



ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA REUTILIZACION
EN RIEGO DE LOS RESIDUOS LIQUIDOS
DEL JARDIN ZOOLOGICO NACIONAL

Seminario de Título

entregado a la

Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile

en cumplimiento parcial de los requisitos

para optar al título de

QUIMICO AMBIENTAL

Marcia Virginia Montero Ruiz

Director Seminario de Título: Dr. Gonzalo González Rivera

Profesor Patrocinante: Dr. Fernando Núñez Salinas

Noviembre, 2000

*A mis padres, a Carlos,
Andrés, mis padrinos,
Lady y a mis Ángeles.*

*“Algún día llegaré a ser un árbol, y el viento cantará entre
mis ramas, y el sol danzará sobre mis hojas. Seré fuerte y
hermoso durante todas las estaciones...”* Khalil Gibrán.

Agradecimientos

Quiero comenzar agradeciendo a las personas que creyeron en mí y que por esta razón permitieron y apoyaron el desarrollo de mi tesis en el Jardín Zoológico.

Agradecer la confianza, amabilidad y la buena disposición del personal del Parque Metropolitano de Santiago y de sus distintos departamentos: consumos básicos, al de comunicaciones y relaciones públicas, al departamento técnico, además, de la gran paciencia de don Ricardo Alvarez del departamento de parques y jardines. No puedo dejar de mencionar al departamento Zoológico que, a través de todos sus trabajadores cordialmente ayudaron a mi trabajo: a don Luis por su fuerza, a los Doctores Gonzalo, Ricardo y Pablo, a la Srta. Silvia, a don Marcelino y muchos otros por su colaboración. A Mauricio por su confianza en este proyecto.

También dar gracias a la gente que silenciosamente me ayudó: a la biblioteca Nacional, a la biblioteca y departamento del ambiente del MinSal, archivo técnico de la OPS, a la SISS, al INN, a la secretaría de Producción Limpia del Ministerio de Economía, a la Cámara Chilena de la Construcción, a Concesiones del MOP, al Centro Cultural de la Estación Mapocho, al Sernatur, al IGM y a Vilma de la Facultad de Ciencias.

Además, el apoyo de los profesores María T. Varnero, Fernando Núñez, María Inés Toral, Fernando Valenzuela, Manuel Contreras, don Jaime Sapag-Hagar y en forma especial a Sylvia Copaja por su paciencia, dedicación, tiempo y espacio.

A las bibliotecas de Ciencias y de Ingeniería, especialmente a don Marcos y a Juan Carlos por su buena disposición. A Margarita por la accesibilidad para escuchar y prestar el computador, de verdad gracias. Al tío Juan por ayudarme con los planos. A Bernardo.

A mis amigos, los de verdad.

A mi familia y Otto, por su cariño para soportar este tiempo las distintas circunstancias, por su apoyo incondicional y las mil maneras que encontraron para aportar su granito de arena, que a decir verdad fue un cerro.

Finalmente agradecer a Dios y la Virgen, por poner en mi camino justo lo necesario y también la sal de la vida. Y a mis ángeles por volar siempre a mi lado.

INDICE

Lista de Tablas.....	vi
Lista de Figuras.....	vii
Lista de Fotografías.....	viii
Abreviaturas.....	ix
Glosario.....	x
Resumen.....	xiv
1. Introducción.....	1
1.1 Objetivos.....	2
2. Revisión Bibliográfica.....	3
2.1 Antecedentes Generales.....	3
2.2 Antecedentes Históricos.....	4
2.2.1 Parque Metropolitano de Santiago.....	4
2.2.2 Jardín Zoológico Nacional.....	13
2.3 Antecedentes sobre el Recurso Hídrico.....	16
2.3.1 Abastecimiento de Agua Potable en el Parque.....	17
2.3.2 Abastecimiento de Agua Potable en el Zoológico.....	21
2.3.3 Agua de riego en el Parque.....	24
2.3.4 Agua de riego en el Zoológico.....	25
2.3.5 Disposición de Aguas residuales en el Parque.....	27
2.3.6 Disposición de Aguas residuales en el Zoológico.....	30
2.3.7 Destino de las Aguas residuales.....	34
2.4 Legislación Vigente.....	35

3. Materiales y Métodos.....	40
3.1 Lugar del Estudio.....	40
3.2 Procedimiento Experimental.....	40
3.2.1 Seguimiento semanal de los residuos líquidos del Jardín Zoológico	41
3.2.1.1 Parámetros Físicoquímicos y Análisis Químicos.....	41
3.2.1.2 Análisis Parasitológico.....	42
3.2.2 Parámetros físicoquímicos y microbiológicos para un día Lunes....	43
3.2.3 Determinación de metales para un día Lunes.....	45
4. Resultados	48
4.1 Seguimiento Semanal.....	48
4.1.1 Resultados de los Análisis Químicos y Físicoquímicos.....	48
4.1.2 Resultados Parasitológicos.....	52
4.2 Resultados para un día Lunes.....	53
5. Discusión.....	62
6. Conclusiones.....	68
7. Propuesta.....	69
8. Bibliografía.....	75

Anexo A: Descripción detallada del sistema de Riego en el Parque Metropolitano de Santiago.

Anexo B: Metodologías y resultados experimentales para la Determinación de Sólidos Suspendidos totales, Nitrito, Nitrato y Ortofosfato.

LISTA DE TABLAS

Cuadro N°		Página
1	Ubicación medidores agua potable en el PMS	19
2	Consumo de Agua Potable elevada a la cumbre del cerro San Cristóbal. (Cuentas de agua, Departamento Consumos Básicos)	20
3	Semanario lavado de piscinas del Zoológico (Jardín Zoológico)	24
4	Características exigidas para agua de riego. (INN, 1978)	35
5	Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego. (INN, 1978)	36
6	Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológicas de las aguas residuales empleadas en agricultura. (OMS, 1989)	38
7	Parámetros “in situ” del seguimiento semanal	48
8	Resumen de promedios diarios determinados en laboratorio	51
9	Resultados para algunos parámetros de los residuos líquidos del Zoológico.	53
10	Parámetros “in situ” durante el muestreo	54
11	Resultados para la detección de metales.	56
12	Caracterización de las señales de las mediciones electroquímicas	58

