Ago	187 07-Ago	65 07-Ago

Cuadro 49 Concentraciones de alcalinidad (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
ALCALINIDAD	FECHA	75,46 27-Feb	160,16 27-Feb	45,32 27-Feb	78,98 04-Mar	264,22 04-Mar	134,64 04-Mar	278,96 05-Mar	270,16 05-Mar	146,96 05-Mar	120,12 05-Mar
	FECHA	92,8 18-Mar	196,6 18-Mar	146,6 18-Mar	86,4 19-Mar	196,8 19-Mar	79,6 19-Mar	99,8 25-Mar	536 25-Mar	146,8 25-Mar	102,8 25-Mar
	FECHA	111 19-Jun	253,4 19-Jun	188,2 19-Jun	101,6 19-Jun	234,6 19-Jun	100,8 19-Jun	106,8 26-Jun	495,8 26-Jun	64,8 26-Jun	74,16 26-Jun
	FECHA	68,6 17-Jul	145,6 17-Jul	41,2 17-Jul	71,8 17-Jul	240,2 17-Jul	122,4 17-Jul	253,6 24-Jul	245,6 24-Jul	133,6 24-Jul	109,2 24-Jul
	FECHA	89,8 14-Ago	199,5 14-Ago	114,7 14-Ago	86,7 14-Ago	237,4 14-Ago	111,6 14-Ago	180,2 21-Ago	370,7 21-Ago	99,2 21-Ago	91,68 21-Ago

FIGURA 29 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION ALCALINIDAD



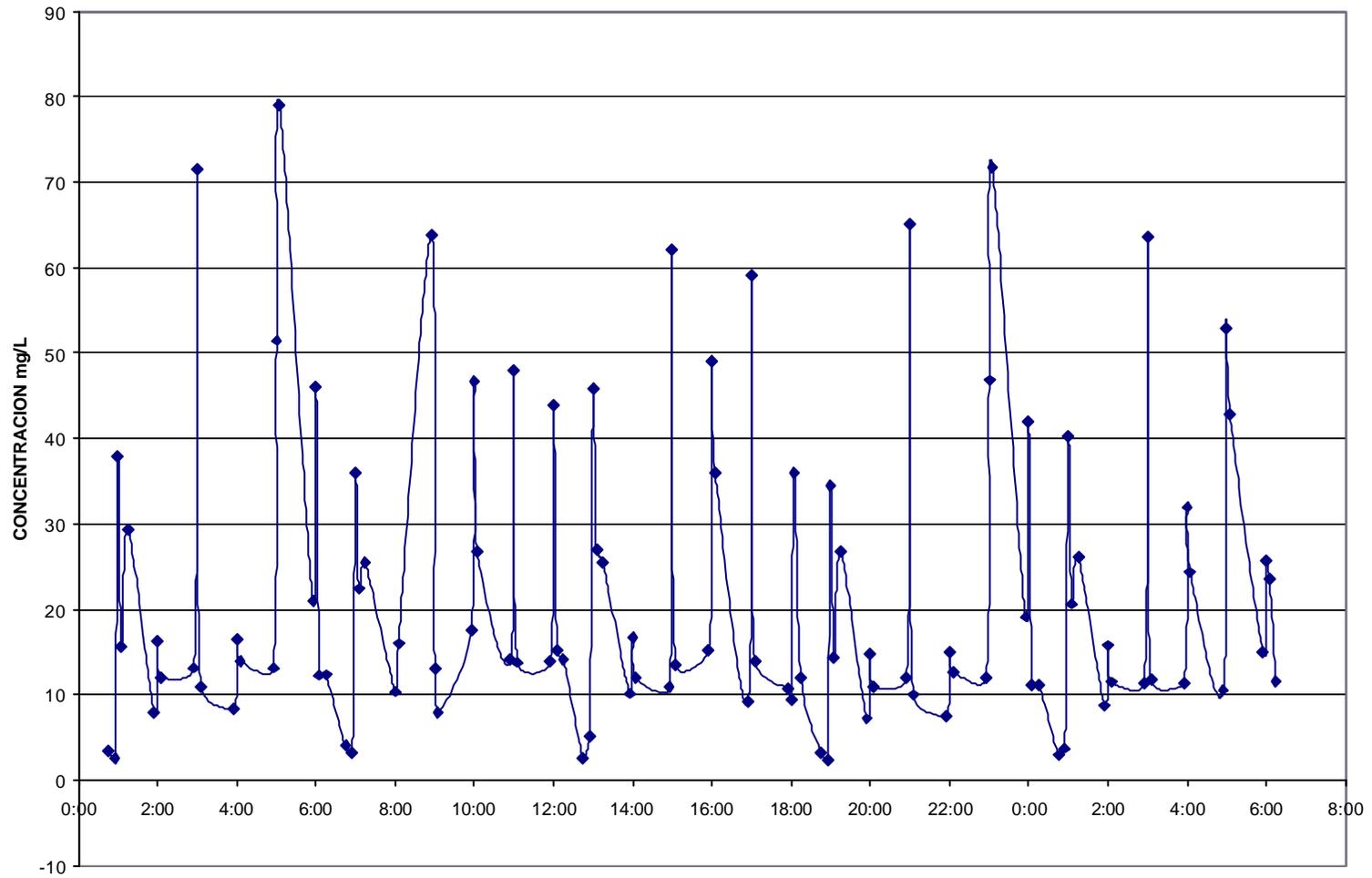
Cuadro 50. Concentraciones de cloruros (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
CLORUROS	FECHA	3,51 19-Feb	2,54 19-Feb	37,96 19-Feb	15,71 19-Feb	29,40 19-Feb	7,90 21-Feb	16,24 21-Feb	12,07 21-Feb	13,17 25-Feb	71,53 25-Feb	10,97 25-Feb
	FECHA	3,99 11-Mar	3,19 11-Mar	35,9 11-Mar	22,4 11-Mar	25,4 11-Mar	11,97 18-Mar	10,37 18-Mar	15,96 18-Mar	63,84 18-Mar	13,08 18-Mar	7,98 18-Mar
	FECHA	2,63 05-Jun	5,18 05-Jun	45,92 05-Jun	27,05 05-Jun	25,45 05-Jun	10,17 12-Jun	16,75 12-Jun	11,97 12-Jun	10,87 12-Jun	62,12 12-Jun	13,56 12-Jun
	FECHA	3,192 03-Jul	2,314 03-Jul	34,51 03-Jul	14,28 03-Jul	26,73 03-Jul	7,18 10-Jul	14,76 10-Jul	10,97 10-Jul	11,97 10-Jul	65,03 10-Jul	9,97 10-Jul
	FECHA	2,91 31-Jul	3,74 31-Jul	40,21 31-Jul	20,66 31-Jul	26,09 31-Jul	8,68 07-Ago	15,76 07-Ago	11,47 07-Ago	11,42 07-Ago	63,58 07-Ago	11,76 07-Ago

Cuadro 50. Concentraciones de cloruros (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
CLORUROS	FECHA	8,34 27-Feb	16,45 27-Feb	13,97 27-Feb	13,17 04-Mar	51,48 04-Mar	78,98 04-Mar	21,07 05-Mar	46,08 05-Mar	12,29 05-Mar	12,32 05-Mar
	FECHA	17,55 18-Mar	46,76 18-Mar	26,73 18-Mar	14,15 19-Mar	47,88 19-Mar	13,8 19-Mar	13,88 25-Mar	43,89 25-Mar	15,24 25-Mar	14,08 25-Mar
	FECHA	15,16 19-Jun	49,07 19-Jun	35,93 19-Jun	9,17 19-Jun	59,05 19-Jun	13,96 19-Jun	10,8 26-Jun	9,49 26-Jun	35,9 26-Jun	11,97 26-Jun
	FECHA	7,58 17-Jul	14,95 17-Jul	12,7 17-Jul	11,97 17-Jul	46,8 17-Jul	71,8 17-Jul	19,152 24-Jul	41,89 24-Jul	11,17 24-Jul	11,2 24-Jul
	FECHA	11,37 14-Ago	32,01 14-Ago	24,32 14-Ago	10,57 14-Ago	52,93 14-Ago	42,88 14-Ago	14,97 21-Ago	25,69 21-Ago	23,54 21-Ago	11,59 21-Ago

FIGURA 30 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION CLORUROS



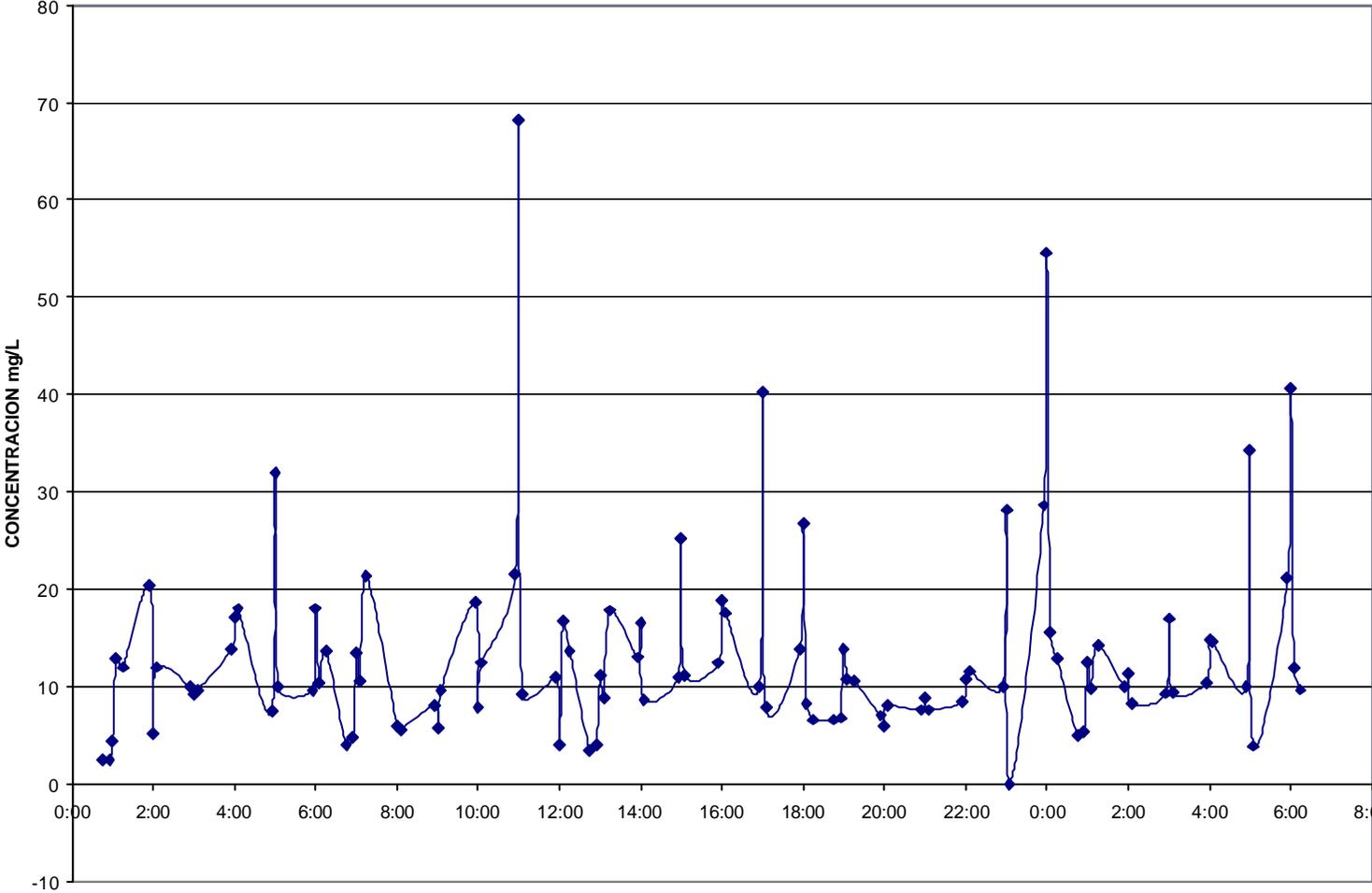
Cuadro 51. Concentraciones de acidez (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
ACIDEZ	FECHA	2,40 19-Feb	2,40 19-Feb	4,40 19-Feb	12,80 19-Feb	12,00 19-Feb	20,40 21-Feb	5,20 21-Feb	12,00 21-Feb	10,00 25-Feb	9,20 25-Feb	9,60 25-Feb
	FECHA	4,08 11-Mar	4,80 11-Mar	13,44 11-Mar	10,56 11-Mar	21,36 11-Mar	9,80 18-Mar	6,00 18-Mar	5,60 18-Mar	8,00 18-Mar	5,80 18-Mar	9,60 18-Mar
	FECHA	3,4 05-Jun	4 05-Jun	11,2 05-Jun	8,8 05-Jun	17,8 05-Jun	13 12-Jun	16,6 12-Jun	8,6 12-Jun	11 12-Jun	25,2 12-Jun	11,2 12-Jun
	FECHA	6,6 03-Jul	6,8 03-Jul	13,8 03-Jul	10,8 03-Jul	10,6 03-Jul	7 10-Jul	6 10-Jul	8 10-Jul	7,6 10-Jul	8,8 10-Jul	7,6 10-Jul
	FECHA	5 31-Jul	5,4 31-Jul	12,5 31-Jul	9,8 31-Jul	14,2 31-Jul	10 07-Ago	11,3 07-Ago	8,3 07-Ago	9,3 07-Ago	17 07-Ago	9,4 07-Ago

Cuadro 51. Concentraciones de acidez (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
ACIDEZ	FECHA	13,80 27-Feb	17,20 27-Feb	18,00 27-Feb	7,40 04-Mar	32,00 04-Mar	10,00 04-Mar	9,60 05-Mar	18,00 05-Mar	10,40 05-Mar	13,60 05-Mar
	FECHA	18,60 18-Mar	7,80 18-Mar	12,40 18-Mar	21,60 19-Mar	68,20 19-Mar	9,20 19-Mar	11,00 25-Mar	4,00 25-Mar	16,80 25-Mar	13,60 25-Mar
	FECHA	12,4 19-Jun	18,8 19-Jun	17,6 19-Jun	10 19-Jun	40,2 19-Jun	7,8 19-Jun	13,8 26-Jun	26,8 26-Jun	8,2 26-Jun	6,6 26-Jun
	FECHA	8,4 17-Jul	10,8 17-Jul	11,6 17-Jul	10 17-Jul	28,2 17-Jul	0 17-Jul	28,6 24-Jul	54,6 24-Jul	15,6 24-Jul	12,8 24-Jul
	FECHA	10,4 14-Ago	14,8 14-Ago	14,6 14-Ago	10 14-Ago	34,2 14-Ago	3,9 14-Ago	21,2 21-Ago	40,7 21-Ago	11,9 21-Ago	9,7 21-Ago

FIGURA 31 VARIACION HORARIA DE ACIDEZ



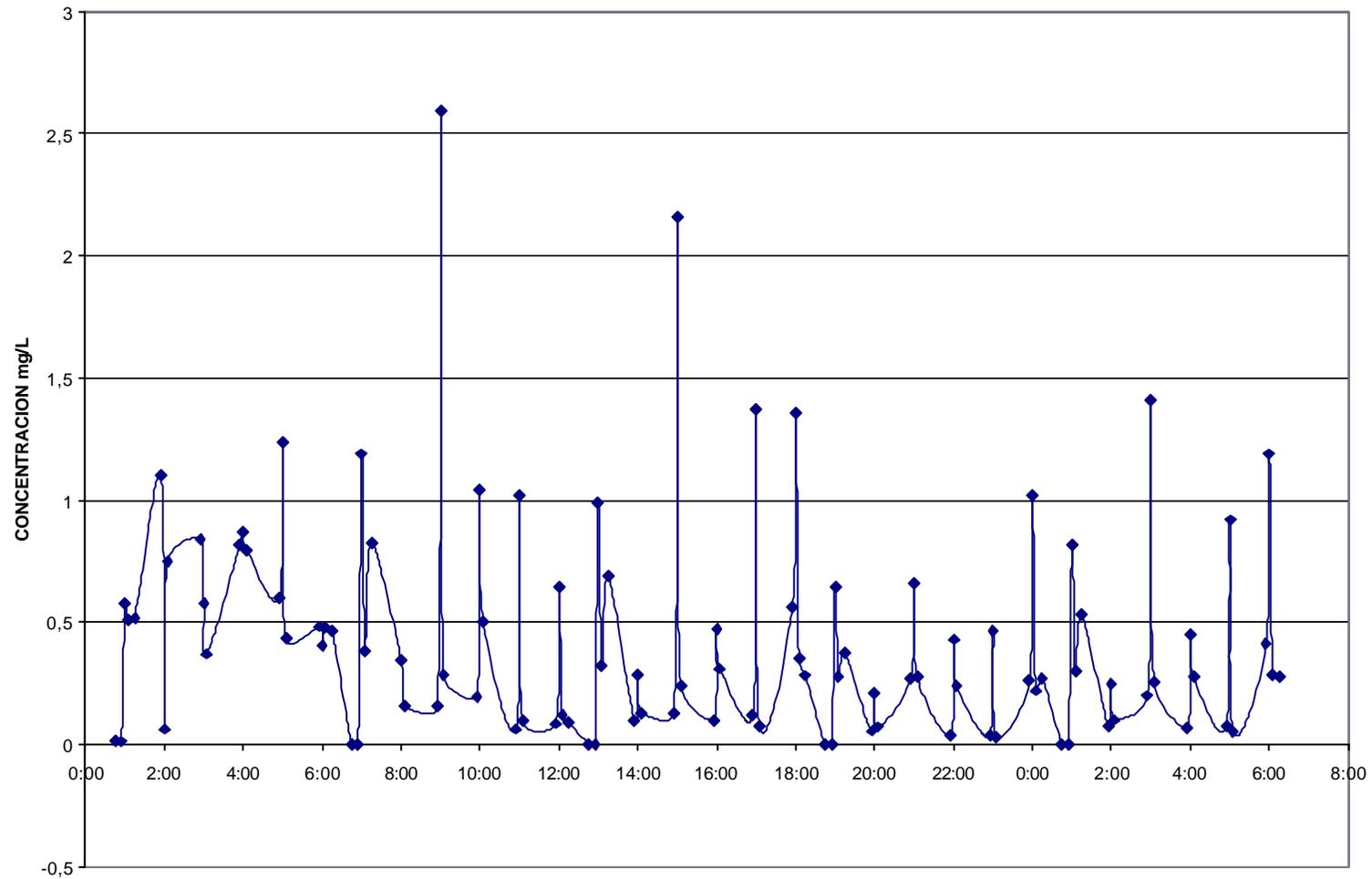
Cuadro 52. Concentraciones de fósforo total (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
FOSFORO TOTAL	FECHA	0,02 19-Feb	0,01 19-Feb	0,58 19-Feb	0,51 19-Feb	0,52 19-Feb	1,10 21-Feb	0,06 21-Feb	0,75 21-Feb	0,84 25-Feb	0,58 25-Feb	0,37 25-Feb
	FECHA	0 11-Mar	0 11-Mar	1,188 11-Mar	0,3852 11-Mar	0,8256 11-Mar	0,1152 18-Mar	0,342 18-Mar	0,156 18-Mar	0,156 18-Mar	2,592 18-Mar	0,288 18-Mar
	FECHA	0 05-Jun	0 05-Jun	0,99 05-Jun	0,321 05-Jun	0,688 05-Jun	0,096 12-Jun	0,285 12-Jun	0,13 12-Jun	0,13 12-Jun	2,16 12-Jun	0,24 12-Jun
	FECHA	0 03-Jul	0,0022 03-Jul	0,645 03-Jul	0,279 03-Jul	0,373 03-Jul	0,056 10-Jul	0,209 10-Jul	0,072 10-Jul	0,267 10-Jul	0,657 10-Jul	0,276 10-Jul
	FECHA	0 31-Jul	0,0011 31-Jul	0,8175 31-Jul	0,3 31-Jul	0,5305 31-Jul	0,076 07-Ago	0,247 07-Ago	0,101 07-Ago	0,1985 07-Ago	1,4085 07-Ago	0,258 07-Ago