LISTA DE FIGURAS

Figura N°		Página
1	Perfil de cumbres del Parque Metropolitano de Santiago. (Ossandon, 1966)	5
2	Ubicación Geográfica del Parque Metropolitano de Santiago. (Gentileza Departamento RRPP del Parque)	6
3	Esquema General del Jardín Zoológico Nacional. (Folleto zoológico)	15
4	Distribución de Agua Potable en el Parque Metropolitano de Santiago	18
5	Distribución de Agua Potable en el Zoológico.	23
6	Distribución de Agua de Riego en el Parque Metropolitano de Santiago	26
7	Disposición de aguas residuales en el Parque Metropolitano de Santiago	28
8	Diagrama simplificado de la disposición de los residuos líquidos en el Jardín Zoológico	31
9	Seguimiento semanal: temperatura y oxígeno disuelto	50
10	(a) Promedio de Sólidos Suspendidos totales para la semana (b) Promedios diarios de Nitrito, Nitrato y Ortofosfato	50
11	Variación de pH durante el período de muestreo, de los residuos líquidos del Zoológico	55
12	Variación de temperatura durante el período de muestreo, de los residuos líquidos del Zoológico	55

Figura N°		Página
13	Variación del caudal de los residuos líquidos del Zoológico, durante el período de muestreo.	57
14	Mediciones electroquímicas para Blanco de Preservación	59
15	Mediciones electroquímicas para Muestra Zoológico 1	60
16	Mediciones electroquímicas para Muestra Zoológico 2	61

LISTA DE FOTOGRAFIAS

N°		Página
1	Aguas provenientes de la canaleta anterior, por tubo subterráneo	33
2	Válvulas desde piscinas hacia canaletas	33

ABREVIATURAS

<i>CONAMA</i>	Comisión Nacional del Medio Ambiente.
<i>DBO</i>	Demanda bioquímica de oxígeno.
<i>DBO₅</i>	Mide la demanda bioquímica de oxígeno los primeros cinco días. (INN, 1996)
<i>EMOS</i>	Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias.
<i>HP</i>	Unidad de potencia del grupo motobomba.
<i>IGM</i>	Instituto Geográfico Militar.
<i>INN</i>	Instituto Nacional de Normalización.
<i>MinSal</i>	Ministerio de Salud.
<i>MOP</i>	Ministerio de Obras Públicas.
<i>NCh</i>	Norma Chilena.
<i>NMP</i>	Número más probable, estimación de la presencia de microorganismos específicos en una muestra de agua determinada.
<i>OMS</i>	Organización Mundial de la Salud.
<i>OPS</i>	Organización Panamericana de la Salud.
<i>PMS</i>	Parque Metropolitano de Santiago.
<i>SAAM</i>	Sigla de sustancias activas al azul de metileno, asociadas a los detergentes.
<i>SISS</i>	Súper Intendencia de Servicios Sanitarios.

GLOSARIO

- Afluyente* Entrada de agua a un proceso industrial o de aguas residuales a una planta de tratamiento. (INN, 1996)
- Agua residual* Combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua procedente de casa, edificios comerciales, fábricas e instituciones junto a cualquier agua subterránea, superficial y pluvial que pueda estar presente. Llamadas también desechos o residuos líquidos. (Metcalf & Eddy, 1981)
Aguas que se descargan después de haber sido usadas en un proceso, o producidas por éste, y que no tienen ningún valor inmediato para este proceso. (INN, 1996)
- Alcantarilla* Tubería u otra construcción, generalmente subterránea, diseñada para conducir aguas servidas, y que pueden conducir otros tipos de agua, hacia una planta de tratamiento o a un cuerpo receptor. (INN, 1996)
- Análisis in situ* Sistema de análisis en el que al menos el sensor analítico está inmerso en la masa de agua. (INN, 1996)
- Caudal* Volumen de agua que pasa por una sección transversal en una unidad de tiempo. (INN, 1996)
- Colector* Obra artificial destinada a la conducción de aguas. (INN, 1996)
- Coliformes Fecales* Comprende todos los bacilos Gram negativos, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, que: en la técnica de tubos múltiples, fermenten la lactosa con producción de gas a $44,5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ dentro de $24\text{ h} \pm 2\text{ h}$. (INN, 1984)

<i>Contaminación</i>	La presencia en el ambiente de sustancias, elementos, energía o combinación de ellos, en concentraciones y / o permanencia, que pueda constituir un riesgo a la salud de las personas, su calidad de vida, la preservación de la naturaleza o la conservación del patrimonio ambiental. (Chile, 1994)
<i>Cotas de terreno</i>	Número que en los planos o mapas indica la altura a que se halla un punto sobre el nivel del mar, medido en metros, su símbolo es m.s.n.m.
<i>Cuerpo receptor</i>	Masa de agua superficial o subterránea la cual recibe descargas de agua. (INN, 1996)
<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	Cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar o biodegradar la materia orgánica y / o inorgánica contenida en el agua. Es un proceso biológico y aeróbico. Su unidad de medición es mg / L. (INN, 1996)
<i>Desinfección</i>	Consiste en la destrucción selectiva de los organismos causantes de enfermedades. No todos los organismos son inactivados durante el proceso. Esto es lo que diferencia la desinfección con la esterilización, la que conduce a la destrucción de todos los organismos. (Metcalf & Eddy, 1981)
<i>Diámetro (Φ)</i>	Corresponde al diámetro nominal, que es por el que se especifican cañerías y tuberías, otorga un valor tabulado de diámetro interior, exterior y espesor de cañerías comerciales según su material de construcción.
<i>Efluente</i>	Salida de agua o de aguas residuales desde el lugar que las contiene tal como una planta de tratamiento o un proceso industrial. (INN, 1996) Materia o fluido líquido, tratado o no, producto residual de origen agrícola, industrial o urbano, que es descargado al ambiente a través de las aguas. (Agenda 21)

<i>Hectárea (há)</i>	Medida de superficie, correspondiente a un área de diez mil metros cuadrados ó a 100 áreas, su símbolo es há.
<i>HP</i>	Unidad de potencia, correspondiente al grupo motobomba; resultado del producto del trabajo realizado por la bomba, el caudal del agua que eleva y el peso específico del agua (en este caso 1). Equivalente a 75 Kg f m / s.
<i>Límite máximo permisible</i>	Valor incorporado a normas de calidad ambiental; concentración máxima de un elemento o compuesto en recursos naturales que permite un uso determinado. (Agenda 21)
<i>Mitigación</i>	Es la implementación deliberada de decisiones o actividades diseñadas para reducir los impactos indeseables de una acción propuesta sobre el medio ambiente afectado. (Agenda 21)
<i>Muestreo</i>	Proceso que consiste en remover una porción considerada como representativa de una masa de agua con el propósito de examinar una o más características. (INN, 1996)
<i>Nitrógeno amoniacal</i>	Nitrógeno presente en forma de amoníaco libre y de iones amonio. (INN, 1996)
<i>Nitrógeno Kjeldahl</i>	Concentración de nitrógeno orgánico y nitrógeno amoniacal en una muestra, determinada bajo condiciones específicas basadas en la digestión con ácido sulfúrico. (INN, 1996)
<i>NMP</i>	Estimador estadístico del número de microorganismos específicos en un volumen determinado de agua, derivado a partir de la combinación de resultados positivos y negativos en una serie de volúmenes de la muestra examinada por ensayos normalizados utilizando el método de tubos múltiples. (INN, 1996)

<i>Normas de emisión</i>	Las que establecen la cantidad máxima permitida para un contaminante medida en el efluente de la fuente emisora. (Chile, 1994)
<i>Parámetros</i>	Propiedad del agua, utilizada para caracterizarla. (INN, 1996)
<i>Patógeno</i>	Organismo capaz de producir una enfermedad en una planta o animal susceptible, incluido el hombre. (INN, 1996)
<i>pH</i>	Logaritmo negativo a la base 10 de la concentración de iones hidrógeno en solución, expresada en moles por litro. Indica la propiedad ácida (< 7), neutra (= 7) o básica (> 7) del agua. (INN, 1996)
<i>Poder espumógeno</i>	Capacidad de una solución para producir espuma. (INN, 1996)
<i>Protozoo</i>	Tipo de organismo unicelulares eucariontes, desde el organismo simple uninucleado a colonias de células o estructuras altamente organizadas y con una considerable diversidad en o concerniente a formas y nutrición. Algunos producen enfermedades. (INN, 1996)
<i>Red de saneamiento</i>	Se emplea en la actualidad para describir la red de alcantarillas que recogen y conducen el agua residual desde el punto de origen al de vertido. (Metcalf & Eddy, 1981)
<i>SAAM</i>	Denominación química genérica del grupo funcional de los detergentes de uso más general. Su contenido en el agua se expresa en mg / L. (INN, 1996)
<i>Sólidos Suspendidos</i>	Residuos filtrados del agua, desecados a una temperatura normalizada después de haberlos lavado con un disolvente orgánico con el fin de eliminar aceites. Tienen un tamaño superior a 0,45 micrones [μm]. (INN, 1996)

RESUMEN

La importancia de respetar el medio ambiente en el que vivimos, ha llevado a la humanidad a buscar la manera de progresar armónicamente con él. En este contexto, el Parque Metropolitano de Santiago y específicamente su departamento el Jardín Zoológico, buscan realizar sus actividades cotidianas junto a una adecuada protección del medio ambiente. Con el fin de aproximarse a un buen manejo del recurso hídrico, se realizó un estudio para la posible reutilización de los residuos líquidos del Zoológico.

En el desarrollo del presente estudio, se recopilaron los antecedentes del origen, distribución, consumo, disposición y destino de las aguas que utilizan en dichas dependencias; se revisó y recopiló la legislación vigente ah-doc; los residuos líquidos del Zoológico (provenientes de las jaulas) se sometieron a análisis para conocer parte de sus componentes, los que fueron examinados a la luz de la legislación y su potencial reutilización.

Se realizó un seguimiento semanal de parámetros como: pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, sólidos suspendidos y disueltos, nitrito, nitrato y fosfato; y análisis parasitológico a lo largo de una semana. Además, se practicó un completo análisis fisicoquímico para un día Lunes, de nitrógeno, fósforo, DBO₅, sólidos suspendidos, detergentes, poder espumógeno, aceites, pH, temperatura, caudal coliformes fecales y la posible presencia de algunos metales como cadmio, cobre, níquel, plomo y zinc.

Los resultados de dichos análisis, arrojan valores aceptables en su mayoría para un reciclaje de las aguas residuales, salvo los parámetros de sólidos suspendidos (80 mg /L promedio) y coliformes fecales ($4.9 * 10^6$ NMP / 100 mL), los que aparte de ser altos, representan un riesgo potencial para la salud pública. Sin embargo, su virtual reutilización previo tratamiento, queda supeditada a un análisis completo de éstas aguas del Zoológico.

Según los resultados, la composición de las aguas residuales se mantiene relativamente constante a través de los días y se presenta una propuesta de tratamiento para poder reutilizarlas de manera más segura, desde un punto de vista sanitario. Esta propuesta implica mayor facilidad de concretarse en la futura construcción del Zoológico, pudiendo otorgarse la infraestructura necesaria en conjunto a la de levantar el nuevo recinto.

CAPITULO I
Introducción

1. INTRODUCCION

Actualmente, el hombre busca poder realizar sus actividades y procesos minimizando o evitando los impactos en el entorno natural, que es el que finalmente recibe el resultado de esas actividades. Velar por el medio ambiente no sólo implica minimizar los residuos dañinos generados por los distintos procesos, sino también respetar las interacciones entre los distintos componentes naturales de los ecosistemas y aprender a utilizar óptimamente los recursos naturales, usarlos de manera eficiente y reutilizarlos según sus propiedades lo permitan.

La conciencia de que se ha sobrepasado la capacidad del planeta para autodepurarse (capacidad de carga del ecosistema), lleva a reflexionar sobre el modo de satisfacer las necesidades de la comunidad y de disponer adecuadamente de los residuos.

En el país, las descargas de aguas servidas carecen, en general, de tratamientos adecuados, aún cuando muchas de ellas alimentan a diversos canales, siendo utilizadas en el riego.

Aproximarse a un buen manejo de los recursos no debe ser exclusividad de las industrias, sino de toda actividad que consuma y disponga una gran cantidad de ellos, y en un futuro ideal de toda actividad realizada. Con este fin, en el Jardín Zoológico Nacional, se realizará un estudio de sus residuos líquidos y de su posible reutilización para acercarse, a un manejo óptimo de los recursos y comenzar a ser un sistema más “autosostenible” de lo que es en la actualidad.

El Jardín Zoológico fue inaugurado en el año 1925, hoy forma parte del Parque Metropolitano de Santiago y cuenta con una superficie para recintos de 4,6 hectáreas, una población de más de 1.100 animales, distribuidos en 173 especies. Sus principales objetivos están enfocados en la conservación e investigación de las especies que lo habitan, como también en la educación y recreación del público visitante. Genera una elevada cantidad de residuos líquidos, que carecen de información sobre su composición y de medidas de mitigación para su evacuación y disposición final.