Cuadro 52. Concentraciones de fósforo total (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
FOSFORO TOTAL	FECHA	0,82 27-Feb	0,87 27-Feb	0,80 27-Feb	0,60 04-Mar	1,24 04-Mar	0,43 04-Mar	0,48 05-Mar	0,41 05-Mar	0,48 05-Mar	0,47 05-Mar
	FECHA	0,193 18-Mar	1,04 18-Mar	0,5 18-Mar	0,063 19-Mar	1,021 19-Mar	0,099 19-Mar	0,0861 25-Mar	0,647 25-Mar	0,117 25-Mar	0,092 25-Mar
	FECHA	0,1 19-Jun	0,47 19-Jun	0,31 19-Jun	0,119 19-Jun	1,37 19-Jun	0,074 19-Jun	0,56 26-Jun	1,356 26-Jun	0,353 26-Jun	0,281 26-Jun
	FECHA	0,038 17-Jul	0,43 17-Jul	0,24 17-Jul	0,036 17-Jul	0,467 17-Jul	0,029 17-Jul	0,26 24-Jul	1,02 24-Jul	0,22 24-Jul	0,27 24-Jul
	FECHA	0,069 14-Ago	0,45 14-Ago	0,275 14-Ago	0,0775 14-Ago	0,9185 14-Ago	0,0515 14-Ago	0,41 21-Ago	1,188 21-Ago	0,286 21-Ago	0,275 21-Ago

FIGURA 32 VARIACION HORARIA DE LA CONCENTRACION FOSFORO TOTAL



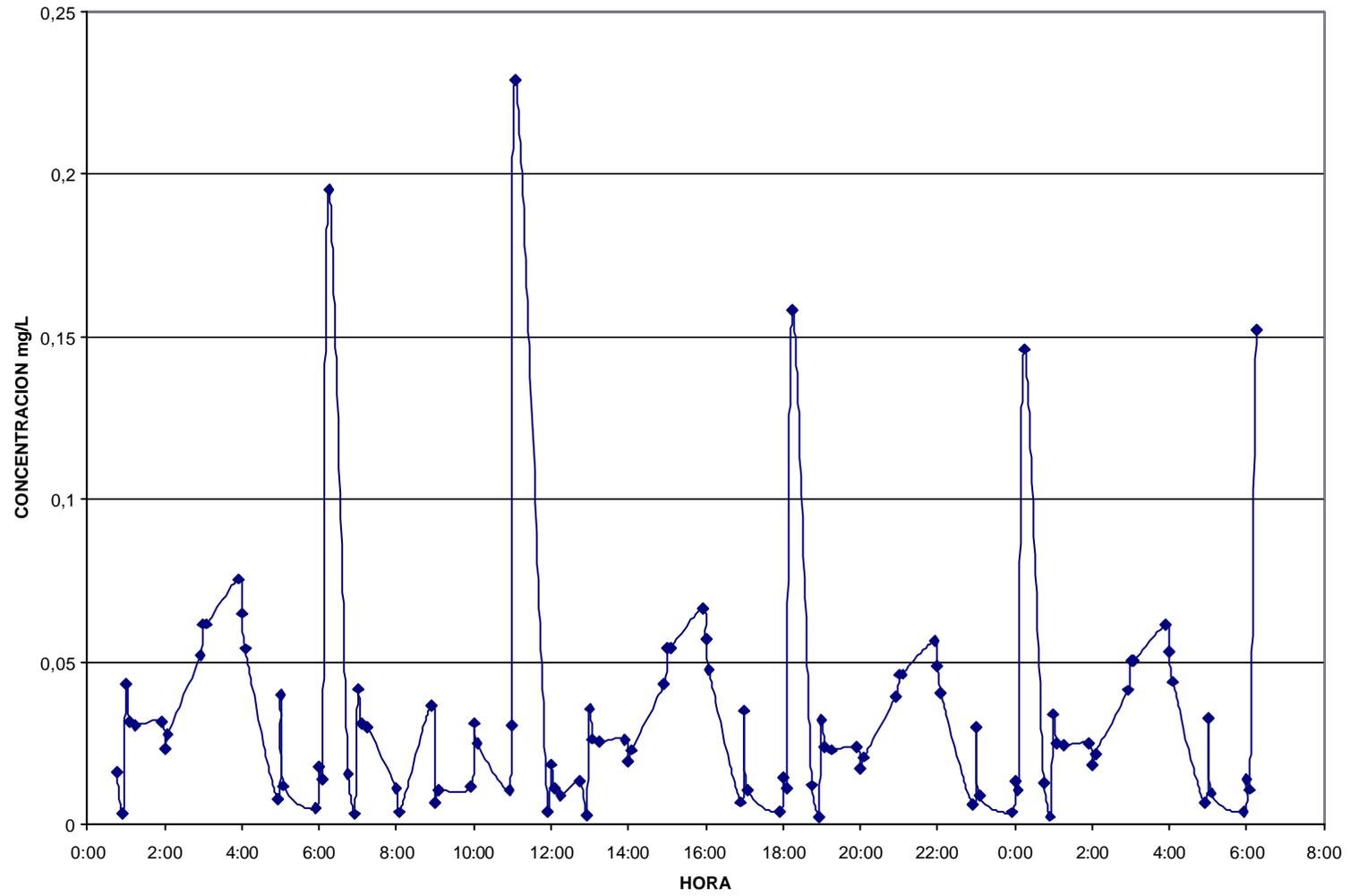
Cuadro 53. Concentraciones de grasas y aceites (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL					COLEGIO PEDAGOGICO					
		BOCATOMA	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	AV. CHILE	ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR
GRASAS Y ACEITES	FECHA	0,02 19-Feb	0,00 19-Feb	0,04 19-Feb	0,03 19-Feb	0,03 19-Feb	0,03 21-Feb	0,02 21-Feb	0,03 21-Feb	0,05 25-Feb	0,06 25-Feb	0,06 25-Feb
	FECHA	0,015617 11-Mar	0,003201 11-Mar	0,041807 11-Mar	0,030846 11-Mar	0,029779 11-Mar	0,0086 18-Mar	0,011 18-Mar	0,0037 18-Mar	0,0368 18-Mar	0,0068 18-Mar	0,0105 18-Mar
	FECHA	0,013363 05-Jun	0,002739 05-Jun	0,035773 05-Jun	0,026394 05-Jun	0,025481 05-Jun	0,026311 12-Jun	0,019256 12-Jun	0,022991 12-Jun	0,043409 12-Jun	0,054296 12-Jun	0,054296 12-Jun
	FECHA	0,012075 03-Jul	0,002475 03-Jul	0,032325 03-Jul	0,02385 03-Jul	0,023025 03-Jul	0,023775 10-Jul	0,0174 10-Jul	0,020775 10-Jul	0,039225 10-Jul	0,046275 10-Jul	0,046275 10-Jul
	FECHA	0,012719 31-Jul	0,002607 31-Jul	0,034049 31-Jul	0,025122 31-Jul	0,024253 31-Jul	0,025043 07-Ago	0,018328 07-Ago	0,021883 07-Ago	0,041317 07-Ago	0,050286 07-Ago	0,050286 07-Ago

Cuadro 53. Concentraciones de grasas y aceites (continuación) (mg/L)

PARAMETRO	FECHA	HOSPITAL INFANTIL			PUENTE JUANXXIII			CLUB DE TENIS			
		ANTES BOX COULVERT	EN BOX COULVERT	DESPUES BOX COULVERT	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	ANTES CIRCULAR	EN CIRCULAR	DESPUES CIRCULAR	UNIVERSIDAD DE NARIÑO
GRASAS Y ACEITES	FECHA	0,08 27-Feb	0,07 27-Feb	0,05 27-Feb	0,01 04-Mar	0,04 04-Mar	0,01 04-Mar	0,01 05-Mar	0,02 05-Mar	0,01 05-Mar	0,20 05-Mar
	FECHA	0,0116 18-Mar	0,0313 18-Mar	0,0251 18-Mar	0,0105 19-Mar	0,0305 19-Mar	0,229 19-Mar	0,0042 25-Mar	0,0186 25-Mar	0,0113 25-Mar	0,009 25-Mar
	FECHA	0,06644 19-Jun	0,0572 19-Jun	0,04752 19-Jun	0,00704 19-Jun	0,0352 19-Jun	0,01056 19-Jun	0,00405 26-Jun	0,01458 26-Jun	0,01134 26-Jun	0,15795 26-Jun
	FECHA	0,056625 17-Jul	0,04875 17-Jul	0,0405 17-Jul	0,006 17-Jul	0,03 17-Jul	0,009 17-Jul	0,00375 24-Jul	0,0135 24-Jul	0,0105 24-Jul	0,14625 24-Jul
	FECHA	0,061533 14-Ago	0,052975 14-Ago	0,04401 14-Ago	0,00652 14-Ago	0,0326 14-Ago	0,00978 14-Ago	0,0039 21-Ago	0,01404 21-Ago	0,01092 21-Ago	0,1521 21-Ago

FIGURA 33 VARIACION HORARIA DE GRASAS Y ACEITES



8. ESTUDIO DE CAUDALES

8.1 EVALUACIÓN Y DETERMINACIÓN DE CAUDALES DE AGUAS RESIDUALES URBANAS DE LA CIUDAD DE PASTO

Dadas las características y variaciones en la descarga de aguas residuales al sistema de alcantarillado, el tipo o sistema de alcantarillado usado, la diferencia en las costumbre de la comunidad aportante, el régimen de operación de las industrias servidas, el clima, etc., los caudales de aguas residuales oscilan ampliamente durante el año, cambian de un día a otro y fluctúan de una hora a otra. Todos los factores anteriores, entre otros, deben tenerse en cuenta en la predicción de las variaciones de caudal y por consiguiente de la concentración de las aguas residuales.

Teniendo en cuenta que el aforo de los Colectores de desagües es imprescindible cuando se trabaja en el proceso de caracterización de aguas, pues nos da una visión inmediata de lo que sucede en nuestra área de drenaje en estudio y podemos así concluir los volúmenes de descarga en un periodo determinado.

Los Caudales se determinaron midiendo el Calado o nivel de agua de los ductos de cada uno de los 6 vertimientos estudiados y midiendo además la velocidad promedio con la ayuda de un micromolinete “GLOBAL FLOW PROBE” (FP 101-FP201), efectuando mediciones en intervalos de tiempo de una hora durante 3 jornadas en diferentes fechas como lo estipulan las normas RAS 2000, todo esto con el fin de estudiar las variaciones de caudal a corto plazo.

Existen seis (6) vertimientos finales con las características constructivas que se presentan en el siguiente:

Cuadro 54 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS DE LOS COLECTORES FINALES

COLECTOR	DIAMETRO DE TUBERÍA	ANCHO BOX COULVERT	ALTO BOX COULVERT	MATERIAL
HOSPITAL DEPARTAMENTAL	-	Sección trapezoidal	3.25 * 2.3	CONCRETO
COLEGIO PEDAGÓGICO	-	2.60	1.60	CONCRETO
COLEGIO PEDAGÓGICO	24"	-	-	CEMENTO
HOSPITAL INFANTIL	-	1.90	1.42	CONCRETO
PUENTE JUAN XXIII	28"	-	-	CEMENTO
CLUB DE TENIS	58"	-	-	CEMENTO

Con el fin de cuantificar los caudales, una vez ubicados y determinados sus características constructivas, se procedió a efectuar las mediciones de calado de tubería o el Box Couvert, y a medir la velocidad promedio, según el caso:

Para el colector Interceptor Lateral Izquierdo Juan XXIII, en el que la tubería es de cemento de 145 cm, los caudales se calcularon de acuerdo con el siguiente procedimiento:

1. Teniendo la altura del calado o nivel de agua para una hora determinada se procedió a calcular la relación de H_d / D , donde:

H_d = altura del calado o nivel del agua, desde la cota batea del ducto hasta la interfase Agua-Aire.

D = diámetro de la tubería.

H_d, D en pies.

2. Con la relación de H_d / D entramos a el de calculo, (Cuadro 5.2) y leemos una variable C , que posteriormente nos ayudara a calcular el área mojada.

$$\text{Área mojada} = C * D^2$$

Donde:

C = variable que es función del calado y D el diámetro del ducto.

Área mojada, en pies²

3. Luego se calcula caudal con Área mojada y velocidad promedio mediante la siguiente ecuación:

Ec. 5.1

$$Q = V_{\text{prom}} * \text{Área}$$

Cuadro 5.2 VALORES DE C PARA DUCTOS CIRCULARES¹²

B	C	B	C
0,01	0,0013	0,51	0,4027
0,02	0,0037	0,52	0,4127
0,03	0,0069	0,53	0,4227
0,04	0,0105	0,54	0,4327
0,05	0,0147	0,55	0,4426
0,06	0,0192	0,56	0,4526
0,07	0,0242	0,57	0,4625
0,08	0,0294	0,58	0,4723
0,09	0,035	0,59	0,4822
0,1	0,0409	0,6	0,492
0,11	0,047	0,61	0,5018

¹² Tomado del manual Micromolinete Global Flow Probe.

0,12	0,0534	0,62	0,5115
0,13	0,06	0,63	0,5212
0,14	0,0668	0,64	0,5308
0,15	0,0739	0,65	0,5404
0,16	0,0811	0,66	0,5499
0,17	0,0885	0,67	0,5594
0,18	0,0961	0,68	0,5687
0,19	0,1039	0,69	0,578
0,2	0,1118	0,7	0,5872
0,21	0,1199	0,71	0,5964
0,22	0,1281	0,72	0,6054
0,23	0,1365	0,73	0,6143
0,24	0,1449	0,74	0,6231
0,25	0,1535	0,75	0,6318
0,26	0,1623	0,76	0,6404
0,27	0,1711	0,77	0,6489
0,28	0,18	0,78	0,6573
0,29	0,189	0,79	0,6655
0,3	0,1982	0,8	0,6736
0,31	0,2074	0,81	0,6815
0,32	0,2167	0,82	0,6893
0,33	0,2266	0,83	0,6969
0,34	0,2355	0,84	0,7043
0,35	0,245	0,85	0,7115
0,36	0,2546	0,86	0,7186
0,37	0,2644	0,87	0,7254
0,38	0,2743	0,88	0,732
0,39	0,2836	0,89	0,7384
0,4	0,2934	0,9	0,7445
0,41	0,3032	0,91	0,7504
0,42	0,313	0,92	0,756
0,43	0,3229	0,93	0,7612
0,44	0,3328	0,94	0,7662
0,45	0,3428	0,95	0,7707
0,46	0,3527	0,96	0,7749
0,47	0,3627	0,97	0,7785
0,48	0,3727	0,98	0,7816
0,49	0,3827	0,99	0,7841
0,5	0,3927	1	0,7854

Las variaciones de caudal a corto Plazo observadas en cada uno de los colectores se cuantificaron midiendo cada hora el calado observado y la velocidad promedio.

Para el interceptor lateral izquierdo, puente Juan XXIII las variaciones de caudal se calcularon con el siguiente proceso:

Por ejemplo para la una de la mañana, el calado observado en el colector fue de 18.5 cm, y la velocidad promedio leído fue: 6.8 pies/seg, siguiendo el proceso tenemos:

- Que la relación $Hd/D = 0.1276$, donde Hd/D en pies.
- Luego con esta relación entramos a el 5.2, Interpolamos y leemos la Variable $C = 0.0584$
- Luego se calcula $\text{Área} = CD^2$.
- Por ultimo tenemos $Q = \text{Área} * V_{\text{prom}}$.

$$Hd = 18.5 \text{ cm} = 0.60 \text{ pies (calado)}$$

$$D = 4.7572 \text{ pies}$$

$$\text{Área} = 1.32164 \text{ pies}^2$$

$$Q = 9.066 \text{ pies}^3/\text{seg}$$

Se utilizó un factor de conversión para expresar el caudal en LPS.

Factor de conversión 28.3168

$Q = 254.49 \text{ LPS}$

De esta manera anteriormente descrita se procedió a calcular las variaciones de caudal horaria para el Interceptor lateral izquierdo (Juan XXIII), Circular Colegio Pedagógico (Colector Aranda), Club de tenis (Universidad de Nariño). Los resultados obtenidos se resumen en las siguientes CUADROS:

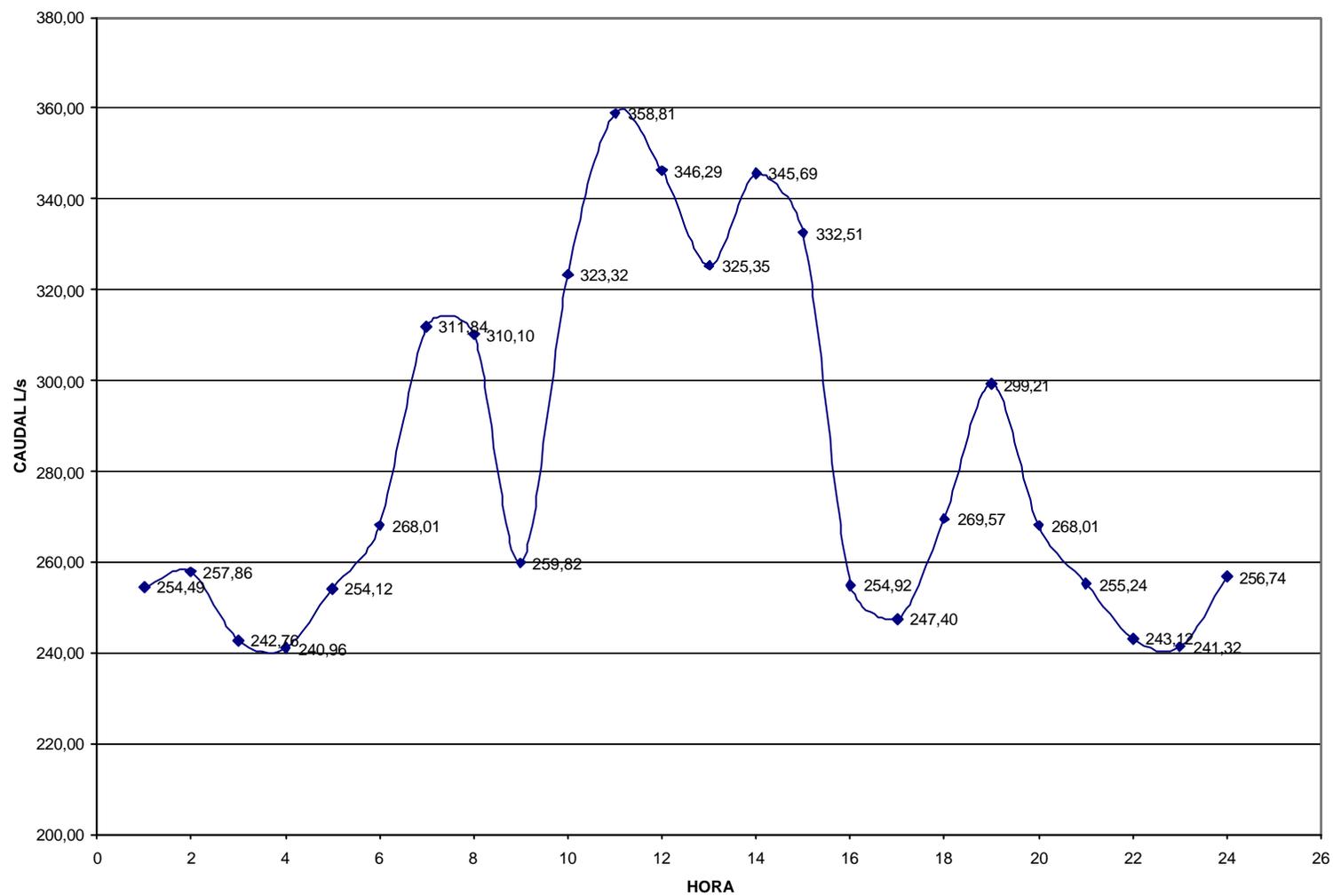
CUADRO 56

CIRCULAR JUAN XXIII
INTERCEPTOR LATERAL IZQUIERDO

Diametro	
cm	pies
145	4,757218

HORA	Hd		V promedio pies/seg	Hd/D	C (leo Hach)	Area A=CD ²	Caudal Q= V.A	
	cm						Pies ³ /seg	LPS
1	18,5	0,61	6,80	0,12759	0,05840	1,3217	8,9873	254,49
2	18,5	0,61	6,89	0,12759	0,05840	1,3217	9,1062	257,86
3	18,0	0,59	6,75	0,12414	0,05612	1,2701	8,5729	242,76
4	18,0	0,59	6,70	0,12414	0,05612	1,2701	8,5094	240,96
5	18,5	0,61	6,79	0,12759	0,05840	1,3217	8,9741	254,12
6	19,0	0,62	6,89	0,13103	0,06070	1,3737	9,4649	268,01
7	20,5	0,67	7,18	0,14138	0,06777	1,5338	11,0124	311,84
8	20,5	0,67	7,14	0,14138	0,06777	1,5338	10,9510	310,10
9	20,0	0,66	6,20	0,13793	0,06539	1,4799	9,1753	259,82
10	22,5	0,74	6,50	0,15517	0,07762	1,7566	11,4181	323,32
11	23,0	0,75	6,99	0,15862	0,08010	1,8128	12,6711	358,81
12	23,5	0,77	6,54	0,16207	0,08262	1,8699	12,2290	346,29
13	21,0	0,69	7,23	0,14483	0,07022	1,5892	11,4896	325,35
14	22,0	0,72	7,18	0,15172	0,07513	1,7003	12,2080	345,69
15	21,5	0,71	7,14	0,14828	0,07267	1,6446	11,7426	332,51
16	18,5	0,61	6,31	0,12759	0,06304	1,4267	9,0023	254,92
17	19,0	0,62	6,36	0,13103	0,06070	1,3737	8,7368	247,40
18	19,0	0,62	6,93	0,13103	0,06070	1,3737	9,5198	269,57
19	20,0	0,66	7,14	0,13793	0,06539	1,4799	10,5664	299,21
20	19,0	0,62	6,89	0,13103	0,06070	1,3737	9,4649	268,01
21	18,5	0,61	6,82	0,12759	0,05840	1,3217	9,0137	255,24
22	18,0	0,59	6,76	0,12414	0,05612	1,2701	8,5856	243,12
23	18,0	0,59	6,71	0,12414	0,05612	1,2701	8,5221	241,32
24	18,5	0,61	6,86	0,12759	0,05840	1,3217	9,0666	256,74