Como la factibilidad de la reutilización de los residuos líquidos del Zoológico dependerá de la composición de los mismos, resulta trascendental realizar un análisis de ellos para conocer y cuantificar algunos de sus componentes. Así, se podrán determinar posibles medidas y tratamientos para reducir y, si es posible eliminar aquellos no deseados. Enfatizando que un factor importante a considerar en la reutilización de aguas servidas, es la protección de la salud.

El contenido y propiedades de los residuos, determinarán su posible reutilización en riego. Esto quedará definido al completar los estudios analíticos, de tratamiento, la propuesta a elaborar y de la legislación vigente sobre el tema.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

Determinar la posibilidad de reutilizar los residuos líquidos generados por el Jardín Zoológico del Parque Metropolitano de Santiago.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Recopilar antecedentes sobre el origen, suministro, distribución, consumo y disposición del agua en el Parque Metropolitano de Santiago y Jardín Zoológico.
- Determinar las principales características fisicoquímicas y biológicas de los residuos líquidos generados en el Jardín Zoológico Nacional.
- Analizar y proponer una alternativa de reutilización de los residuos líquidos del Zoológico.

CAPITULO II
Revisión Bibliográfica

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1 Antecedentes Generales

El agua es un elemento fundamental para el desarrollo de todas las formas de vida. Este es un recurso natural, que cumple un ciclo por el cual puede autodepurarse luego de ser utilizado. Sin embargo, el alto crecimiento poblacional en las grandes urbes (incluido Santiago), trae como consecuencia que las aguas servidas que se producen en las ciudades, sobrepasan holgadamente la capacidad de los sistemas naturales para purificarlas o diluirlas. Además, es un recurso escaso y mal distribuido en el planeta, lo que puede empeorar debido a que uno de los efectos del cambio climático es que los períodos secos se harán más frecuentes y más bruscos. Actualmente, temas como éste incluidos en la contaminación ambiental y la preservación del medio ambiente, adquieren importancia tanto en el ámbito científico, como político, económico y social. Es así como se ha llegado a definir un nuevo concepto de desarrollo, que vincula armoniosamente el medio ambiente con el avance de toda sociedad. La Comisión Brundtland define como ***“desarrollo sostenible, aquel que satisface las necesidades del presente, sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades”***. (Popoff, 1993)

Hoy, también la conciencia “ecológica”, hace que el hombre cuestione su desvinculación con la naturaleza, producto del acelerado cambio del medio en el que habita. Así, la humanidad se ve en la necesidad de reconocerse como parte de los ecosistemas, lo que implica volver a la naturaleza. En este punto, recobran importancia el conocer, respetar y “proteger” a todos los componentes del mundo vivo, como plantas, animales, etc.

El Zoológico así, deja de ser una institución sólo de entretención, sino que pasa a jugar un rol de importancia educativa, vinculada al conocimiento y la preservación de la naturaleza y de las especies que alberga. A la vez, se debe poner atención en el problema generado debido a sus requerimientos, consumiendo gran cantidad de recursos y por lo mismo, liberando gran cantidad de desechos.

Los desechos líquidos del Zoológico Nacional, pueden representar un peligro potencial para el ambiente, si son utilizados sin un tratamiento adecuado, en cuyo caso contaminan cursos naturales de agua, suelos y especies autóctonas regadas con ellos, así también para la salud pública y la salud animal, en caso de que hombres y animales tengan contacto con estas aguas.

En lo referente abastecimiento de agua potable y alcantarillado, Chile entrega resultados que lo califican en Latinoamérica como uno de los países de índices más altos, sin embargo, esto no se ha desarrollado en paralelo con el saneamiento de las aguas servidas debido al alto costo involucrado. En 1998, la situación de las 72 plantas de tratamiento de aguas servidas operantes en el país, indicaba que sólo 11 de ellas aplican desinfección y sólo 10 cumplieron con los requisitos bacteriológicos. Los sistemas de tratamiento existentes son mayoritariamente lagunas de estabilización, habiendo muy poca experiencia nacional en otro tipo de tratamiento, con excepción de las plantas de Melipilla (Biofiltros), Antofagasta (Lodos activados) y otros casos aislados. (Flores, 1998)

2.2 Antecedentes Históricos

2.2.1 Parque Metropolitano de Santiago

Naturaleza, paisaje, flora, fauna, deporte y cultura son las características principales de este enorme pulmón verde de la ciudad de Santiago. El Parque Metropolitano se compone del Bosque Santiago y los cerros San Cristóbal, Chacarillas, Los Gemelos, Pirámide y Blanco (Fig.1). El conjunto cubre una superficie de 728 hectáreas y, en su parte más alta alcanza a 860 metros sobre el nivel del mar, específicamente en el cerro San Cristóbal, que en su parte baja cuenta con 575 m.s.n.m. Delimita con las comunas de Huechuraba, Recoleta, Providencia, Vitacura y Las Condes. Enclavado en el Nororiente del centro de Santiago, como prolongación del cordón Manquehue, forma parte de un sistema montañoso que se desprende de la Cordillera de Los Andes y se inserta en la ciudad (Fig. 2). Su cabeza visible es el cerro San Cristóbal, en el que remata espectacularmente la cuña de montes andinos que, separándose de su línea central, penetra el valle de Santiago para brindarle, con sus alturas y quebradas, una visión privilegiada entre muchas ciudades del mundo. (Sernatur, 1999)

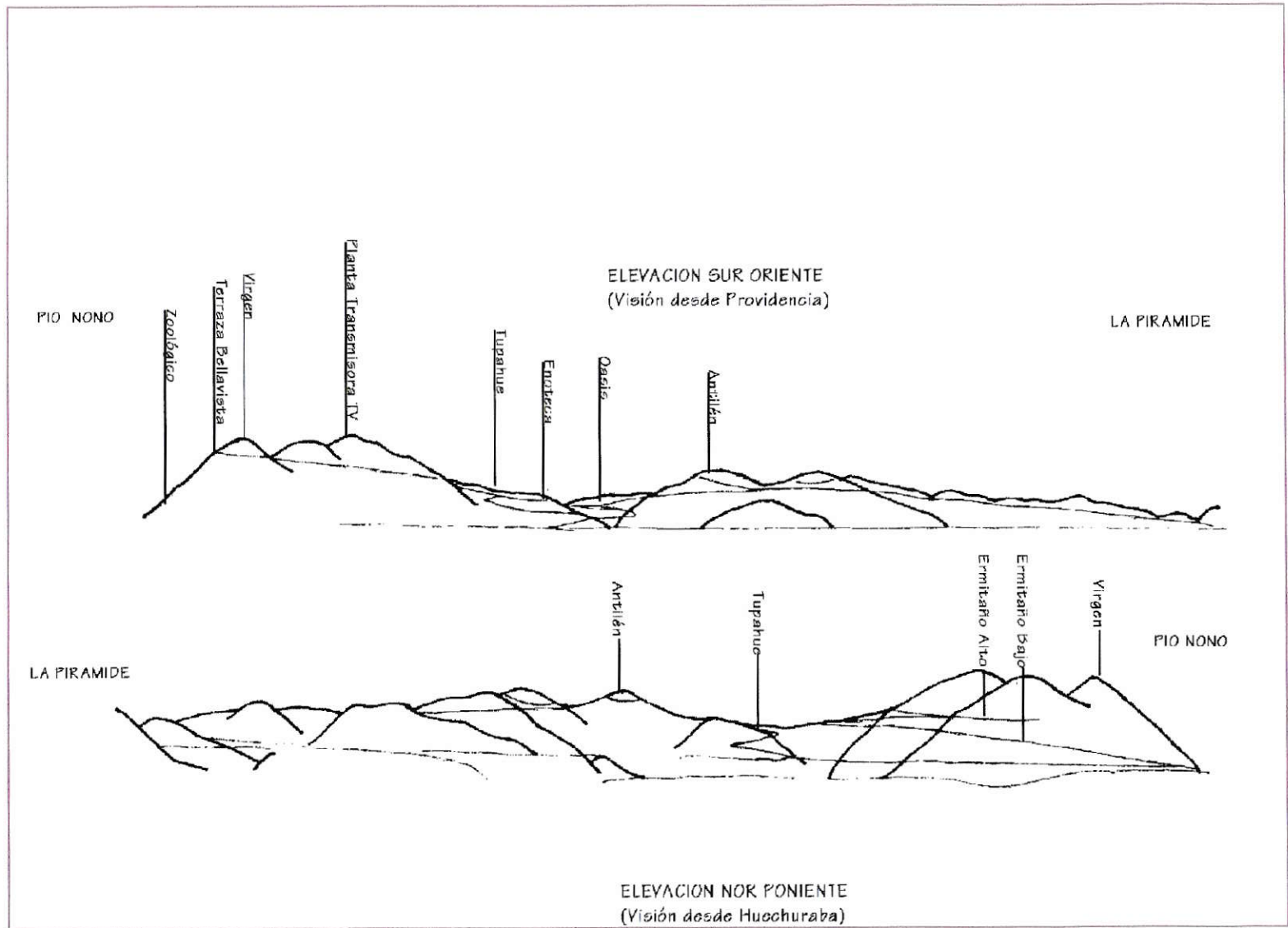
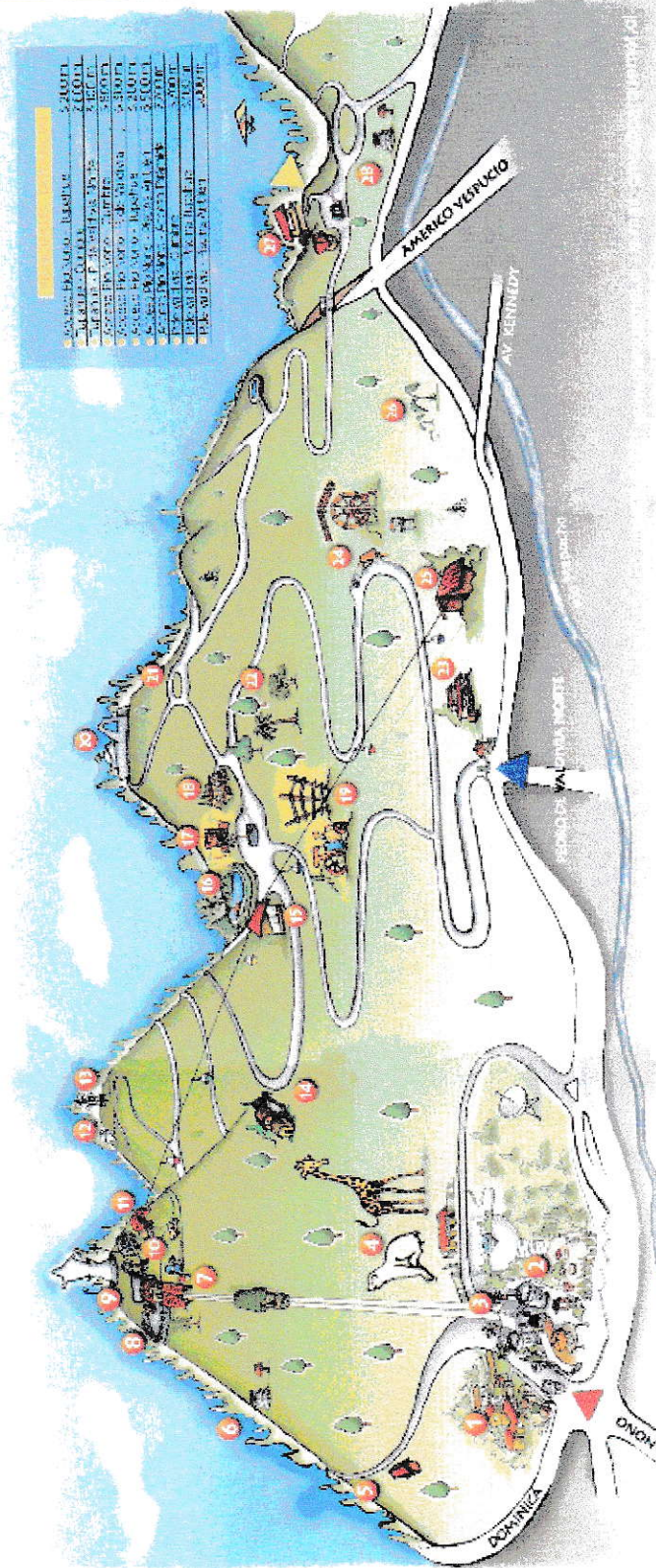


Figura 1 “Perfil del Parque Metropolitano de Santiago” (Ossandon, 1966).