FIGURA 34 VARIACION HORARIA DE CAUDAL COLECTOR JUAN XXIII



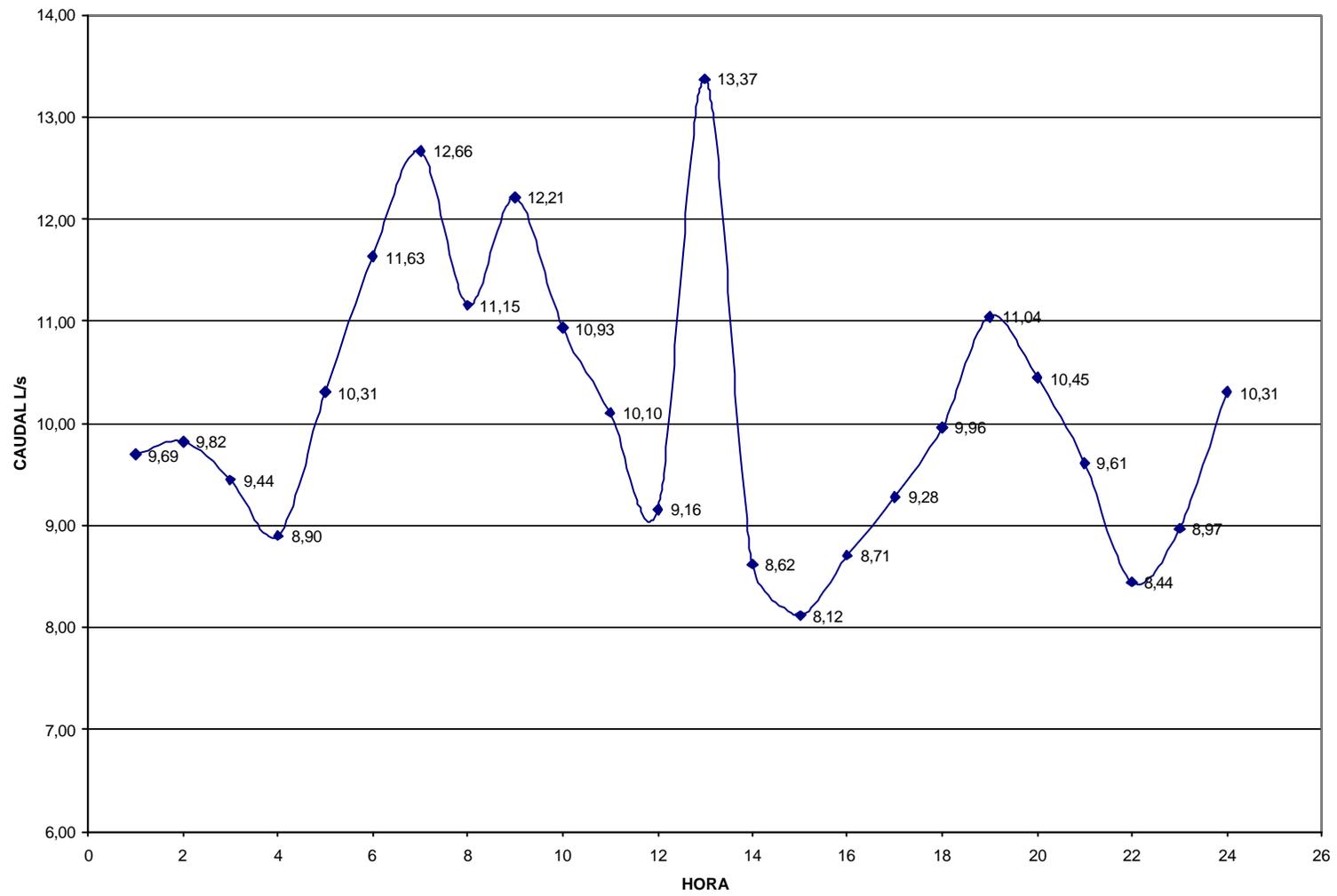
CUADRO 57

COLECTOR CIRCULAR CLUB DE TENIS
UNIVERSIDAD DE NARIÑO

Diametro	
cm	pies
60,9	1,9980315

HORA	Hd		V promedio pies/seg	Hd/D	C (leo Hach)	Area A=CD ²	Caudal Q= V.A	
	cm	pies					Pies ³ /seg	LPS
1	4,0	0,13	3,89	0,06568	0,02204	0,0880	0,3423	9,69
2	4,1	0,13	3,80	0,06732	0,02286	0,0913	0,3468	9,82
3	4,0	0,13	3,79	0,06568	0,02204	0,0880	0,3335	9,44
4	3,9	0,13	3,71	0,06404	0,02122	0,0847	0,3143	8,90
5	4,2	0,14	3,85	0,06897	0,02368	0,0945	0,3640	10,31
6	3,9	0,13	4,85	0,06404	0,02122	0,0847	0,4108	11,63
7	4,1	0,13	4,90	0,06732	0,02286	0,0913	0,4472	12,66
8	4,4	0,14	3,90	0,07225	0,02530	0,1010	0,3939	11,15
9	4,3	0,14	4,30	0,07061	0,02512	0,1003	0,4311	12,21
10	4,3	0,14	3,85	0,07061	0,02512	0,1003	0,3860	10,93
11	3,3	0,11	5,39	0,05419	0,01658	0,0662	0,3568	10,10
12	3,6	0,12	4,31	0,05911	0,01880	0,0751	0,3235	9,16
13	4,5	0,15	4,51	0,07389	0,02622	0,1047	0,4721	13,37
14	4,0	0,13	3,46	0,06568	0,02204	0,0880	0,3044	8,62
15	3,8	0,12	3,52	0,06240	0,02040	0,0814	0,2866	8,12
16	3,9	0,13	3,63	0,06404	0,02122	0,0847	0,3075	8,71
17	4,1	0,13	3,59	0,06732	0,02286	0,0913	0,3276	9,28
18	4,2	0,14	3,72	0,06897	0,02368	0,0945	0,3517	9,96
19	4,6	0,15	4,59	0,07537	0,02128	0,0850	0,3900	11,04
20	4,3	0,14	3,68	0,07061	0,02512	0,1003	0,3690	10,45
21	4,1	0,13	3,72	0,06732	0,02286	0,0913	0,3395	9,61
22	3,9	0,13	3,51	0,06404	0,02128	0,0850	0,2982	8,44
23	4,0	0,13	3,60	0,06568	0,02204	0,0880	0,3168	8,97
24	4,2	0,14	3,85	0,06897	0,02368	0,0945	0,3640	10,31

FIGURA 35 VARIACION HORARIA DE CAUDAL COLECTOR CLUB DE TENIS



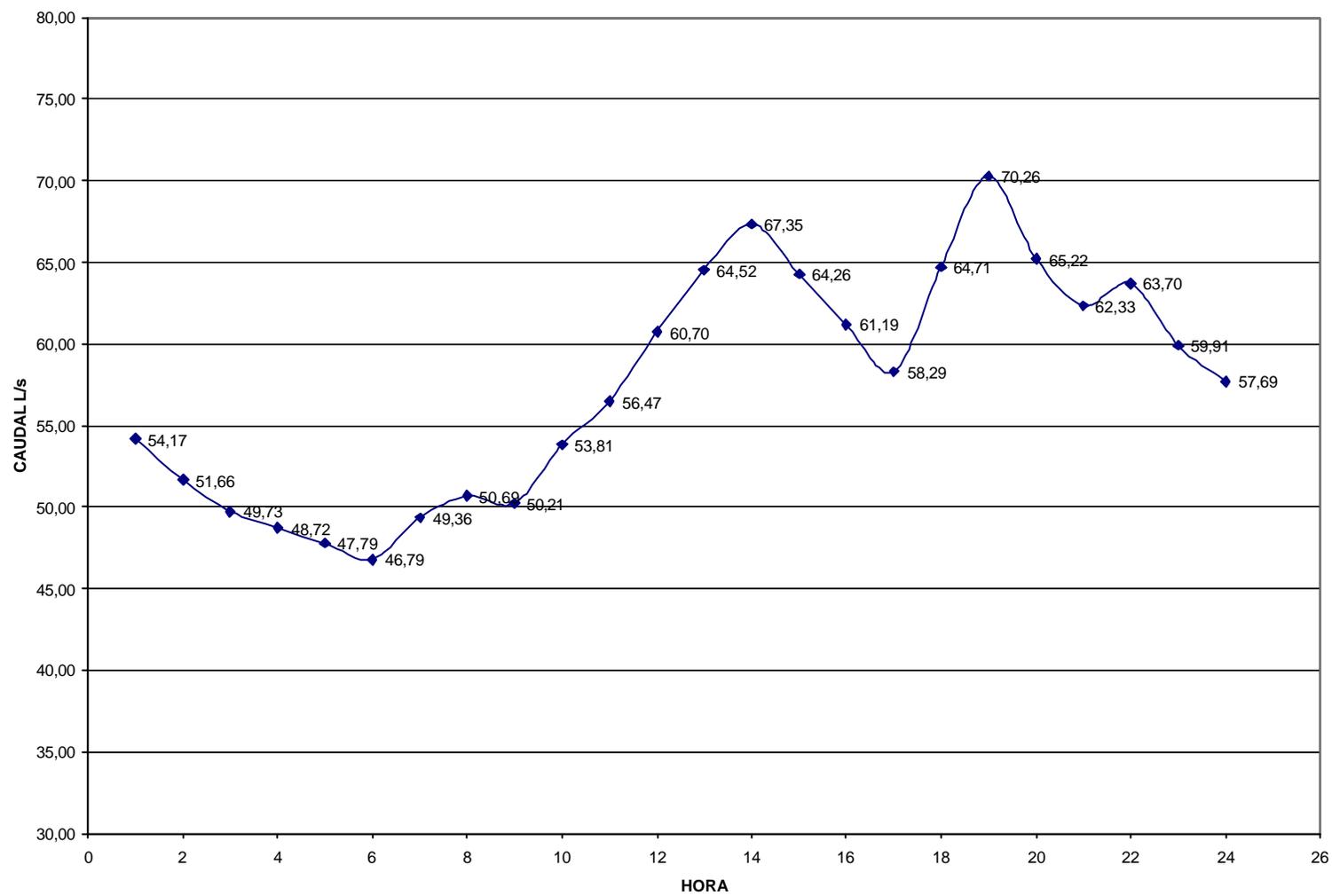
CUADRO 58

CIRCULAR COLEGIO PEDAGOGICO
COLECTOR ARANDA

Diametro	
cm	pies
60,9	1,998031

HORA	Hd		Vpromedio pies/seg	Hd/D	C (leo Hach)	Area A=CD ²	Caudal Q= V.A	
	cm	pies					Pies ³ /seg	LPS
1	7,2	0,2	9,17	0,1182	0,05226	0,208629	1,9131	54,17
2	7,0	0,2	9,11	0,1149	0,050161	0,200249	1,8243	51,66
3	6,8	0,2	9,15	0,1117	0,048075	0,191922	1,7561	49,73
4	6,7	0,2	9,17	0,1100	0,047	0,187630	1,7206	48,72
5	6,6	0,2	9,19	0,1084	0,046	0,183638	1,6876	47,79
6	6,5	0,2	9,21	0,1067	0,044942	0,179414	1,6524	46,79
7	6,7	0,2	9,29	0,1100	0,047	0,187630	1,7431	49,36
8	6,8	0,2	9,33	0,1117	0,048061	0,191866	1,7901	50,69
9	6,7	0,2	9,45	0,1100	0,047	0,187630	1,7731	50,21
10	7,0	0,2	9,49	0,1149	0,05016	0,200245	1,9003	53,81
11	7,2	0,2	9,57	0,1182	0,0522	0,208389	1,9943	56,47
12	7,5	0,2	9,68	0,1232	0,05547	0,221443	2,1436	60,70
13	7,8	0,3	9,72	0,1281	0,05872	0,234418	2,2785	64,52
14	8,0	0,3	9,78	0,1314	0,06092	0,243201	2,3785	67,35
15	7,8	0,3	9,68	0,1281	0,05872	0,234418	2,2692	64,26
16	7,6	0,3	9,57	0,1248	0,056561	0,225799	2,1609	61,19
17	7,4	0,2	9,48	0,1215	0,054396	0,217156	2,0586	58,29
18	7,9	0,3	9,57	0,1297	0,059815	0,238789	2,2852	64,71
19	8,3	0,3	9,67	0,1363	0,06427	0,256574	2,4811	70,26
20	8,0	0,3	9,47	0,1314	0,06092	0,243201	2,3031	65,22
21	7,8	0,3	9,39	0,1281	0,05872	0,234418	2,2012	62,33
22	7,9	0,3	9,42	0,1297	0,059815	0,238789	2,2494	63,70
23	7,6	0,3	9,37	0,1248	0,056561	0,225799	2,1157	59,91
24	7,5	0,2	9,20	0,1232	0,05547	0,221443	2,0373	57,69

FIGURA 36 VARIACION HORARIA DE CAUDAL COLECTOR CIRCULAR COLEGIO PEDAGOGICO



Las variaciones de caudal registradas en el colector final del Colegio Pedagógico se calcularon midiendo el calado en el ducto teniendo en cuenta que este es de sección cuadrada de 2.60 * 1.60 metros.

La ecuación utilizada para calcular el caudal es la siguiente:

Ec. 5.2

$$Q = V * a * Hd$$

Donde:

Q = Caudal de descarga (m³/seg)

a = 2.60 m de ancho del ducto = 8.53 ft

Hd = calado o altura de la lámina de agua en ft.

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación 5.3 se convierte los valores a

LPS:

Ec. 5.3

$$Q = V * a * Hd * 28.3168$$

Ejemplo:

Para el colector del Colegio Pedagógico, el calado registrado a la una de la mañana fue de 8.5 cm = 0.28 ft, el ancho del mismo es de 2.60 m = 8.53 ft al remplazar en la ecuación 5.2, el caudal es:

$$Q = V * a * Hd$$

$$Q = 3.5 \text{ pies/seg} * 8.53 \text{ pies} * 0.28 \text{ pies}$$

$$Q = 8.32 \text{ pies}^3/\text{seg} = 227.60 \text{ LPS}$$

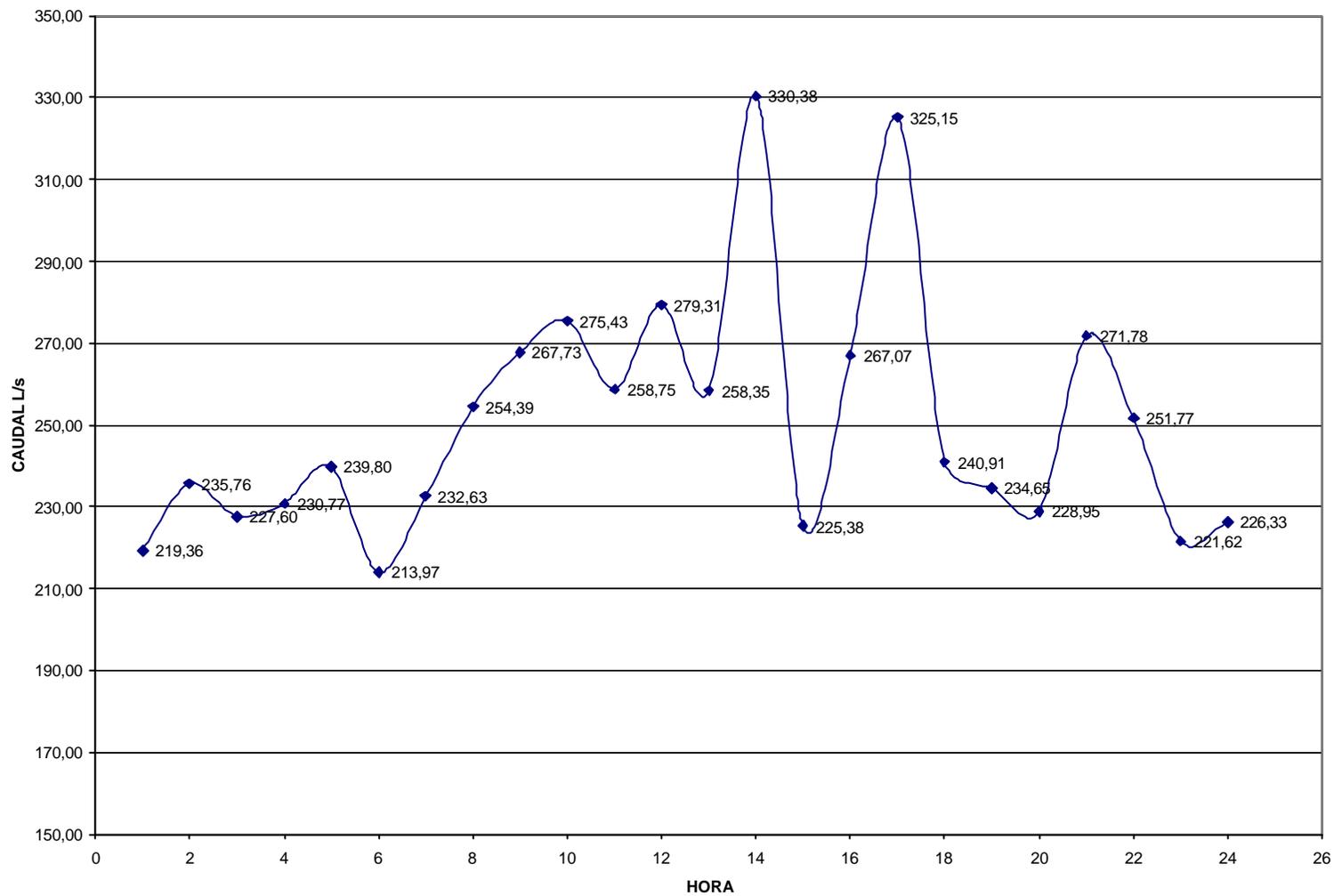
De la manera anteriormente descrita se procedió a calcular las variaciones de caudal horaria para el colector del Colegio Pedagógico, Hospital Departamental y Hospital Infantil. Los resultados obtenidos se resumen en las siguientes Cuadros:

CUADRO 59
BOX COULVERT COLEGIO PEDAGOGICO

SECCION		
	ANCHO	ALTO
cm	260	160
pies	8,53018373	5,249343832

HORA	Hd		V promedio pies/seg	Area A=CD ²	Caudal Q= V.A	
	cm	pies			Pies ³ /seg	LPS
1	8,0	0,2625	3,46	2,2389	7,7466	219,36
2	8,5	0,2789	3,50	2,3788	8,3259	235,76
3	8,0	0,2625	3,59	2,2389	8,0376	227,60
4	8,0	0,2625	3,64	2,2389	8,1496	230,77
5	8,5	0,2789	3,56	2,3788	8,4686	239,80
6	9,0	0,2953	3,00	2,5188	7,5563	213,97
7	9,5	0,3117	3,09	2,6587	8,2153	232,63
8	10,0	0,3281	3,21	2,7986	8,9836	254,39
9	10,3	0,3379	3,28	2,8826	9,4548	267,73
10	10,5	0,3445	3,31	2,9385	9,7266	275,43
11	10,3	0,3379	3,17	2,8826	9,1378	258,75
12	9,5	0,3117	3,71	2,6587	9,8637	279,31
13	10,0	0,3281	3,26	2,7986	9,1235	258,35
14	11,0	0,3609	3,79	3,0785	11,6674	330,38
15	9,0	0,2953	3,16	2,5188	7,9593	225,38
16	10,0	0,3281	3,37	2,7986	9,4313	267,07
17	11,0	0,3609	3,73	3,0785	11,4827	325,15
18	9,5	0,3117	3,20	2,6587	8,5078	240,91
19	9,0	0,2953	3,29	2,5188	8,2867	234,65
20	9,0	0,2953	3,21	2,5188	8,0852	228,95
21	9,5	0,3117	3,61	2,6587	9,5979	271,78
22	9,0	0,2953	3,53	2,5188	8,8912	251,77
23	8,5	0,2789	3,29	2,3788	7,8263	221,62
24	8,5	0,2789	3,36	2,3788	7,9928	226,33

FIGURA 37 VARIACION HORARIA DE CAUDAL COLECTOR BOX COULVERT COLEGIO PEDAGÓGICO

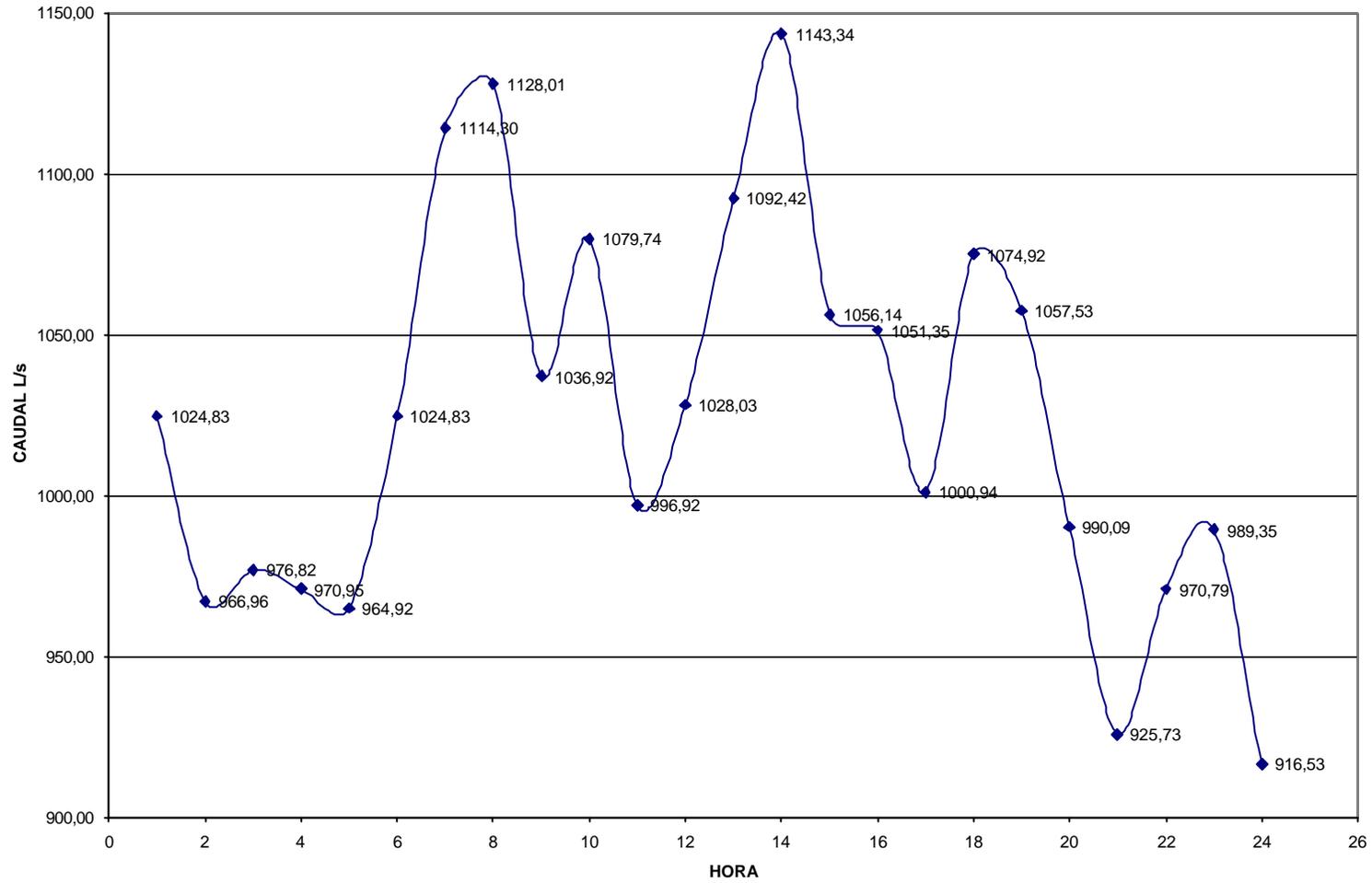


CUADRO 60
BOX COULVERT HOSPITAL DEPARTAMENTAL

SECCION TRAPEZOIDE		
	BASE1	BASE2
cm	325	230
pies	10,6627297	7,545931759

HORA	Hd		V romedio pies/seg	Area A=(a+b)*h/2	Caudal Q= V.A	
	cm	pies			Pies³/seg	LPS
1	24,7	0,8100	4,91	7,3710	36,1916	1024,83
2	24,1	0,7900	4,75	7,1890	34,1478	966,96
3	24,7	0,8100	4,68	7,3710	34,4963	976,82
4	24,4	0,8000	4,71	7,2800	34,2888	970,95
5	24,1	0,7900	4,74	7,1890	34,0759	964,92
6	24,7	0,8100	4,91	7,3710	36,1916	1024,83
7	25,3	0,8300	5,21	7,5530	39,3511	1114,30
8	25,9	0,8500	5,15	7,7350	39,8353	1128,01
9	24,4	0,8000	5,03	7,2800	36,6184	1036,92
10	25,0	0,8200	5,11	7,4620	38,1308	1079,74
11	23,8	0,7800	4,96	7,0980	35,2061	996,92
12	24,1	0,7900	5,05	7,1890	36,3045	1028,03
13	25,0	0,8200	5,17	7,4620	38,5785	1092,42
14	25,9	0,8500	5,22	7,7350	40,3767	1143,34
15	24,7	0,8100	5,06	7,3710	37,2973	1056,14
16	24,4	0,8000	5,10	7,2800	37,1280	1051,35
17	23,8	0,7800	4,98	7,0980	35,3480	1000,94
18	24,7	0,8100	5,15	7,3710	37,9607	1074,92
19	24,4	0,8000	5,13	7,2800	37,3464	1057,53
20	23,5	0,7700	4,99	7,0070	34,9649	990,09
21	22,9	0,7500	4,79	6,8250	32,6918	925,73
22	23,8	0,7800	4,83	7,0980	34,2833	970,79
23	24,1	0,7900	4,86	7,1890	34,9385	989,35
24	23,2	0,7600	4,68	6,9160	32,3669	916,53

FIGURA 38 VARIACION HORARIA DE CAUDAL HOSPITAL DEPARTAMENTAL

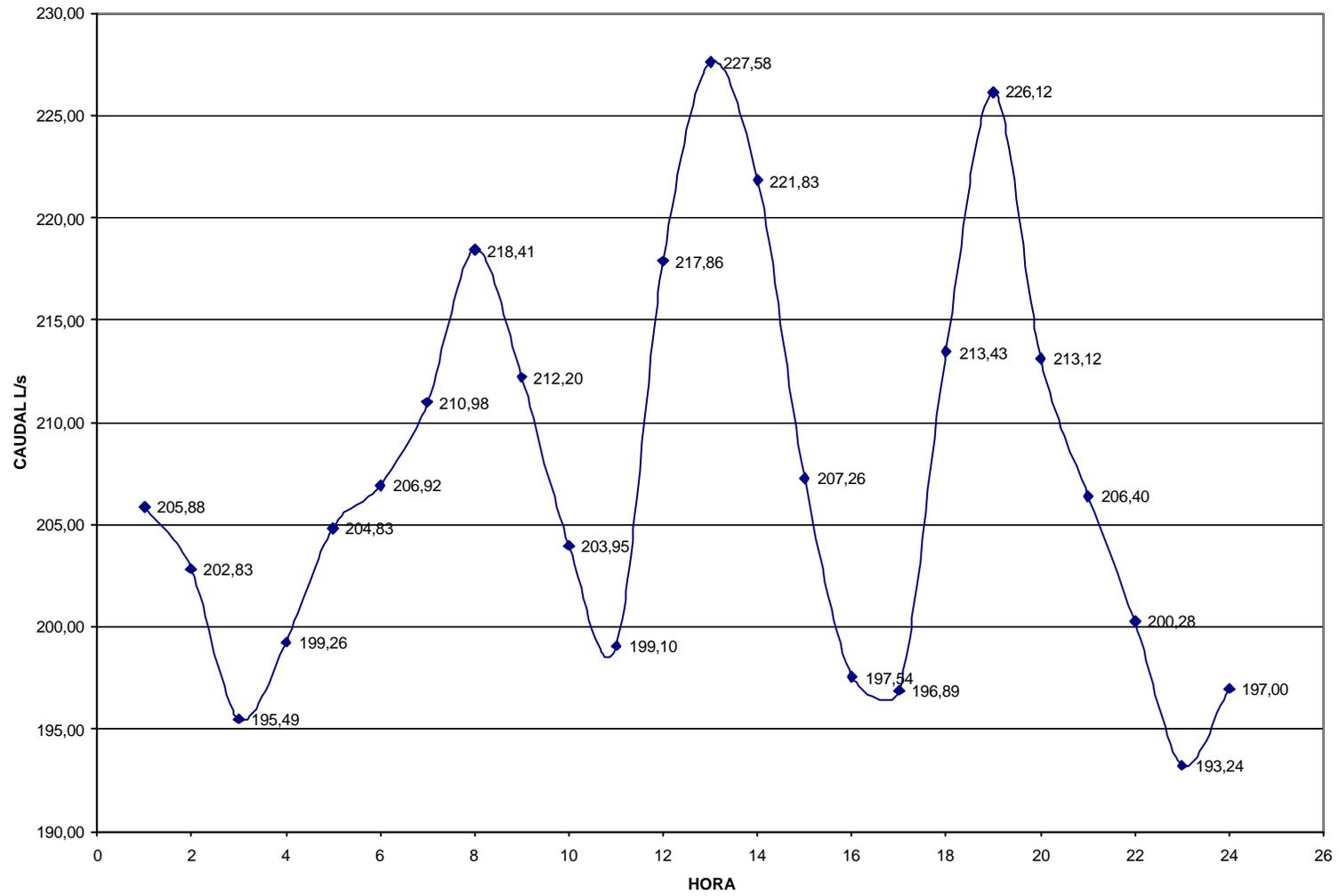


**CUADRO 61
BOX COULVERT HOSPITAL INFANTIL**

	SECCION	
	ANCHO	ALTO
cm	190	142
pies	6,2335958	4,658792651

HORA	Hd		V promedio pies/seg	Area A=b*Hd	Caudal Q = V.A	
	cm	pies			Pies ³ /seg	LPS
1	9,0	0,2953	3,95	1,8406	7,2705	205,88
2	8,8	0,2887	3,98	1,7997	7,1629	202,83
3	8,7	0,2854	3,88	1,7793	6,9036	195,49
4	8,8	0,2887	3,91	1,7997	7,0369	199,26
5	9,0	0,2953	3,93	1,8406	7,2337	204,83
6	9,0	0,2953	3,97	1,8406	7,3073	206,92
7	9,2	0,3018	3,96	1,8815	7,4509	210,98
8	9,5	0,3117	3,97	1,9429	7,7133	218,41
9	9,3	0,3051	3,94	1,9020	7,4938	212,20
10	9,1	0,2986	3,87	1,8611	7,2024	203,95
11	9,0	0,2953	3,82	1,8406	7,0312	199,10
12	9,5	0,3117	3,96	1,9429	7,6938	217,86
13	9,8	0,3215	4,01	2,0042	8,0370	227,58
14	9,6	0,3150	3,99	1,9633	7,8337	221,83
15	9,2	0,3018	3,89	1,8815	7,3192	207,26
16	9,0	0,2953	3,79	1,8406	6,9760	197,54
17	8,9	0,2920	3,82	1,8202	6,9531	196,89
18	9,1	0,2986	4,05	1,8611	7,5374	213,43
19	9,5	0,3117	4,11	1,9429	7,9853	226,12
20	9,2	0,3018	4,00	1,8815	7,5261	213,12
21	9,0	0,2953	3,96	1,8406	7,2889	206,40
22	8,8	0,2887	3,93	1,7997	7,0729	200,28
23	8,6	0,2822	3,88	1,7588	6,8242	193,24
24	8,7	0,2854	3,91	1,7793	6,9570	197,00

FIGURA 39 VARIACION HORARIA DE CAUDAL HOSPITAL INFANTIL



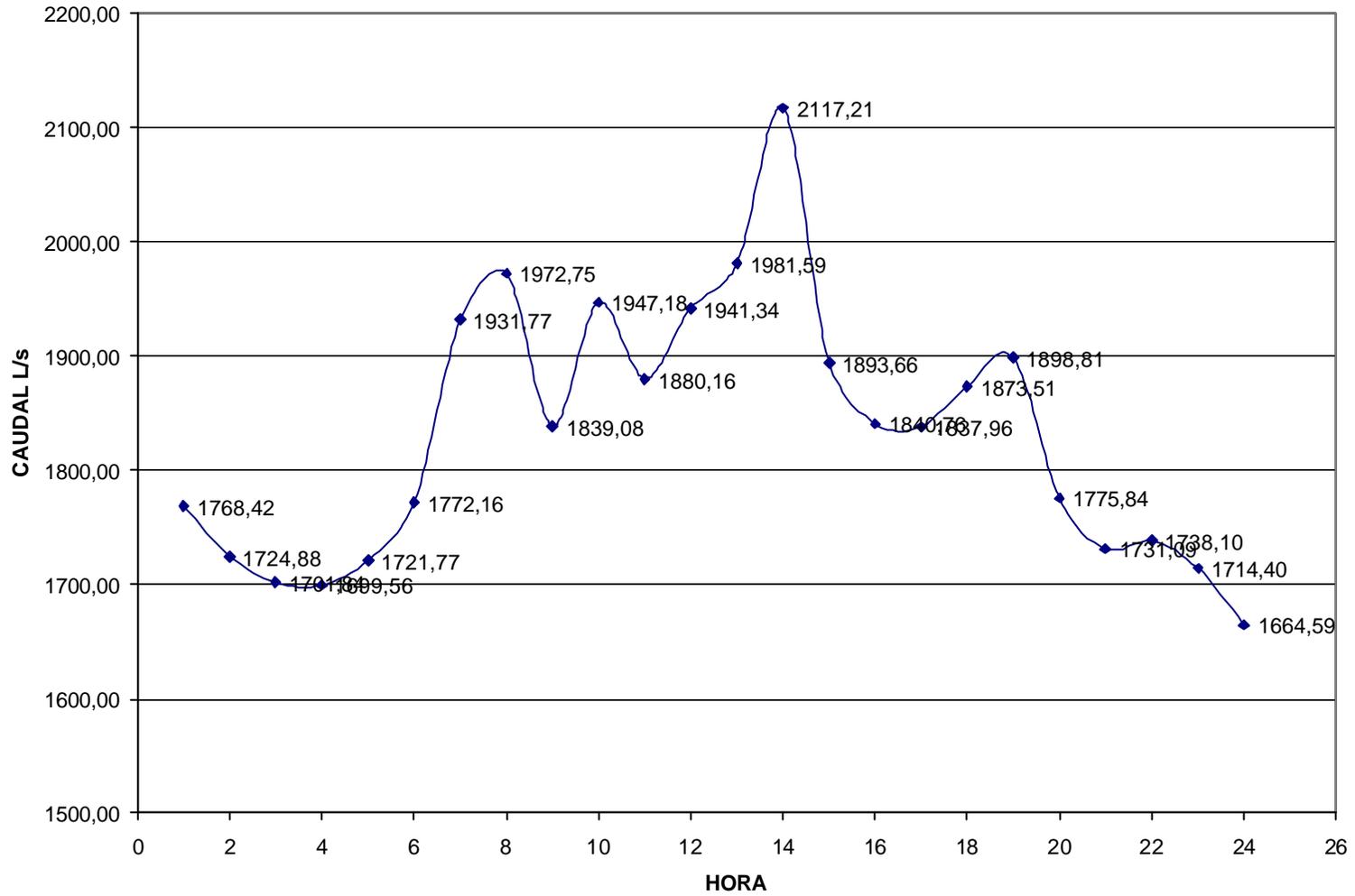
Finalmente vale la pena resaltar que las mediciones de caudales y de cargas contaminantes se efectuaron durante tiempo seco con lo cual los resultados obtenidos no pueden generalizarse para todas las épocas de año.

La suma de las variaciones horarias de caudal se resume en el siguiente Cuadro:

Cuadro 62. Variaciones horarias de caudal total de las aguas residuales urbanas de la ciudad de Pasto

HORA	CAUDAL	HORA	CAUDAL	HORA	CAUDAL	HORA	CAUDAL
0	1664,59	6	1772,16	12	1941,34	18	1873,51
1	1768,42	7	1931,77	13	1981,59	19	1898,81
2	1724,88	8	1972,75	14	2117,21	20	1775,84
3	1701,84	9	1839,08	15	1893,66	21	1731,09
4	1699,56	10	1947,18	16	1840,76	22	1738,10
5	1721,77	11	1880,16	17	1837,96	23	1714,40

FIGURA 40 VARIACION HORARIA DE CAUDAL TOTAL



8.2. ANÁLISIS Y PROCEDENCIA DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS DE LA CIUDAD DE PASTO.

En el período de tiempo durante el cual se efectuaron tanto la caracterización como los análisis de caudales de las aguas residuales de Pasto prevalecieron las condiciones de estiaje, es decir tiempo seco, basados en datos pluviométricos de las estaciones controladas por Corponariño, que concluían que en el periodo comprendido entre Junio a Septiembre prevalecían dichas condiciones.

La procedencia de los caudales es:

8.2.1 Caudales de Aguas de Infiltración. Su estimación debe hacerse en lo posible a partir de aforos en el sistema, en horas cuando el consumo de agua es mínimo, y de consideraciones sobre la naturaleza y permeabilidad del suelo, la topografía de la zona y su drenaje, la cantidad y distribución temporal de la precipitación, la variación del nivel freático con respecto a las cotas clave de los colectores, las dimensiones, estado y tipo de colectores, los tipos, número y calidad constructiva de uniones y juntas, el número de pozos de inspección y demás estructuras, y su calidad constructiva.