PARQUE METROPOLITANO DE SANTIAGO

ZONAS - RESTAURANTES - ZONAS DE PIC-NIC - ZOOLOGICO - JUEGOS - JARDINES - TELÉFICO - FUNICULAR - DEPORTES



1	ESTACION TELEFONICA
2	ESTACION TELEFONICA
3	ESTACION TELEFONICA
4	ESTACION TELEFONICA
5	ESTACION TELEFONICA
6	ESTACION TELEFONICA
7	ESTACION TELEFONICA
8	ESTACION TELEFONICA
9	ESTACION TELEFONICA
10	ESTACION TELEFONICA
11	ESTACION TELEFONICA
12	ESTACION TELEFONICA
13	ESTACION TELEFONICA
14	ESTACION TELEFONICA
15	ESTACION TELEFONICA
16	ESTACION TELEFONICA
17	ESTACION TELEFONICA
18	ESTACION TELEFONICA
19	ESTACION TELEFONICA
20	ESTACION TELEFONICA
21	ESTACION TELEFONICA
22	ESTACION TELEFONICA
23	ESTACION TELEFONICA
24	ESTACION TELEFONICA
25	ESTACION TELEFONICA
26	ESTACION TELEFONICA
27	ESTACION TELEFONICA
28	ESTACION TELEFONICA
29	ESTACION TELEFONICA
30	ESTACION TELEFONICA
31	ESTACION TELEFONICA
32	ESTACION TELEFONICA
33	ESTACION TELEFONICA
34	ESTACION TELEFONICA
35	ESTACION TELEFONICA
36	ESTACION TELEFONICA
37	ESTACION TELEFONICA
38	ESTACION TELEFONICA

- 1. PRECISOR, PARQUE METROPOLITANO
- 2. PLAZA ALFONSO
- 3. ESTACION TUNEL AIR
- 4. ECOLOGICO NACIONAL
- 5. CAMPUS DEPORTIVOS
- 6. SE BING BARD SUEZ Y
- 7. ESTACION FUNICULAR CUMBRE
- 8. TERRAZA BILAVISTA
- 9. SANTIAGO CUMBRE
- 10. RESTAURANTE CUMBI
- 11. ESTACION CUMBRE TELEFERICO
- 12. OBSERVATORIO TORRELOCO
- 13. SECCION ANTINAS
- 14. CASA DE LA CULTURA ANAHELESC
- 15. ESTACION TUNEL LOS SANICOS SIEMPRE
- 16. PIC NIA TURPAQUE
- 17. TORREON VICTORIA
- 18. RESTAURANTE CAMPING REAL EX INUTICA
- 19. PLAZA DE JUEGOS INFANTILES GARCIBLANCO
- 20. PISCINA ANTENA
- 21. PLAZA ANTENAS
- 22. JARDIN BOTANICO ANAHELESC
- 23. RESTAURANTE DIVERTIMENTO
- 24. JARDIN JAPONES
- 25. ESTACION TELEFONICA OMBIS
- 26. VIVEROS LEJANTELI
- 27. RESTAURANTE WINDSOR LOS LAJUNAS
- 28. PK NIE FERASIEL

Figura 2 “Ubicación y sectores del Parque Metropolitano de Santiago” (Gentileza Departamento Relaciones Públicas, PMS)

En sus comienzos, la ciudad permaneció separada del cerro San Cristóbal por terrenos no urbanos, el lecho del río Mapocho y un gran número de parcelas; entre los años 1741 y 1891 Santiago se extiende hacia el Norte, edificando los sectores entre el río Mapocho y la actual calle Domínica. Hasta 1941 se forman los barrios que hoy se conocen como Avda. Perú y El Salto; luego, la ciudad continuaría extendiéndose hacia la actual comuna de Providencia, construyéndose en 1967 el barrio Pedro de Valdivia Norte, quedando el parque totalmente rodeado por la ciudad, transformándose así en un gran parque urbano. (PMS, 1999 a)

Desde su mismo origen aparece en la historia de Santiago, porque en sus faldeos acamparon, a fines de 1540, los agotados fundadores que habían partido del Cuzco, once meses antes.

Su altura sirvió de referencia para los españoles que vendrían después: **"Verán un monte alto, como de sierra, penetrando en la planicie, bordeado de un río que llaman Mapocho..."** (Ossandon, 1966), los conquistadores llamaron Cerro Grande al que los mapuches llamaban TUPAHUE, que en lengua indígena significa **"Lugar de Dios"**. (de Augusta, 1989) Por ser San Cristóbal el guía de los viajeros, se le dio su nombre.

Aunque la ciudad, finalmente, se fundó a los pies del Santa Lucía, por consejo de un cacique local, don Pedro de Valdivia se quedó con las tierras del nor-oriental del San Cristóbal, por considerarse las mejores.

En 1571, el conquistador Rodrigo de Quiroga, hizo instalar una cruz de roble de la Dehesa, de 10 metros de alto, para cumplir con el voto hecho a la Vera Cruz, a fin de lograr ayuda en el curso de la Guerra de Arauco. Cerca de un siglo se mantuvo el símbolo en el lugar, hasta ser destruido por un terremoto, en 1643.

En el siglo siguiente, cuenta Carvallo y Goyeneche, de sus canteras sacaban los santiaguinos **"toda la piedra de cantería para sus edificios i fachadas"** (Ossandon, 1966), siendo explotado intensamente además como reservas de leña. Tampoco faltaba el esparcimiento: **"El populacho y también la gente noble, acostumbra salir a merendar por las inmediaciones del cerro..."** En el siglo pasado, las canteras siguieron en plena producción; de ellas se extrajo la piedra para el adoquinado de las calles, la canalización del río Mapocho y las gradas del Palacio de La Moneda. (Ossandon, 1966)

En 1870, don Benjamín Vicuña Mackenna expresaba la posibilidad de convertir el Cerro San Cristóbal en un gran pulmón para la ciudad de Santiago; su idea: ***"transformarlo en una gran reserva ecológica, parecida a un bosque del Sur de Chile"***.(PMS, 1991)

En aquellos años el cerro era un erial, poblado solamente por algunos espinos y pertenecía a diversos dueños, entre ellos: Recoleta Domínica, Las Hermanas Carmelitas de Santa Teresa, La Familia Riesco Errázuriz y otros, que extendían hasta allí sus dominios.