Proviene de los aportes de las aguas de escorrentía y se presentan a través de tuberías defectuosas, juntas, fracturas y grietas o paredes porosas, conexiones entre elementos de la red y paredes de los pozos de registro y en cuanto a aportaciones son aguas provenientes del drenaje de sótanos y cimentaciones, circuitos de refrigeración y drenaje de zonas pantanosas

De acuerdo con la permeabilidad del suelo y el tipo de junta y tubería predominante en Pasto, las contribuciones de aguas debidas a la infiltración se determinaron según el grado de infiltración de cada área tributaria de cada colector final, asumiéndolo constante durante las 24 horas.

El caudal de infiltración para cada colector se calcula multiplicando el área tributaria por su respectiva tasa de infiltración, de acuerdo a la siguiente ecuación:

Ec. 5.4.

$$Q_{inf} = A_{trib} \times i_{inf}$$

Donde:

Q_{inf} : Caudal de Infiltración (1/s)

A_{trib} : Área Tributaria del Colector (m²)

linf. Tasa de Infiltración (1/Ha.s)

El área tributaria de cada colector se determinó mediante un análisis de las memorias de diseño de los colectores principales en la red del alcantarillado municipal y debido a que en ausencia de medidas directas o ante la imposibilidad de determinar el caudal por infiltración, el aporte se estableció con base en los valores de el Cuadro D.3.7 de la RAS 2000, en donde el valor inferior del rango dado corresponde a condiciones constructivas más apropiadas, mayor estanqueidad de colectores y estructuras complementarias y menor amenaza sísmica. La categorización de la infiltración en alta, media y baja se relaciona con las características topográficas, de suelos, niveles freáticos y precipitación

CUADRO 63. Aportes por infiltración en redes de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales¹³

Nivel de complejidad del sistema	Infiltración alta (L / s·ha)	Infiltración media (L / s·ha)	Infiltración baja (L / s·ha)
Bajo y medio	0,15 – 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2
Medio alto y alto *	0,15 – 0,4	0,1 - 0,3	0,05 - 0,2

*Puede ser definido por la empresa prestadora del servicio

Debido a que las condiciones de los suelos en la ciudad de Pasto son muy variables presentándose suelos con muy baja capacidad portante hasta suelos

¹³ Tomado Norma RAS 2000 Capitulo D.

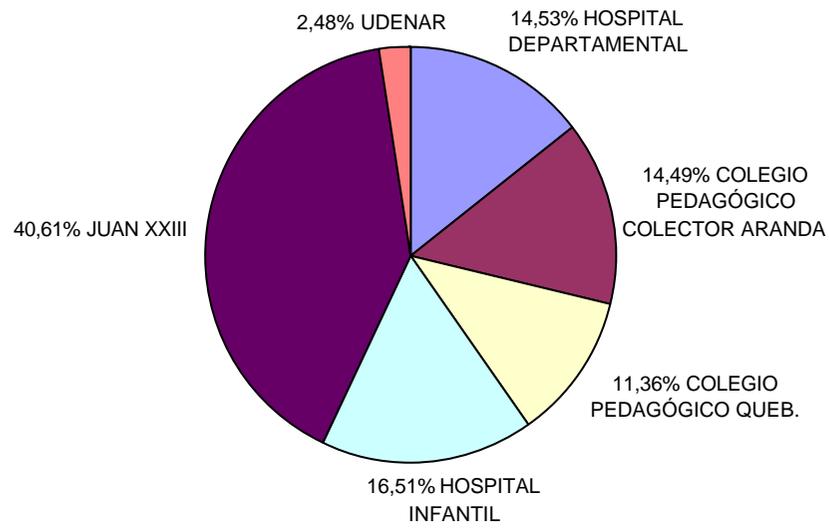
con una muy buena resistencia en lo que se refiere a la construcción, es importante también detallar que Pasto se encuentra en una zona de amenaza sísmica alta, lo que implica finalmente que tomemos de el anterior el limite superior para asegurar un buen criterio.

En el Cuadro 64. y Figura 41. se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 64. Caudales de infiltración y áreas tributarias por colector (sistema de alcantarillado y plan maestro)

COLECTOR	ÁREA TRIBUTARIA DE INFILTRACIÓN ha			CAUDAL L/s
	TASA DE INFILTRACIÓN L/Ha.s			
	BAJA 0.2	MEDIA 0.3	ALTA 0.4	
HOSPITAL DEPARTAMENTAL (QUEB. CHAPAL)	0	0	320.23	128.09
COLEGIO PEDAGÓGICO	0	425.77		127.73
COLEGIO PEDAGÓGICO (COLECTOR ARANDA)	0	0	250.52	100.21
HOSPITAL INFANTIL(QUEB. MIJITAYO)	0	0	363.84	145.53
PUENTE JUAN XXIII (INTERCEPTOR LATERAL IZQUIERDO)	0	0	894.84	357.94
CLUB DE TENIS (UDENAR)	0	72.86		21.86
TOTAL	0	498.63	1829.43	881.36

FIGURA 41 DISTRIBUCION PORCENTUAL DE CAUDALES POR COLECTOR



8.2.2 Caudales de Aguas Servidas. Las aguas servidas corresponden a las provenientes del sistema de suministro de agua potable y aguas subterráneas utilizadas por particulares.

Son de procedencia doméstica, industrial, institucional, comercial y su estimación se realizó restándole al caudal total medido experimentalmente, los caudales de infiltración.

CUADRO 65 CAUDALES DE AGUAS SERVIDAS (CAUDAL L/s)

HORA	HOSPITAL DEPARTAMENTAL	HOSPITAL INFANTIL	COLEGIO PEDAGOGICO	COLEGIO PEDAGOGICO	PUENTE JUAN XXIII	CLUB DE TENIS	TOTAL	Q. INFILT.	Q. SERVIDA
1	1024,83	205,88	219,36	54,17	254,49	9,69	1768,42	881,33	887,09
2	966,96	202,83	235,76	51,66	257,86	9,82	1724,88	881,33	843,55
3	976,82	195,49	227,60	49,73	242,76	9,44	1701,84	881,33	820,51
4	970,95	199,26	230,77	48,72	240,96	8,90	1699,56	881,33	818,23
5	964,92	204,83	239,80	47,79	254,12	10,31	1721,77	881,33	840,44
6	1024,83	206,92	213,97	46,79	268,01	11,63	1772,16	881,33	890,83
7	1114,30	210,98	232,63	49,36	311,84	12,66	1931,77	881,33	1050,44
8	1128,01	218,41	254,39	50,69	310,10	11,15	1972,75	881,33	1091,42
9	1036,92	212,20	267,73	50,21	259,82	12,21	1839,08	881,33	957,75
10	1079,74	203,95	275,43	53,81	323,32	10,93	1947,18	881,33	1065,85
11	996,92	199,10	258,75	56,47	358,81	10,10	1880,16	881,33	998,83
12	1028,03	217,86	279,31	60,70	346,29	9,16	1941,34	881,33	1060,01
13	1092,42	227,58	258,35	64,52	325,35	13,37	1981,59	881,33	1100,26
14	1143,34	221,83	330,38	67,35	345,69	8,62	2117,21	881,33	1235,88
15	1056,14	207,26	225,38	64,26	332,51	8,12	1893,66	881,33	1012,33
16	1051,35	197,54	267,07	61,19	254,92	8,71	1840,76	881,33	959,43
17	1000,94	196,89	325,15	58,29	247,40	9,28	1837,96	881,33	956,63
18	1074,92	213,43	240,91	64,71	269,57	9,96	1873,51	881,33	992,18
19	1057,53	226,12	234,65	70,26	299,21	11,04	1898,81	881,33	1017,48
20	990,09	213,12	228,95	65,22	268,01	10,45	1775,84	881,33	894,51
21	925,73	206,40	271,78	62,33	255,24	9,61	1731,09	881,33	849,76
22	970,79	200,28	251,77	63,70	243,12	8,44	1738,10	881,33	856,77
23	989,35	193,24	221,62	59,91	241,32	8,97	1714,40	881,33	833,07
24	916,53	197,00	226,33	57,69	256,74	10,31	1664,59	881,33	783,26
TOTAL	23665,83	4781,40	6017,85	1321,83	6510,69	232,58	42303,85	20270,59	22033,26

9. ANÁLISIS CONJUNTO DE CAUDALES Y CARGAS CONTAMINANTES

9.1 CAUDALES

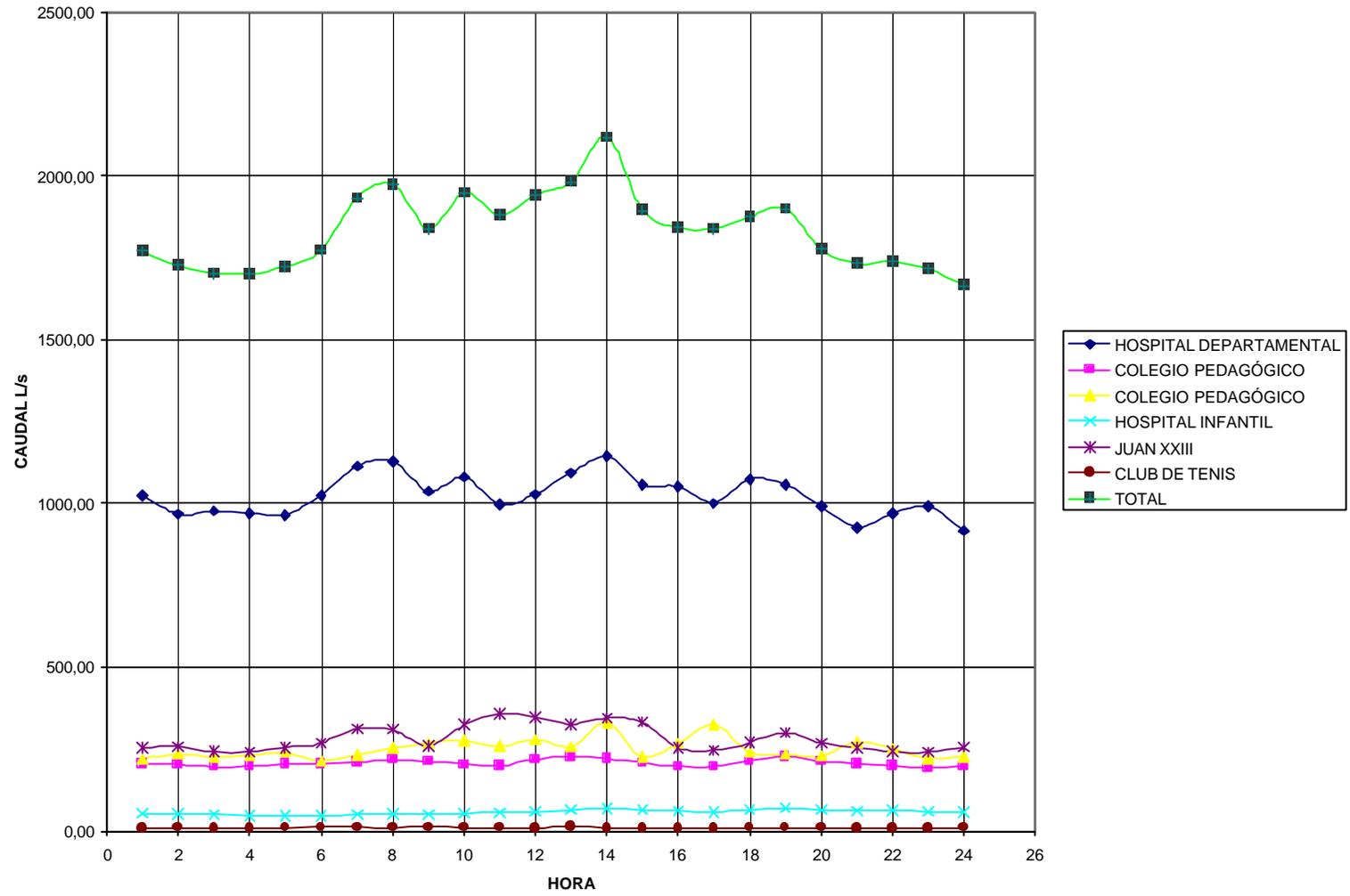
Las variaciones horarias de caudal registradas en cada uno de los colectores de acuerdo con los cálculos efectuados anteriormente, se resumen en el siguiente

Cuadro:

CUADRO 66 VARIACIONES HORARIAS DE CAUDAL

HORA	CAUDAL m ³ /s						TOTAL
	HOSPITAL DEPARTAMENTAL	HOSPITAL INFANTIL	COLEGIO PEDAGOGICO	COLEGIO PEDAGOGICO	PUENTE JUAN XXIII	CLUB DE TENIS	
1	1024,83	205,88	219,36	54,17	254,49	9,69	1768,42
2	966,96	202,83	235,76	51,66	257,86	9,82	1724,88
3	976,82	195,49	227,60	49,73	242,76	9,44	1701,84
4	970,95	199,26	230,77	48,72	240,96	8,90	1699,56
5	964,92	204,83	239,80	47,79	254,12	10,31	1721,77
6	1024,83	206,92	213,97	46,79	268,01	11,63	1772,16
7	1114,30	210,98	232,63	49,36	311,84	12,66	1931,77
8	1128,01	218,41	254,39	50,69	310,10	11,15	1972,75
9	1036,92	212,20	267,73	50,21	259,82	12,21	1839,08
10	1079,74	203,95	275,43	53,81	323,32	10,93	1947,18
11	996,92	199,10	258,75	56,47	358,81	10,10	1880,16
12	1028,03	217,86	279,31	60,70	346,29	9,16	1941,34
13	1092,42	227,58	258,35	64,52	325,35	13,37	1981,59
14	1143,34	221,83	330,38	67,35	345,69	8,62	2117,21
15	1056,14	207,26	225,38	64,26	332,51	8,12	1893,66
16	1051,35	197,54	267,07	61,19	254,92	8,71	1840,76
17	1000,94	196,89	325,15	58,29	247,40	9,28	1837,96
18	1074,92	213,43	240,91	64,71	269,57	9,96	1873,51
19	1057,53	226,12	234,65	70,26	299,21	11,04	1898,81
20	990,09	213,12	228,95	65,22	268,01	10,45	1775,84
21	925,73	206,40	271,78	62,33	255,24	9,61	1731,09
22	970,79	200,28	251,77	63,70	243,12	8,44	1738,10
23	989,35	193,24	221,62	59,91	241,32	8,97	1714,40
24	916,53	197,00	226,33	57,69	256,74	10,31	1664,59

FIGURA 42 VARIACION HORARIA DE CAUDAL



9.1.1 Tipos de Caudales. Los diferentes tipos de caudales que a continuación se definen tienen una gran influencia en el dimensionamiento del alcantarillado y plantas de tratamiento, no obstante, los datos analizados corresponden a un seguimiento relativamente corto y una época predominantemente seca.

9.1.1.1 Caudal Medio Diario. Se define como el caudal medio en 24 horas a partir de los datos de todo el año. Aunque no se cuenta con el registro histórico de las variaciones horarias de caudal para todo un año se estima este parámetro a partir de los datos disponibles, y teniendo en cuenta que los mismos se realizaron para tiempo seco.

Es importante para evaluar costos de bombeo, inversión en productos químicos, volumen de fangos y carga orgánica producida.

Se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

Ec. 6.1.

$$Q_m = \text{SUMATORIA } Q_i/n_i$$

Siendo :

Q_m : Caudal Medio Diario

Q_i : Caudal Instantáneo (Horario)

n_i : Número de Mediciones

9.1.1.2 Caudal Máximo Diario. Se obtiene a partir de los datos durante un período de observación de 24 horas.

La determinación del caudal máximo diario es importante para el dimensionamiento de elementos u operaciones unitarias, en las que es determinante el tiempo de retención hidráulico tales como Tanques de Homogenización o de cloración.

9.1.1.3 Caudal Mínimo Diario. Es el mínimo caudal registrado en un periodo de 24 horas a partir de datos experimentales. Su determinación es importante para el dimensionamiento de unidades en las que debido a la baja velocidad del agua a través de los mismos propicia la sedimentación de partículas; también es fundamental en la determinación de caudales de recirculación en filtros biológicos.

En el siguiente Cuadro se resumen los caudales medios, mínimos y máximos diarios tanto de los colectores como el total.

Cuadro 67. Caudales máximo, medio y mínimo diario

COLECTOR	CAUDAL LPS		
	CAUDAL MÁXIMO DIARIO	CAUDAL MEDIO DIARIO	CAUDAL MÍNIMO DIARIO
HOSPITAL DEPARTAMENTAL	1143,34	1028,95	925,73
COLEGIO PEDAGÓGICO (Colector Aranda)	70,26	57,47	46,79
COLEGIO PEDAGÓGICO	330,38	57,62	46,79
HOSPITAL INFANTIL	227,58	207,89	193,24
JUAN XXIII (interceptor lateral Izquierdo)	358,81	283,07	240,96
CLUB DE TENIS (Universidad de Nariño)	13,37	10,11	8,12
TOTAL	2143,74	1645,12	1461,62

9.1.2 Análisis de Poblaciones por Área Tributaria de cada Colector. Las densidades adoptadas en el análisis se obtuvieron de las memorias de diseño de cada colector, pertenecientes al Plan Maestro de Alcantarillado.

Las áreas de cada tipo de densificación demográfica correspondientes al área tributaria de cada colector final se resumen en el Cuadro que se relaciona a continuación:

Cuadro 68. Áreas de densidad de población asociadas al área tributaria de los colectores finales

COLECTOR	AREA (Ha)	DENSIDAD PROMEDIO (Hab/Ha)	POBLACIÓN (Hab)
HOSPITAL DEPARTAMENTAL	560	95	53200
COLEGIO PEDAGÓGICO (Colector Aranda)	313.15	133.35	41757
COLEGIO PEDAGÓGICO	460.23	114.12	52521
HOSPITAL INFANTIL	380.51	116.58	44360
JUAN XXIII (Interceptor lateral izquierdo)	1308.73	136.78	178484
CLUB DE TENIS (Universidad de Nariño)	76.7	69.81	5354

Las poblaciones asociadas a cada área de densificación se calculan de acuerdo con:

Ec. 6.2

$$P = A_i \times D_i$$

En la que;

P : Población.

A_i : Área {Ha}

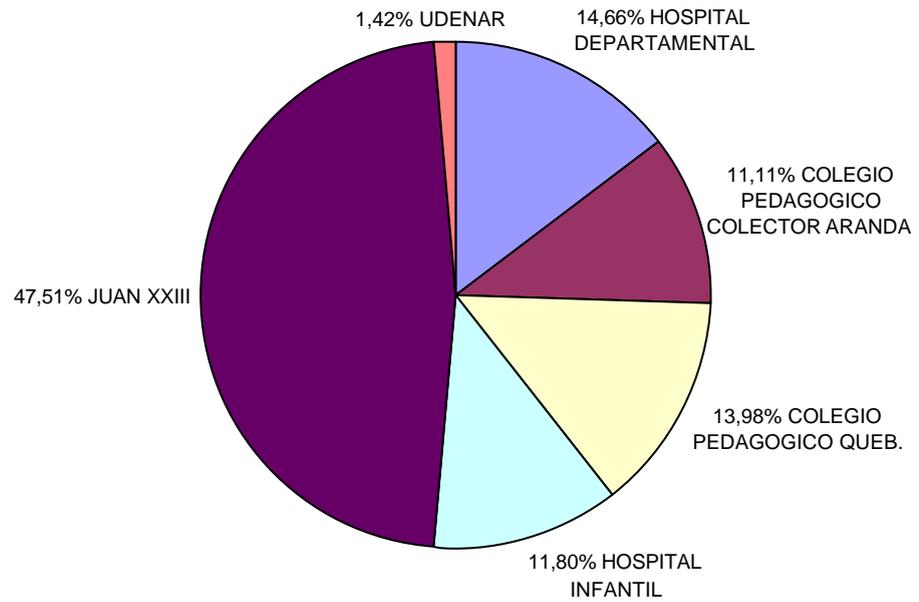
D_i: Densidad de Población {Hab./Ha}.

$P = [76.7 \text{ Ha} \times 69.81 \text{ Hab./Ha}] = 5354 \text{ Habitantes.}$

La población Total de acuerdo con el estudio de densidades es por tanto:

$Pt = 53200 + 41757 + 52521 + 44360 + 178484 + 5354 = 375676 \text{ hab.}$

FIGURA 43 DISTRIBUCION PORCENTUAL DE POBLACIONES POR COLECTOR



La distribución porcentual de poblaciones de acuerdo con lo anterior se resume en el Cuadro y la figura que siguen a continuación:

Cuadro 69. Distribución porcentual de poblaciones por colector

COLECTOR	POBLACIÓN TOTAL	PORCENTAJE
HOSPITAL DEPARTAMENTAL	53200	14.66%
COLEGIO PEDAGÓGICO (Colector Aranda)	41757	11.11%
COLEGIO PEDAGÓGICO	52521	13.98%
HOSPITAL INFANTIL	44360	11.80%
JUAN XXIII (interceptor lateral izquierdo)	178484	47.51%
CLUB DE TENIS (Universidad de Nariño)	5354	1.42%
TOTAL	375676	100%

De la información suministrada por CORPONARIÑO los consumos de agua según su uso obedecen el siguiente comportamiento

Cuadro 70. Consumo de agua de suministro según su uso

USO	NUMERO DE USUARIOS	CONSUMO MENSUAL PROMEDIO (m³/mes)
INDUSTRIAL, INSTITUCIONAL	-	-
TRATAMIENTO ESPECIAL	1598	318002
COMERCIAL	52413	10430187
RESIDENCIAL	64670	12869330

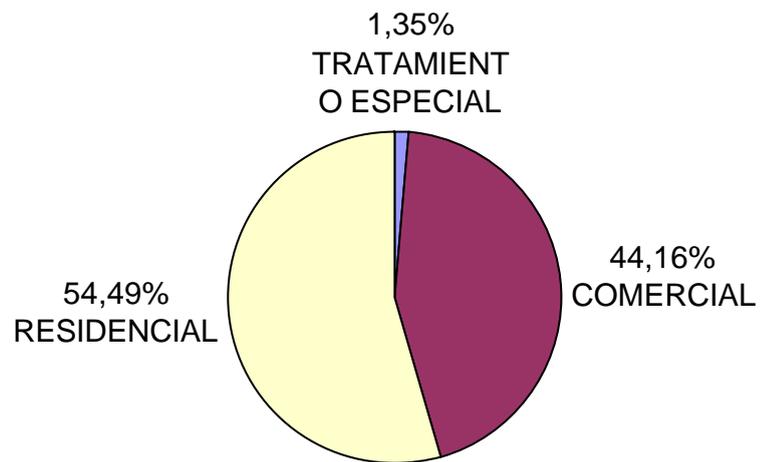
La distribución porcentual de consumos es por lo tanto:

Cuadro 71. Distribución porcentual de consumos

según su uso

USO	CONSUMO MENSUAL PROMEDIO (m³/mes)	PORCENTAJE
INDUSTRIAL, INSTITUCIONAL	-	-
TRATAMIENTO ESPECIAL	318002	1.35 %
COMERCIAL	10430187	44.16 %
RESIDENCIAL	12869330	54.49 %

**FIGURA 44 DISTRIBUCION PORCENTUAL DE CONSUMO
SEGUN SU USO**



9.2 CARGAS CONTAMINANTES

El comportamiento de las cargas contaminantes de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días, la Demanda Química de Oxígeno, Nitrógeno Total, Fósforo Total, Sólidos Suspendidos Totales, determinados experimentalmente pueden ser estimados mediante la siguiente ecuación:

Ec.6.3.

$$C_c = (\text{Concentración, g/m}^3) * (\text{Caudal, m}^3/\text{h})$$

Los cálculos realizados se resumen en los Cuadros siguientes:

**Cuadro 70. Carga contaminante de
DBO5**

HORA	Q. TOTAL L/s	CONC. G/m³ DBO₅	CARGA kg/h
1	1768,42	202	1285,9963
2	1724,88	15,7	97,4905
3	1701,84	39,6	242,6140
4	1699,56	3,16	19,3342
5	1721,77	377	2336,7856
6	1772,16	295	1882,0318
7	1931,77	712,6	4955,6896
8	1972,75	126,5	898,3895
9	1839,08	326,3	2160,3322
10	1947,18	102,8	720,6134
11	1880,16	386	2612,6698
12	1941,34	652,6	4560,9156
13	1981,59	252	1797,6987
14	2117,21	78,2	596,0376
15	1893,66	40,2	274,0506
16	1840,76	226	1497,6432
17	1837,96	275	1819,5763
18	1873,51	48,2	325,0917
19	1898,81	183	1250,9341
20	1775,84	31,6	202,0192
21	1731,09	4,52	28,1683
22	1738,10	147	919,8047
23	1714,40	392	2419,3661
24	1664,59	316	1893,6373

**Cuadro 71. Carga contaminante de
DQO**

HORA	Q. TOTAL L/s	CONC. G/m³ DQO	CARGA kg/h
1	1768,42	233	1483,3522
2	1724,88	25	155,2396
3	1701,84	58	355,3438
4	1699,56	518	3169,3414
5	1721,77	364	2256,2068
6	1772,16	281	1792,7150
7	1931,77	980	6815,2902
8	1972,75	617,4	4384,7090
9	1839,08	1254	8302,3491
10	1947,18	833	5839,2118
11	1880,16	784	5306,5625
12	1941,34	362,6	2534,1526
13	1981,59	331	2361,2630
14	2117,21	115	876,5259
15	1893,66	418	2849,5811
16	1840,76	371	2458,5205
17	1837,96	387	2560,6402
18	1873,51	62	418,1677
19	1898,81	314	2146,4116
20	1775,84	70	447,5110
21	1731,09	494	3078,5656
22	1738,10	134	838,4614
23	1714,40	709	4375,8432
24	1664,59	570	3415,7381

**Cuadro 72. Carga contaminante de
sólidos suspendidos totales**

HORA	Q. TOTAL L/s	CONC. G/m³ SST	CARGA kg/h
1	1768,42	161	1024,9773
2	1724,88	26	161,4492
3	1701,84	113	692,3077
4	1699,56	135	825,9867
5	1721,77	39	241,7364
6	1772,16	226	1441,8277
7	1931,77	47	326,8558
8	1972,75	44	312,4833
9	1839,08	72	476,6899
10	1947,18	154	1079,5181
11	1880,16	88	595,6346
12	1941,34	144	1006,3927
13	1981,59	74	527,8956
14	2117,21	21	160,0612
15	1893,66	53	361,3105
16	1840,76	114	755,4484
17	1837,96	194	1283,6284
18	1873,51	33	222,5731
19	1898,81	57	389,6352
20	1775,84	23	147,0393
21	1731,09	113	704,2063
22	1738,10	50	312,8587
23	1714,40	22	135,7807
24	1664,59	57	341,5738

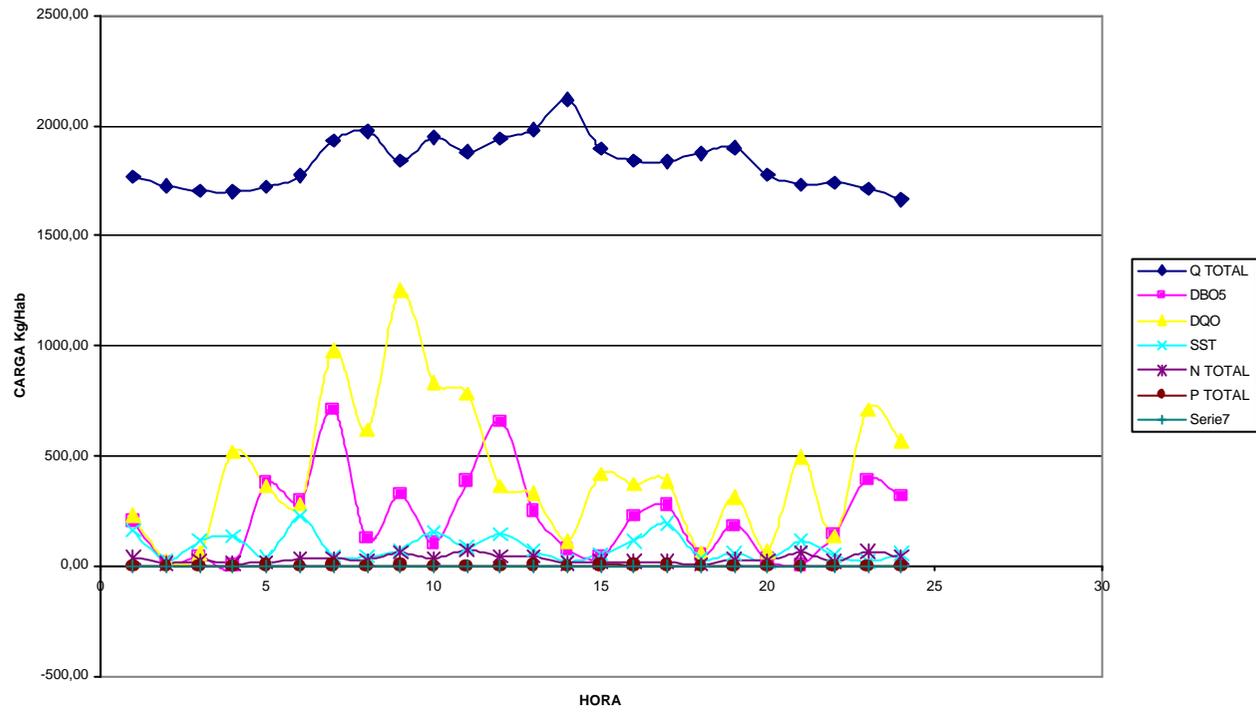
**Cuadro 73. Carga contaminante de
nitrógeno total**

HORA	Q. TOTAL L/s	CONC. G/m³ N. TOTAL	CARGA kg/h
1	1768,42	38,669	246,1792
2	1724,88	11,9796	74,3884
3	1701,84	24,2427	148,5257
4	1699,56	11,5033	70,3820
5	1721,77	17,6983	109,7006
6	1772,16	32,2202	205,5574
7	1931,77	34,7671	241,7835
8	1972,75	28,021	199,0022
9	1839,08	60,77705	402,3862
10	1947,18	34,22235	239,8938
11	1880,16	71,23455	482,1564
12	1941,34	44,615	311,8070
13	1981,59	42,968	306,5219
14	2117,21	15,16	115,5490
15	1893,66	21,139	144,1084
16	1840,76	22,233	147,3323
17	1837,96	20,629	136,4947
18	1873,51	7,935	53,5187
19	1898,81	29,76	203,4306
20	1775,84	23,946	153,0871
21	1731,09	60,047	374,2078
22	1738,10	22,213	138,9906
23	1714,40	64,953	400,8803
24	1664,59	41,182	246,7841

**Cuadro 74. Carga contaminante de
fósforo**

HORA	Q. TOTAL L/s	CONC. G/m³ FOSFORO	CARGA kg/h
1	1768,42	0,576	3,9726
2	1724,88	0,063	0,4238
3	1701,84	0,579	3,8429
4	1699,56	0,868	5,7534
5	1721,77	1,235	8,2929
6	1772,16	0,407	2,8129
7	1931,77	1,188	8,9503
8	1972,75	0,342	2,6313
9	1839,08	2,592	18,5909
10	1947,18	1,04	7,8978
11	1880,16	1,021	7,4866
12	1941,34	0,647	4,8986
13	1981,59	1,79	13,8335
14	2117,21	0,78	6,4406
15	1893,66	4,3	31,7567
16	1840,76	3,02	21,6805
17	1837,96	2,24	16,0564
18	1873,51	0,7	5,1147
19	1898,81	0,645	4,7764
20	1775,84	0,209	1,4475
21	1731,09	0,657	4,4356
22	1738,10	0,43	2,9148
23	1714,40	0,467	3,1224
24	1664,59	1,02	6,6217

FIGURA 45 VARIACION HORARIA DE CARGA CONTAMINANTE



9.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS DE CARGA DEL AGUA RESIDUAL

Para el análisis de los datos de carga contaminante del agua residual se hace necesario tener en cuenta tanto las variaciones horarias de caudal como las cargas contaminantes.

Con el fin de obtener parámetros de carga más representativos, se calculan las Medias Integradas de Concentración para los principales parámetros fisicoquímicos, la que viene dada por:

Ec. 6.3.

$$X_w = \frac{\sum X_i q_i}{\sum q_i}$$

Donde:

X_w : Concentración Media del Constituyente w .

X_i : Concentración Media del Constituyente en el i -ésimo periodo de tiempo.

q_i : Caudal Medio durante el i -ésimo periodo de tiempo.

En el Cuadro 6.9. puede ser observado el comportamiento de los diferentes parámetros:

Cuadro 75. Parámetros de carga

PARAMETRO	Xs	Xw	MAXIMO	MINIMO	MAX/Xw	MIN/Xw	MAX/MIN
DBO5	218,04	219,84	712,60	3,16	3,24	0,01	225,51
DQO	428,54	431,00	1254,00	25,00	2,91	0,06	50,16
NH3	20,79	20,78	53,90	2,57	2,59	0,12	21,01
N TOTAL	32,59	32,55	71,23	7,94	2,19	0,24	8,98
P TOTAL	1,12	1,13	4,30	0,06	3,81	0,06	68,25
SST	83,46	83,31	226,00	0,00	2,71	0,00	0,00
CROMO	0,04	0,04	0,09	0,01	2,11	0,23	9,00

DQO: Demanda Química de Oxígeno, DBO5: Demanda Bioquímica de Oxígeno a los Cinco días, NH3: Nitrógeno Amoniacal, NTOTAL: Nitrógeno Total, PTOTAL: Fósforo Total, SST: Sólidos Suspendidos Totales, Cromo
 Xs: Media Simple. Xw: Media Ponderada.
 * Concentración mg/L

9.4 CARGAS CONTAMINANTES MEDIAS

Las cargas contaminantes medias se expresan normalmente en Kg/día, y representan la cantidad de cualquier parámetro bien sea para su remoción o el vertido del mismo al receptor final.

Mediante la siguiente expresión, es posible estimar la carga contaminante en Kg/día:

$$CM = (X_{wi}) (Q_{TM}) / 10^3 \text{ g/Kg} \quad \text{Ec. 6.4.}$$

En la que:

CM : Carga Media Diaria (kg/día).

Xwi : Concentración Media Ponderada (g/m^3).

QTM : Caudal Total Medio ($m^3/día$).

Para la DBO5, la Concentración Media Ponderada, resultó ser de 219.84 g/m^3 , el Caudal Medio Diario es 1645.12 l/s (142138 $m^3/día$), con lo que Carga Media Diaria es:

$$CM = (219.84) * (142138) / 1000 = 31247.69 \text{ Kg/día.}$$

Los resultados de la Carga Media Diaria para los principales parámetros se resumen a continuación:

Cuadro 76. Carga media diaria

PARÁMETRO	X_w	CM
DBO5	219,84	31246,93
DQO	431,00	61261,75
NH3	20,78	2953,60
N TOTAL	32,55	4626,99
P TOTAL	1,13	160,60
SST	83,31	11841,04
CROMO	0,04	6,07

X_w: Concentración Media Ponderada (mg/l)

CM: Carga Media Diaria (kg/dfa)

Caudal Medio: 142138 m³/día.

9.5. FACTORES DE APORTACIÓN PER CAPITA A LA CONTAMINACIÓN

A partir de los datos de las concentraciones medias ponderadas y la población total, es posible estimar los Factores de Aportación Per cápita, despreciando las contribuciones originadas por la industria, el comercio entre otros.

El Factor de Aportación viene dado por:

$$F_A = C_M / P \quad \text{Ec. 6.5}$$

Donde:

FA: Factor de Aportación Per capita (kg/hab.día)

CM: Carga Media Diaria (kg/día)

P : Población Actual 375767 Habitantes

Por ejemplo el F_A para la DQO teniendo en cuenta que la CM es de 61261.75 kg/día y la población actual urbana de Pasto es de 375767 Habitantes es:

$$F_A = 61261.75 / 375767 = 163.03 \text{ kg/hab.día}$$

En el siguiente Cuadro se resumen los F_A para los principales parámetros:

Cuadro 77. Factores de aportación per capita a la contaminación

PARÁMETRO	CM	FACTOR DE APORTACIÓN EXPERIMENTAL	FACTOR DE APORTACIÓN INTERVALO TÍPICO
DBO5	31246,93	83,18	-
DQO	61261,75	163,07	65-120
NH3	2953,60	7,86	2 – 4
N TOTAL	4626,99	12,32	10 – 15
P TOTAL	160,60	0,43	3.5 - 5.5
SST	11841,04	31,52	65-125
CROMO	6,07	0,02	-

. Factor de Aportación experimental kg/hab/día

10. CONCLUSIONES

La prevención de la polución del agua y del suelo solo es posible si se definen técnicas apropiadas de tratamiento y disposición de las aguas residuales. sin embargo, ningún programa de control tendrá éxito si no se cuentan con los recursos financieros para su implantación, operación y mantenimiento permanente.

De acuerdo con diferentes estudios y caracterizaciones se ha afirmado que la cantidad total de excrementos humanos húmedos es aproximadamente de 80 a 270 gr/persona/día, que la cantidad de orina es de 1 a 1.3 kg/persona/día y que un 20 % de la materia fecal y un 2 % de la orina son material orgánico putrefascible; por consiguiente el agua residual domestica cruda es putrefascible, olorosa, ofensiva y un riesgo para la salud.

El retorno de las aguas residuales a nuestros ríos o lagos nos convierte en usuarios directos o indirectos de las mismas y a medida que crece la población aumenta la necesidad de proveer sistemas de tratamiento que permitan eliminar los riesgos para la salud y minimizar los daños al ambiente.

En este capítulo se exponen las conclusiones a las cuales se llegó una vez realizada la parte experimental, tanto en lo que concierne a la medición de caudales como a la determinación de los principales parámetros fisicoquímicos, efectuado un tratamiento matemático y gráfico que permitiese facilitar el presente análisis.

A pesar de que el número de análisis realizados fue relativamente bajo, y las conclusiones a las que se llegó no pueden generalizarse indiscriminadamente para todo el año, vale la pena resaltar que las concentraciones obtenidas de los diferentes parámetros permiten sacar conclusiones conservadoras, ya que las muestras analizadas fueron efectuadas en un período seco, además, de que esta tesis representa el inicio de un proceso de caracterización, cuyo estudio se debe hacer en un periodo de tiempo que puede durar años, por lo que se recomienda dar una continuidad a este trabajo.

10.1 ANÁLISIS DE LAS VARIACIONES HORARIAS DE CAUDAL

Según el estudio efectuado, se puede concluir que las variación horarias de caudal observadas, presentaron un comportamiento que corresponde al de un sistema de alcantarillado cuyos caudales pico se presentan en las horas comprendidas en las 7 y 9 de la mañana y de las 12 a la 1 de la tarde, lo cual nos explica la tendencia del periodo de retorno para los consumos máximos.

Esto ocasiona que las concentraciones y las cargas presenten un comportamiento típico llegando a altos valores en la mañana y al medio día con un grado de dilución equilibrado por el alto caudal presentado a dichas horas.

Las variaciones horarias de caudal para cada uno de los colectores siguieron una variación similar entre sí.

El Interceptor Lateral Izquierdo, recibe el 15.39 % del caudal total de las aguas residuales, debido a que abarca el mayor porcentaje de población (47.51%), mientras que el Colector del Club de Tenis (Universidad de Nariño) con un 1.42 % de la población total recibe el menor porcentaje de las aguas residuales (0.55%).

10.2 ESTIMACIÓN DE DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES.

Tal como se discutió en el capítulo 3, para alcanzar niveles aceptables de tratabilidad, es necesario de que los microorganismos dispongan de concentraciones adecuadas de nutrientes.

Las sustancias clasificadas como nutrientes fueron: Fósforo Total, Nitrógeno Total.

Existen relaciones que permiten cuantificar y determinar si el agua residual es susceptible de tratamiento por vía biológica:

Cuadro 78 BIODEGRADABILIDAD DE UN AGUA RESIDUAL^{*14}

RELACIÓN	VALOR	CARACTERÍSTICA
DBO ₅ /DQO	< 0,2	Poco Biodegradable
	0.2 - 0.4	Biodegradable
	> 0.4	Muy Biodegradable
DBO ₅ /N _{TOTAL}	<= 20	Disponibilidad suficiente
DBO ₅ /P _{TOTAL}	<= 100	Disponibilidad suficiente

¹⁴ Tomado de Hernández M. A. Manual de Depuración Uralita.