En 1902, una expedición científica norteamericana funda y construye el Observatorio "Lick", hoy Manuel Foster, de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

El 22 de noviembre de 1903, se reúnen en el Palacio Episcopal, un grupo de destacadas personalidades, presididos por el Arzobispo de Santiago, Monseñor Mariano Casanova y acordaron erigir un monumento a la Inmaculada Concepción de la Virgen María (dogma proclamado en 1854 por el Papa Pío IX). Por intermedio del Ministro Plenipotenciario de Chile en Francia, don Salvador Sanfuentes, se encargó la construcción de la imagen a la fundición Val D'Osne de París. El monumento, de fierro fundido, tiene un peso de 36.600 Kg. La construcción del pedestal y la colocación de la imagen se encargó a la Compañía Holandesa de Construcciones, la que ejecutó dicha labor, transportando a lomo de mula las diferentes partes que componen la imagen de 14 metros de alto, obra del escultor italiano Jaconetti, que junto al pedestal alcanzan los 22,5 metros, ***"que resulta en una réplica mayor de la que hay en la Plaza España de Roma"*** (Ossandon, 1966). La base está sustentada sobre cuatro soportes, enterrados a 18 metros de profundidad. El domingo 26 de abril de 1908, con la asistencia de aproximadamente 12 mil personas, se procede a su inauguración. (PMS, 1991)

La idea de transformar el cerro San Cristóbal en un gran Parque, fue tomando cuerpo y en 1916, los señores Alberto Mackenna Subercaseaux y el Senador Pedro Bannen, dirigen una campaña destinada a conseguir la adquisición de los terrenos. El 28 de agosto de 1916, se presentó a la Cámara de Diputados el proyecto de Ley respectivo. Diferentes instituciones y personalidades de la época apoyaron la iniciativa.

Después de prolongados estudios se promulgó la Ley N° 3.295, publicada en el Diario Oficial el 28 de septiembre de 1917, que autoriza al Presidente de la República, don Juan Luis Sanfuentes, para aceptar en donación, comprar o expropiar los terrenos que se extienden desde el Bosque de Santiago hasta el cerro San Cristóbal inclusive; estos terrenos se declaran de utilidad pública y se destinan a la formación de un gran Parque. El 08 de octubre de 1917, en

un acto simbólico, 300 scout y 300 conscriptos del Regimiento Tacna, tomaron posesión del cerro. En la cúspide se les unen unas mil personas, que asistían a una misa de campaña que ofició el Capellán Señor Müller. Posteriormente, don Alberto Mackenna pronunció un discurso destacando las perspectivas futuras del cerro. (PMS, 1991)

El 17 de junio de 1918, el Intendente de Santiago, señor Pablo Urzúa, toma posesión oficial de los terrenos del Parque. Lo que causa grandes expectativas en todo ámbito, originando diversos comentarios incluyendo la conferencia del Dr. Andrés Koenig, de la que hoy podemos rescatar: ***“ Y así, no puedo menos que aplaudir, lleno de entusiasmo, la magnífica idea y los esfuerzos de nuestros distinguidos Intendentes, señores Pablo Urzúa y Francisco Subercaseaux, de los señores Pedro Bannen, Guillermo Subercaseaux, Alberto Mackenna y de los prestigiosos miembros de la sociedad de Fomento del Turismo, que se hallan vivamente empeñados en la transformación del San Cristóbal, a fin de convertirlo en un espléndido paseo público, si esta patriótica labor se realiza, de la que por otra parte, no quiero ni dudar, tendremos muy en breve en este bello punto de recreo, un verdadero sanatorio natural de importancia extraordinaria, y que, gracias a sus excepcionales cualidades terapéuticas, podrá competir ventajosamente con los mejores centros de salud del mundo... La ascensión y el aire del San Cristóbal favorecen grandemente a los que padecen de debilidad del corazón, obesidad o gota; así mismo a los que padecen de clorosis o de los nervios, y aún alcanzan sus cualidades bienhechoras a los enfermos del estómago, intestinos, etc., etc.”*** (Koenig, 1918)

Entre los años 1921 y 1927, que corresponden al período en que don Alberto Mackenna fue Intendente de Santiago, se realizan obras de envergadura. En efecto, el 15 de julio de 1921, a las 10 horas, se inician los trabajos de forestación, en los faldeos que dan hacia el lado de La Domínica. En el acto se plantaron 400 aramos del país. A los que con posterioridad se suman otras 80 mil matas de diferentes especies, contempladas en el programa de forestación incluidos: aramos del país, pinos, abetos y almendros, que serían regados con las aguas del canal que corre por las cercanías.

Ese mismo año, comenzó la construcción del Casino Cumbre y la Casa de las Arañas, ambas obras del Arquitecto Luciano Kulczewsky.

El 01 de abril de 1922, se efectuó la entrega oficial del sistema de regadío, obra que estuvo a cargo del Ingeniero Manuel Zañartu Campino.

El 17 de septiembre de 1922, se inauguraron el Casino Cumbre y el Camino a la Pirámide. Al acto asisten: el Presidente de la República don Arturo Alessandri Palma, señores Ministros, Parlamentarios, miembros del Cuerpo Diplomático y el Intendente de Santiago, don Alberto Mackenna.

En 1923, se formó la Sociedad Anónima Funicular San Cristóbal, que encargó al ingeniero italiano Ernesto Bosso Pezza el proyecto y construcción del actual funicular, que en un recorrido de 502 metros, lleva al visitante a la Cumbre. El 24 de noviembre de 1923, se colocó la primera piedra de esta obra que se entregó al servicio público, el 10 de marzo de 1925. En un principio los carros poseían 1ª y 2ª clase, en 1978, se reacondicionaron adaptándolos a las necesidades actuales turísticas del Parque (PMS, 1991).

En 1925, además, se inauguran el *Jardín Zoológico* y el Torreón Victoria. Este último levantado en honor del ex Presidente Arturo Alessandri y del Intendente Alberto Mackenna, lleva el nombre de su esposa: Victoria Manjón. (Ossandon, 1966)

En 1926 inició sus funciones un salón de baile y restauran ubicado en la Terraza, a la llegada del Funicular, obras del Arquitecto Luciano Kulczewsky. El mismo año, se abrió el camino para vehículos hasta la Terraza Bellavista, dicho panorama se hizo popular entre los jóvenes. Un número de *Zig-Zag* de la época, citado por Calderón, comenta: "***Allá arriba se danza, se flirtea y se ven rodar las estrellas, mientras el serrucho de la Jazz- Band se lamenta y lanza ritmos quejumbrosos...***" (Laborde, 1986).

El 24 de diciembre de 1931, se inauguró la capilla en la Plaza de los Vascos, construida por Peter Horn en el sector Santuario. En estos últimos años, como a continuación se indica, el ritmo de trabajo ha sido permanente y las inversiones de importancia, a fin de entregar al visitante un Parque moderno, con distintos sitios para la recreación, el deporte y el estudio.

En 1965, Yoshio Katsui y Mario Vergara, publican un trabajo de geología, donde indican que las rocas fundamentales que conforman el Cerro San Cristóbal, corresponden a rocas estratificadas volcánicas que se originaron hace 85 millones de años (PMS, 1991).