Los datos obtenidos experimentalmente de las anteriores relaciones fueron :

Cuadro 79 RELACIONES EXPERIMENTALES DE DBO5/DQO, DBO5/NITROGENO y DBO5/FOSFORO

HORA	RELACION		
	DBO5 / DQO	DBO5 / P TOTAL	DBO5 / N TOTAL
1	0,8670	35,0694	5,2238
2	0,6280	24,9206	1,3106
3	0,6828	6,8394	1,6335
4	0,0061	0,3641	0,2747
5	1,0357	30,5263	21,3015
6	1,0498	72,4816	9,1557
7	0,7271	59,9832	20,4964
8	0,2049	36,9883	4,5145
9	0,2602	12,5887	5,3688
10	0,1234	9,8846	3,0039
11	0,4923	37,8061	5,4187
12	1,7998	100,8655	14,6274
13	0,7613	14,0782	5,8648
14	0,6800	10,0256	5,1583
15	0,0962	0,9349	1,9017
16	0,6092	7,4834	10,1651
17	0,7106	12,2768	13,3307
18	0,7774	6,8857	6,0744
19	0,5828	28,3721	6,1492
20	0,4514	15,1196	1,3196
21	0,0091	0,6880	0,0753
23	0,5529	83,9400	6,0351
24	0,5544	30,9804	7,6733

De acuerdo con los valores obtenidos en los diferentes parámetros de concentración media ponderada, para determinar el grado de tratabilidad y disponibilidad de nutrientes se resumen las relaciones anteriormente citadas:

Cuadro 80. Relaciones de nutrientes obtenidas experimentalmente

RELACIÓN	VALOR		
	MÁXIMO	MEDIO	MÍNIMO
DBO5 / DQO	1,7998	0,6150	0,0061
DBO5 / P TOTAL	100,8655	28,0537	0,3641
DBO5 / N TOTAL	21,3015	6,7789	0,0753

De los valores anteriormente obtenidos se puede concluir que no existe limitación de nutrientes para poder llevarse a cabo la depuración del agua residual por vía biológica.

Se puede concluir que para el tiempo de observación la relación promedio de DBO5/DQO fue de 0.61, que corresponde a un agua muy biodegradable.

Las relaciones promedio de DBO5/N TOTAL y DBO5/P TOTAL fueron de 6.77 y 28.05 que son menores que 20 y 100 respectivamente, con las cuales se garantiza un nivel de nutrientes adecuado con disponibilidad suficiente para procesos de tratamiento por vía biológica, como Lodos Activados y Filtros Biológicos.

Los resultados obtenidos en cuanto a Nitrógeno Total no revela que el agua en estudio se encuentra dentro de las aguas residuales domesticas promedios, que presentan una concentración de Nitrógeno Total entre 30 – 100 mg/L.

Las concentraciones de Nitrógeno Total, Fósforo Total, fueron lo suficientemente altas para asegurar un crecimiento microbiano adecuado.

10.3 DETERMINACIÓN DE CONCENTRACIONES DE INHIBICIÓN O CONCENTRACIONES TOXICAS.

Las sustancias analizadas y clasificadas como sustancias tóxicas fueron Cromo Hexavalente. Sin embargo, se prestó atención a las concentraciones de otros elementos que aunque son indispensables para el crecimiento y desarrollo de la comunidad biológica (Nutrientes y micronutrientes), en concentraciones próximas a las de inhibición, se convierten en sustancias tóxicas para los microorganismos depuradores.

Las concentraciones observadas fueron las siguientes:

10.3.1 Cromo Hexavalente. La mayor concentración fue de 0.09 mg/l, la cual, de acuerdo con el Cuadro 1.3 no alcanza el umbral de concentración prohibitiva para los microorganismos encargados de la eliminación de la DBO carbonosa, pero alcanza una concentración tal que puede tornarse tóxica para los microorganismos encargados de la nitrificación (Nitrosomas y Nitrobacter), que es de 0.25 mg/l, por lo tanto es necesario introducir un proceso de tratamiento tal que permita bajar la concentración a valores menores que el de inhibición.

De otro lado la concentración máxima medida de Cromo Hexavalente fue superior a la máxima permitida para vertidos de aguas residuales que es de 0.050 mg/l de acuerdo con el Decreto 1594/84, resaltando la necesidad de un tratamiento para reducir el valor a niveles aceptables de concentración.

El Cromo Hexavalente a concentraciones elevadas es altamente tóxico, afectando seriamente los riñones y el sistema respiratorio.

La concentración máxima observada fue de 0.090 mg/l, la cual esta por debajo de los 1 mg/L que es el límite de inhibición para tratamientos biológicos de eliminación de la DBO Carbonosa, sin embargo, es varias veces superior al límite permitido.

Los demás parámetros no alcanzaron concentraciones tóxicas para las bacterias responsables de la estabilización de la DBO Carbonosa ni la DBO nitrogenada.

En el siguiente Cuadro se relacionan los valores de los parámetros evaluados experimentalmente con las limitaciones del decreto 1594/84

**Cuadro 81 COMPARACION ENTRE PARAMETROS
EVALUADOS Y DECRETO 1594/84**

PARAMETRO	VALOR PROM. OBSERVADO(m g/l)	DECRETO 1594/84	OBSERVACIONES
NITRATOS	10,1	10	Este valor es ligeramente mayor al exigido por las normas, sin embargo pueden ser usados por las algas y otros organismos acuaticos, por ello, puede necesitarse la remocion de nitrogeno para prevenir dichos crecimientos. Es de contaminacion fuerte con re
NITRITOS	0,09	1	Su valor esta por debajo del minimo exigido, se observa que el ciclo del nitrogeno se esta comportando adecuadamente, pues la concentracion de nitritos es baja, sabiendo que ellos se encuentran nivel abajo en el ciclo del Nitrogeno. Pertenece a una cont
FOSFORO	1,1	-	Corresponde a AR de carga ligera. Garantiza una buena disponibilidad de este nutriente para tratamientos biologicos.
CROMO	0,044	0,05	Este valor promedio se encuentra por debajo del minimo exigido, se requiere limitar su concentración con tratamientos físicos o químicos. Se encuentra dentro de contaminacion media con respecto a la Tabla1 1

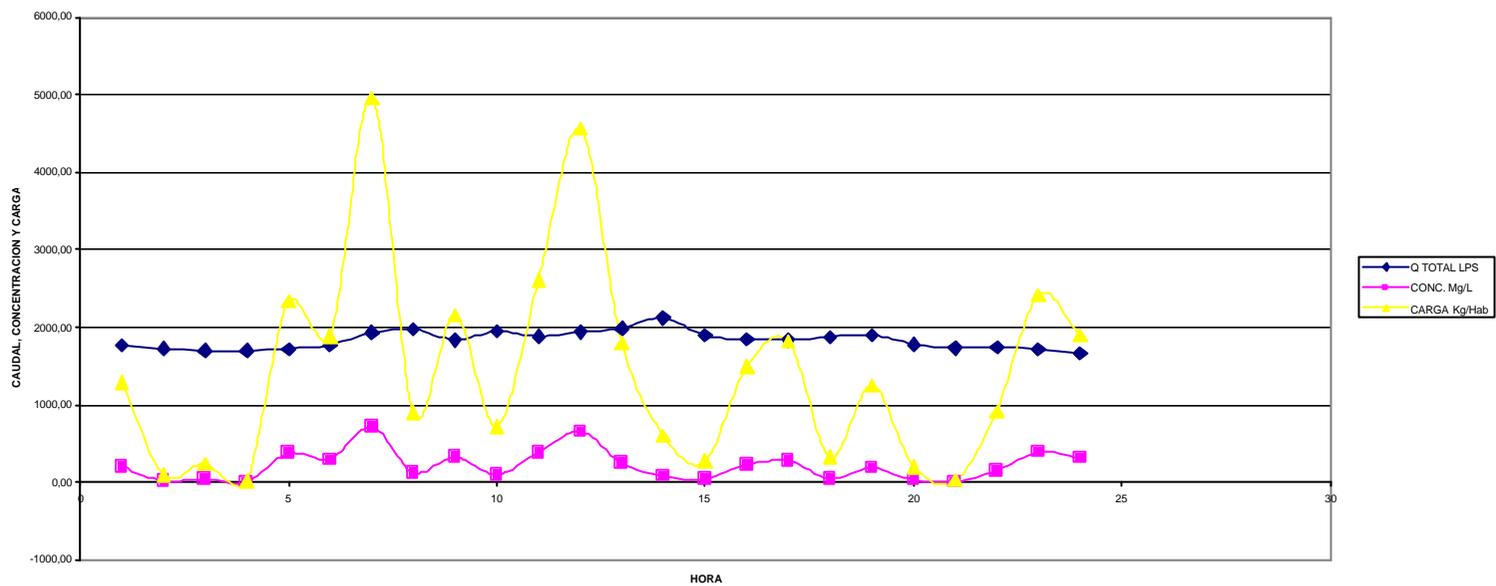
Cuadro 81 COMPARACION ENTRE PARAMETROS EVALUADOS Y DECRETO 1594/84 (continuación)			
DBO₅	210,6	-	Concentración media para la se cual recomienda introducir sistemas de depuración para disminuir dicho valor a un mínimo del 80% en remoción como estipula el decreto 1594/84.
DQO	412	-	Valor promedio superior a la contaminación media de la Tabla 1,1, sin embargo la relación DBO5/DQO es satisfactoria pues tiene una relación proporcional optima para tratamiento biológico
PH	8,53 und. de PH	6,5-8,5	El valor promedio se encuentra dentro del intervalo exigido y en este estado las bacterias pueden crecer (6,5-7,5)
ALCALINIDAD	536	-	Este valor de concentración es muy alto con relación a las concentraciones comunes en aguas residuales (50 - 200 mg/lit) , su capacidad para neutralizar acidos y prevenir cambios bruscos de PH, lo que la hace importante en procesos de remoción biológica

10.4 ANÁLISIS DE VARIACIONES HORARIAS CONCENTRACIÓN Y CARGA DE CONTAMINANTE

Las variaciones horarias de concentración y carga contaminante de los principales parámetros siguieron el comportamiento que se presenta a continuación:

10.4.1 DBO₅. La variación Horaria en Concentración y Carga Demanda Bioquímica de Oxígeno a los Cinco Días se comportó de la manera que se presenta gráficamente a continuación:

FIGURA 46 VARIACION HORARIA DE CONCENTRACION Y CARGA DE DBO5



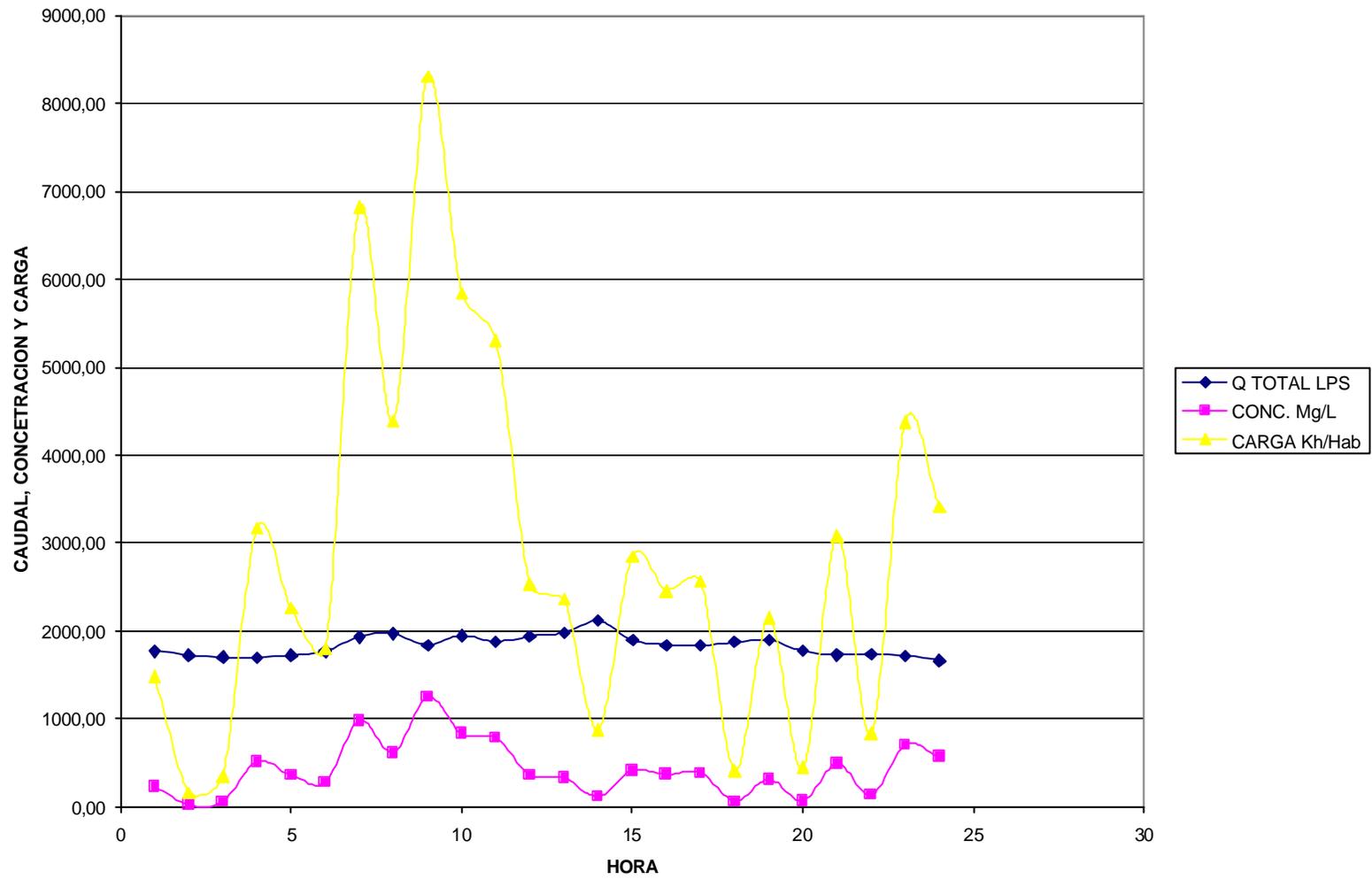
En la Figura 8.1 se puede apreciar que tanto la carga contaminante como la concentración, presentaron variaciones horarias típicas según la literatura, presentándose el máximo a las 7 horas de la mañana y el mínimo a las 4 de la madrugada.

10.4.2 DQO. La DQO varió en forma esperada para la concentración, registrándose el máximo y el mínimo a las nueve (9) de la mañana y dos (2) de la mañana respectivamente.

La variación horaria de la carga contaminante de la DQO presentó un comportamiento atípico, presentándose el máximo a las 9 de la mañana y el mínimo a la dos de la madrugada, debido a que el caudal presentó una variación diferente a la normalmente esperada.

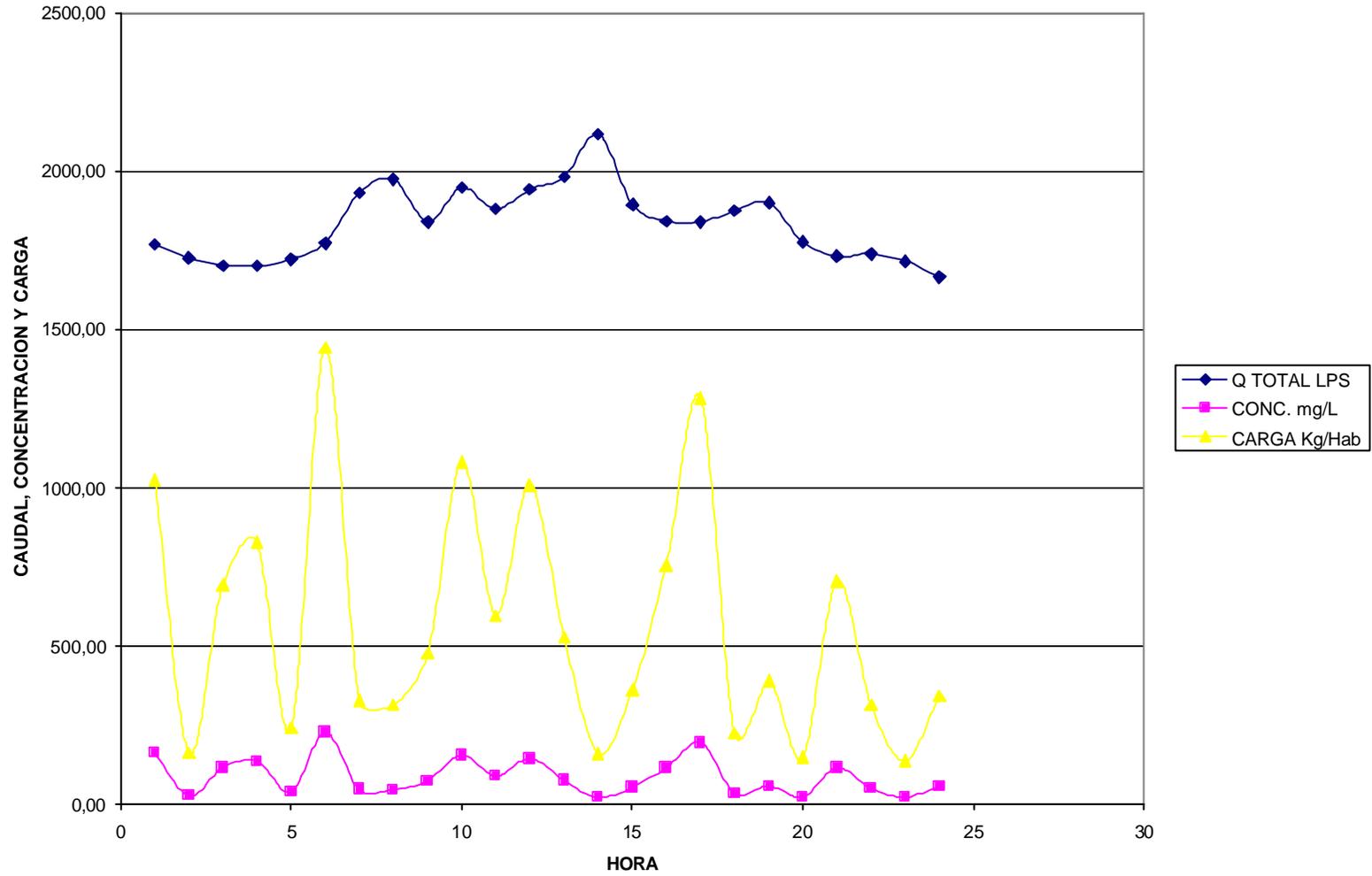
Las variaciones en cuanto a carga y concentración obedecen las siguientes tendencias:

FIGURA 47 VARIACION HORARIA DE CONCENTRACION Y CARGA DE DQO



10.4.3 Sólidos Suspendidos Totales (SST). Los sólidos Suspendidos variaron de manera típica en cuanto a concentración y en forma equilibrada en lo concerniente a carga contaminante, lo cual se explica por el comportamiento típico de la variación en el caudal total. Las variaciones observadas fueron como se presentan en la siguiente gráfica:

FIGURA 48 VARIACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

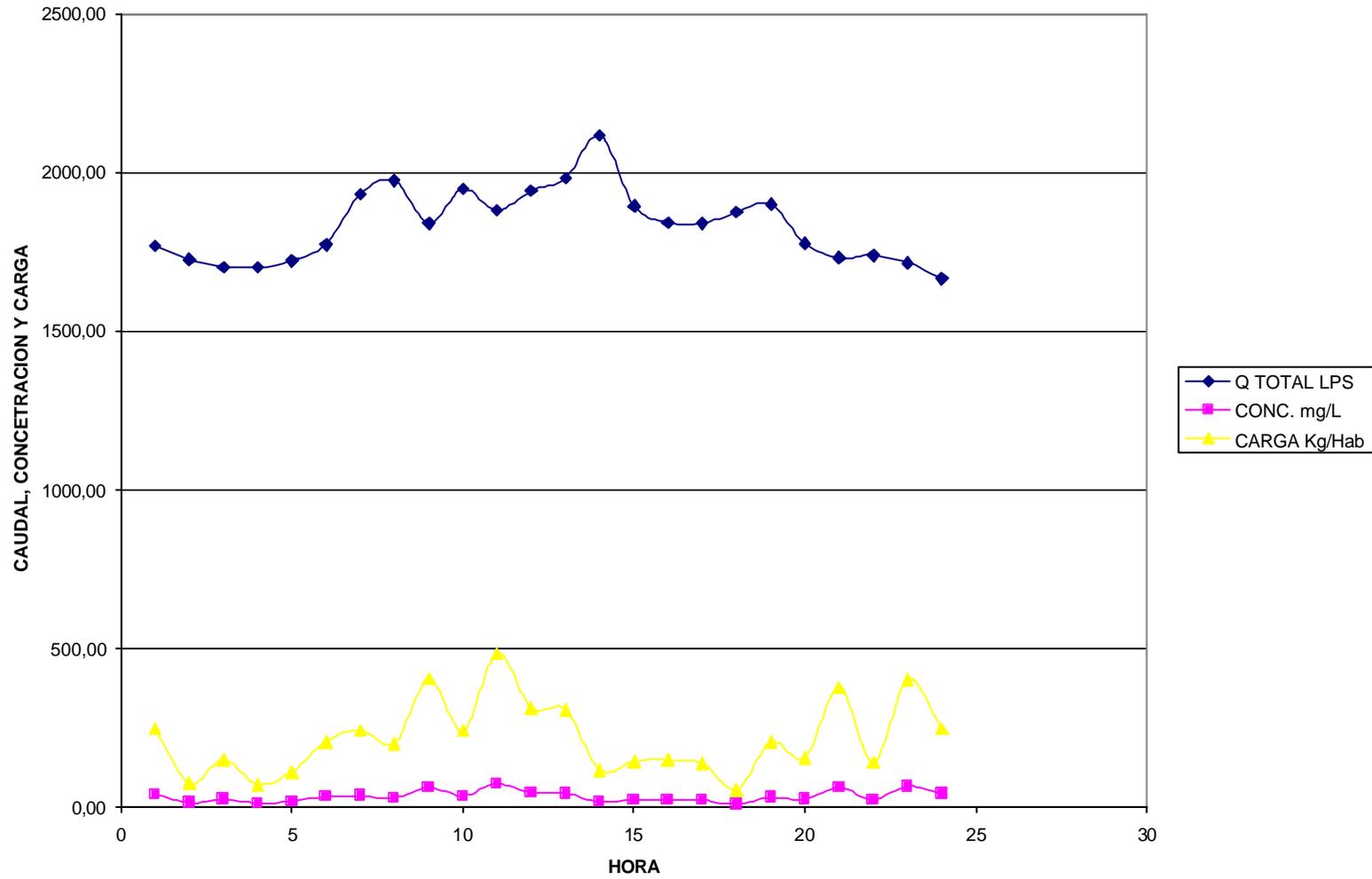


10.4.4 Nitrógeno Total. En los análisis de aguas residuales, se consideran como concentraciones débiles de nitrógeno total las que se encuentran en un rango de 10 a 20 mg/L.

La variación horaria en cuanto a carga y concentración del Nitrógeno Total presentó un comportamiento típico.

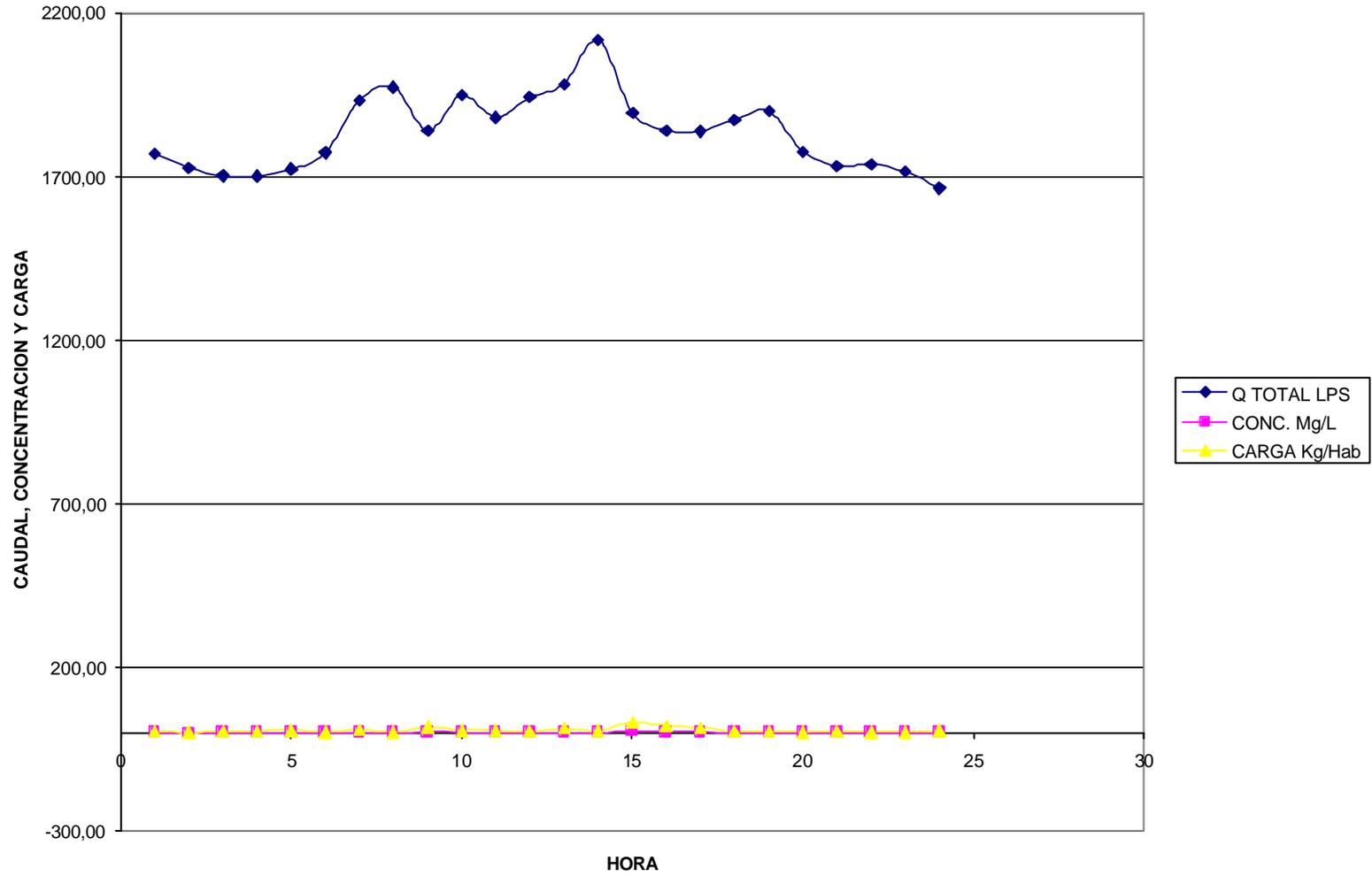
En la siguiente figura, se puede apreciar lo anterior:

FIGURA 49 VARIACION HORARIA DE CONCENTRACION Y CARGA DE NITROGENO TOTAL



10.4.5 Fósforo total. La variación en el comportamiento horario tanto en las concentraciones como en las cargas de Fósforo Total, fueron las esperadas sabiendo de antemano que su concentración es baja respecto a los altos caudales como se observa en la figura:

FIGURA 50 VARIACION HORARIA DE CONCENTRACION Y CARGA DE FOSFORO TOTAL



Comparando los valores de cada uno de los parámetros fisicoquímicos estudiados se puede concluir que las concentraciones de los mismos se ubican entre Contaminación Alta y Media, debidas principalmente a dos razones:

La primera a que el período de tiempo durante el cual se efectuaron las caracterizaciones fue eminentemente seco.

La segunda razón es la que la dotación del agua de suministro para Pasto es de aproximadamente 199 l/hab.día, la cual es baja.

Las anteriores razones explican los altos valores en las concentraciones de los parámetros evaluados debido a que el grado de dilución alcanzado es bajo.

Se puede concluir que de acuerdo con el presente estudio, el agua residual urbana de Pasto es esencialmente de carácter doméstico, pues según el Cuadro 6.B, el 54.49% de la misma es de origen residencial, y el restante 45.51 % corresponde a consumo de carácter comercial (44.16%), industrial (0%) y Tratamiento especial (1.35%).

10.5 ANÁLISIS DE LOS FACTORES DE APORTACIÓN PER CAPITA A LA CONTAMINACIÓN

Estudiando los valores estadísticamente de los principales parámetros, se encontraron entre los límites normales según el Cuadro 1.1[3].

La explicación de b anterior sugiere que el comportamiento fisicoquímico de las aguas residuales sigue una trayectoria generalizada y que en nuestro caso los valores promedios detallados se encuentran dentro de los límites permitidos por el decreto 1594 del 84. Que corresponde a un agua con contaminación media.

10.6 CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

- En un desarrollo gradual de sistemas de tratamiento se pueden considerar, como objetivos iniciales principales del tratamiento de aguas residuales los siguientes:
 - Remoción de DBO
 - Remoción de sólidos suspendidos
 - Remoción de patógenos.

Posteriormente, ha sido común agregar:

- Remoción de nitrógeno y fósforo

Finalmente se involucra:

- Remoción de sustancias orgánicas refractarias como los detergentes, fenoles y pesticidas.
- Remoción de trazas de metales pesados.
- Remoción de sustancias inorgánicas disueltas.

La complejidad del sistema del tratamiento es, por tanto, función de los objetivos propuestos. Teniendo en cuenta el gran número de operaciones y procesos disponibles para tratamiento de aguas, es común hablar pretratamiento, tratamiento primario, tratamiento secundario, tratamiento terciario o avanzado de aguas residuales.

En general, el pretratamiento tiene como objetivo remover del agua residual aquellos constituyentes que pueden causar dificultades de operación y mantenimiento en los procesos posteriores o que, en algunos casos, no pueden tratarse conjuntamente con los demás componentes del agua residual.

El tratamiento primario se refiere comúnmente a la remoción parcial de sólidos suspendidos, materia orgánica u organismos patógenos, mediante sedimentación u otro medio, y constituye un método de preparar el agua para el tratamiento secundario. Por lo regular, el tratamiento primario remueve alrededor del 60 % de sólidos suspendidos del agua residual cruda y un 35 a 40% de la DBO.

El tratamiento secundario convencional se usa principalmente para remoción de DBO soluble y sólidos suspendidos e incluye, por ello, los procesos biológicos.

El tratamiento terciario y avanzado supone, generalmente, la necesidad de remover nutrientes para prevenir la eutrofización de las fuentes receptoras o de mejorar la calidad de un efluente secundario con el fin de adecuar el agua para su reuso.

- según el artículo 72 del decreto 1594 del 1984 se establece que todo vertimiento a un cuerpo receptor de agua deberá cumplir, por lo menos, las siguientes normas:

Cuadro 82. Vertimientos

Referencia	Usuario existente	Usuario nuevo
Ph	5 – 9	5 - 9
Temperatura	$\leq 40^{\circ}\text{C}$	$\leq 40^{\circ}\text{C}$
Material flotante	Ausente	Ausente
Grasas y aceites	Remoción $\geq 80\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga
Sólidos suspendidos domésticos o industriales	Remoción $\geq 50\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga
DBO:		
- para desechos domésticos	Remoción $\geq 30\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga
- para desechos industriales.	Remoción $\geq 20\%$ en carga	Remoción $\geq 80\%$ en carga

- Se debe tener en cuenta que dentro de la ciudad no se observa recuperación del Río, pues su capacidad de asimilación esta completamente bloqueada por la gran cantidad de aguas residuales y desechos sólidos, en cuanto a cargas de sólidos suspendidos no se observa mejoría alguna, esta aumenta paulatinamente hasta finalizar el recorrido del Río.
- El oxígeno disuelto desciende a valores cercanos o igual a cero en el vertimiento del hospital departamental pero hay una pequeña recuperación en los siguientes tramos, finalmente en la Universidad de Nariño se observa que tiene un valor de 3.99 mg/L, esto debido a que aumenta la pendiente del Río y por ende su pequeña recuperación, mas esto no es indicativo de que la calidad del agua haya mejorado, pues la carga orgánica inicial entra en un

proceso de digestión favorecida luego por la buena reaieración del Río y el aumento gradual de la temperatura.

- Aunque en la práctica existen caracterizaciones típicas de aguas residuales, las cuales son muy importantes como referencia de los parámetros de importancia por analizar y de su magnitud, hay que recordar que cada agua residual es única en sus características y que en lo posible, los parámetros de polución deben evaluarse en el laboratorio para cada agua residual específica. A continuación se detallan algunas composiciones típicas de aguas residuales domesticas.

Cuadro 83. Composición típica de aguas residuales¹⁵

Parámetro	Magnitud	mg/L
DQO	400	mg/L
Sólidos suspendidos	200	mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	150	mg/L
Nitrógeno amoniacal	30	mg/L - N
Ortofosfatos	10	mg/L - P
Sólidos totales	720	mg/L
Sólidos disueltos	500	mg/L
Sólidos disueltos volátiles	200	mg/L
Sólidos suspendidos	220	mg/L
Sólidos suspendidos volátiles	165	mg/L
Sólidos sedimentables	10	mg/L
DBO	220	mg/L
COT	160	mg/L
DQO	500	mg/L
Nitrógeno total	40	mg/L-N
Nitrógeno orgánico	15	mg/L-N
Nitrógeno amoniacal	25	mg/L-N
Nitritos	0	mg/L-N
Nitratos	0	mg/L-N
Fósforo total	8	mg/L-P
Fósforo orgánico	3	mg/L-P
Fósforo inorgánico	5	mg/L-Cl
Cloruros	50	mg/L- CaCO ₃
Alcalinidad	100	mg/L
Grasas	100	mg/L

- Se observo por inspección que los desechos sólidos arrojados al Río tienen una incidencia notoria en el comportamiento de las características del río y un efecto secundario en el lecho del mismo, ya que en época de verano gran cantidad de estos sólidos se acumulan en las orillas descomponiéndose y formando así focos de proliferación de insectos y roedores y malos olores, en

¹⁵ Tomado Caracterización Aguas Residuales. Universidad Nacional.

épocas de invierno el agua arrastra con los depósitos, remueve la materia orgánica compuesta por procesos anaerobios y libera los gases atrapados, ocasionando malestar en la población.

- La carga contaminante de DBO que recibe el río pasto en el sector del casco urbano corresponde a la producida por una población de mas 579000 habitantes (calculado hecho en base al concepto de habitante-equivalente) lo que indica que cada habitante produce una carga de DBO dos veces mayor que la normal.
- Es de gran importancia en un programa de caracterización distinguir los resultados que son afectados por factores de incertidumbre con el fin de evitar resultados no representativos. Los factores de incertidumbre pueden ser debidos a modificación constante del caudal en los colectores, reacciones químicas resultantes de la combinación de varias descargas y errores en el calculo y análisis de los parámetros medidos, pues estos pueden variar con el tiempo, muestra, personal, tipo de preservación de la muestra y otros factores menos evidentes.

11. RECOMENDACIONES

1. Participación de la Universidad, en programas de asesorías a la dirección de saneamiento ambiental, a Empopasto y al municipio de Pasto encaminados a objetivos concretos como los son:
 - a. Recuperación integral del río Pasto.
 - b. Establecer y controlar una campaña de educación pública en relación al uso adecuado del agua.

2. Efectuar estudios con períodos de observación y evaluación más amplios que cubran temporadas de alta Lluviosidad, que permitan conocer los factores punta de caudales y consecuentemente poder dimensionar las unidades de depuración.

3. Desarrollar un estudio más amplio y profundo que proporcione una información más detallada acerca del comportamiento de los caudales de aguas residuales en las diferentes condiciones climáticas, al igual que efectuar análisis fisicoquímicos adicionales para evaluar un mayor número de parámetros

por ejemplo: Aluminio, Arsénico, Aceites y grasas, Agentes tensoactivos, jabones y detergentes, Manganeso entre otros.

4. Proyectar y construir plantas de tratamiento que permitan ajustar los diferentes parámetros a concentraciones iguales o inferiores a las fijadas en las normas vigentes para vertidos de aguas residuales.

5. Es aconsejable implementar sistemas de depuración biológica con un tratamiento previo a la nitrificación que permita eliminar las concentraciones de algunos tóxicos tales como: Cromo Hexavalente para ajustarlos a valores que resulten inocuos para los microorganismos.

6. Realizar un estudio completo que incluya el plan de desarrollo urbanístico de la ciudad, proyecciones demográficas, estudio topográfico, análisis de costos de instalación, operación y mantenimiento y una evaluación del impacto ambiental con el fin de determinar la ubicación y el número de futuras plantas de tratamiento del agua residual originada en el casco urbano.

7. Se deben definir los sectores de producción y áreas de contaminación a fin de iniciar programas tendientes a la recuperación física de la calidad de las agua,

control de la normatividad en este aspecto, incorporación de programas de gestión ambiental para la contaminación y acciones en materia de educación ambiental.

8. Se precisa hacer un examen de la situación actual ambiental de la cuenca pues presenta problemas como:

a. Reducción paulatina del caudal aprovechable para agua potable y riego de las corrientes que surten al río, al respecto no se tiene monitoreos y planes de acción en las microcuencas abastecedoras.

b. Perdida de la cobertura vegetal en tierras de vocación forestal protectora, sin acciones concretas de revegetalización o mecanismos legales para minimizar estos procesos.

c. Bajo nivel de organización a nivel local y administrativo municipal para implementar acciones de recuperación.

d. Deficiente infraestructura y recursos para el saneamiento ambiental.

e. Bajo nivel de conciencia ambiental por parte de la población.

9. Es importante continuar este estudio en cuanto a la caracterización y medición de caudales, en un periodo de tiempo mas amplio para hacer un análisis estadístico a los resultados, y hacer mas representativo y veraz el análisis de los parámetros puesto que estos servirán en un futuro para el diseño de una planta de tratamiento, y para calcular el valor de las tasas retributivas.

10. Solicitar a la Alcaldía y a Empopasto continuar con la construcción del Plan Maestro de Alcantarillado y en especial con la prolongación del colector paralelo al río Pasto, desde el barrio Juan XXIII hasta un sitio seleccionado aguas abajo, que puede ser el lote denominado “El Rosa” que el municipio lo adquirió para un posible relleno sanitario y en el que eventualmente previos estudios se podría ubicar la futura Plan de Aguas Residuales.

BIBLIOGRAFÍA

- DI BERNARDO, L. Métodos y Técnicas De Tratamiento De Agua, 18 Ed. Asociación Brasileña de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Brasil, 1993.

- HERNANDEZ, M. A. , ET AL, Manual de Depuración Uralita, 1 a Ed. Paraninfo, España, 1996.

- METCALF & EDDY., Ingeniería de Aguas Residuales. Tratamiento Vertido y Reutilización. 3a Ed. Mc. Graw Hill, España 1995.

- MODEL DR/700 PORTABLE COLORIMETER INSTRUMENT MANUAL. HACH Company.

- MANUAL DE ANALISIS DE AGUA HACH Company.

- MODEL 16900 DIGITAL TITRATOR HACH Company.

- SALAZAR, C. R., Ingeniería Ambiental. Publicación Universidad de Nariño, Facultad de Ingeniería, Colombia, 1995. 325 p.

- NORMAS RAS 2000. Titulo E, Caracterización de aguas residuales. Ministerio del Medio Ambiente. Bogota. 2000. 287 p.

- MEMORIAS DE DISEÑO DE LOS COLECTORES DE LA RED DE ALCANTARILLADO MUNICIPAL (PLAN MAESTRO DE ALCANTARILLADO). EMPOPASTO.

- ACTUALIZACION PLAN DE ORDENAMIENTO CUENCA DEL RIO PASTO. CORPONARIÑO.