El 25 de abril de 1966, se promulgó la ley N° 16.464 que refundió los Servicios: cerro San Cristóbal y Jardín Zoológico Nacional, en lo que actualmente se conoce como el "Parque

Metropolitano de Santiago", a su vez, se traslada su dependencia del Ministerio del Interior al de Vivienda y Urbanismo (PMS, 1998).

El Teleférico fue inaugurado el 01 abril de 1980. Sus equipos fueron construidos por la firma francesa Pomagalsky S.A. Se calcula que 1.200 personas pueden viajar cada hora en las 90 cabinas de variados colores, con capacidad para 4 personas cada una. El recorrido del sistema es de 2.400 metros. Doce torres de acero, cuya altura varía de 8 a 38 metros, sustentan el cable portante-motriz. Tiene 3 estaciones: Oasis, en Pedro de Valdivia; Tupahue y Cumbre, a 150 metros del monumento a la Virgen¹.

En el Parque Metropolitano se encuentran más del 50 % de las áreas verdes existentes en Santiago. Siendo el estrato arbóreo uno de los principales elementos contra la contaminación ambiental, fácil es, entonces, deducir la importancia que desde el punto de vista ecológico tiene el Parque. Cada año se plantan miles de árboles y arbustos de diversas especies, los que, de acuerdo a un criterio científico, cumplen un significativo aporte en la producción de oxígeno. (PMS, 1991)

Las dificultades para forestar y reforestar, constituidas por un suelo de escasa capa vegetal, un terreno de grandes pendientes que facilita la erosión y otros, podrán dar un panorama de los problemas que se deben vencer.

Los planes de plantaciones anuales están sujetos al Plan Regulador Vegetal del Parque, el que tiene como objetivo mantener el sentido de parque natural, adecuando lugares para uso directo de los visitantes, creando zonas específicas para el conocimiento de la flora chilena y exótica, y dándole al Parque una presencia notoria desde la ciudad, con abundante colorido, cambiante durante el transcurso de las estaciones del año.

Especial atención merecen las especies autóctonas chilenas cultivadas por experimentados técnicos agrícolas. Es así como, por ejemplo, existen hermosos ejemplares de Canelo (*Drimys winteri*), árbol sagrado de los mapuches o araucanos, y una copihuera con siete variedades diferentes. El copihue (*Lapageria rosea*) es la flor nacional y crece en forma silvestre en los frondosos bosques del sur.

Con el fin de abastecer al Parque en sus necesidades de forestación, se mantienen dos viveros y un invernadero. En las instalaciones, dirigidas por expertos, se cultivan plantas y

¹ Comunicación Personal. Gentileza Empresas San Cristóbal.

árboles autóctonos y foráneos. Entre las especies nacionales destacan la palma chilena (*Jubaea chilensis*), el maitén (*Maytenus boaria*), el espino (*Acacia caven*), el pimientó (*Schinus molle*), el quillay (*Quillaja saponaria*), el arrayán (*Luma apiculata*), el coihue (*Nothofagus dombeyi*), entre otras.

El agua que riega el Parque se obtiene de los ríos Mapocho y Maipo. Del Mapocho el agua es extraída desde la conjunción de este río con el estero Las Hualtatas, lugar donde sale un canal de 12,5 kilómetros a tajo abierto hasta llegar a La Pirámide, donde se une al sistema de cañerías que cubren el Parque. Entretanto, el agua obtenida en el río Maipo, es transportada a través de los canales San Carlos y El Carmen hasta llegar a Pedro de Valdivia Norte, sector donde mediante motobombas es impulsada a la planta tratadora en Chacarillas.

El riego propiamente tal, se realiza mediante dos sistemas: riego por aspersión y riego tendido. El riego por aspersión es una imitación de la lluvia, que se consigue mediante aspersores cuya frecuencia y presión regulan el agua considerando la topografía, especies forestales y calidad del suelo. El riego tendido, por su parte, se realiza a través de acequias en diferentes sectores del Parque. (PMS, 1991)

Hoy en día se distinguen diferentes sectores: La Virgen, Tupahue, Chacarillas, Oasis y Pirámide. En el sector La Virgen o también llamado Cumbre, se encuentran el Santuario Mariano, Plaza Lautaro, Terraza Bellavista y la Casa de las Arañas entre otras. El sector Tupahue es donde se encuentra la piscina del mismo nombre, el Torreón Victoria, la plaza de juegos Gabriela Mistral, la Casa de la Cultura Anahuac y la Enoteca. Sector Chacarillas donde se encuentra la piscina Antilen, en lengua indígena "**Que sol hay**" (de Augusta, 1989). Sector Oasis o Pedro de Valdivia Norte, al que pertenecen el Jardín Japonés, Mapulemu y la estación inicial del Teleférico. Por último, el sector La Pirámide, donde existe una pequeña pirámide erigida por el General Juan O'Brien en homenaje a don Manuel de Salas Corbalán "**eminente patriota**" en 1817. (Ossandon, 1995)

El Parque Metropolitano permite satisfacer las necesidades turísticas, recreativas, deportivas, didácticas, ecológicas y religiosas de aproximadamente 5 millones de personas que lo visitan anualmente, permitiendo, por diversos programas y servicios, el acceso de los grupos menos favorecidos. (PMS, 1999 b)

En el último año el Parque ha otorgado un lugar para reunión del pueblo Mapuche, el que cuenta con una plaza ceremonial, una ruca e incluye un área para la instalación de un quiosco. El terreno, que cuenta con 1.058 m², fue entregado en el marco de la celebración del Año Nuevo de los pueblos indígenas chilenos.

“Al comenzar el nuevo milenio el Parque busca liderar en la enseñanza de la protección a la naturaleza, especialmente de la flora y fauna nativa e innovar en la manera de cuidar nuestro medio ambiente”. (PMS, 1999 b)

2.2.2 Jardín Zoológico Nacional

Hacia 1875, con motivo de la exposición de animales exóticos, realizada en el recinto de la llamada Quinta Normal de Agricultura, comienzan a surgir las ideas de crear un zoológico para los habitantes de Santiago. En el año 1882, con participación del profesor Julio Bernard, fue inaugurado un Zoológico en el recinto mencionado.

Por decreto Supremo N° 4.273, con fecha 01 de septiembre de 1925, se destinan siete y media hectáreas del cerro San Cristóbal para instalar el actual Jardín Zoológico Nacional.

Se traspasaron algunas especies existentes en la Quinta Normal y también se trajeron algunas provenientes de los zoológicos de Mendoza y Buenos Aires, como un Camello, Ovejas de Somalia, 2 Boas, una Vaca ñata (anomalía hereditaria), etc.; los animales fueron traídos en tren y llegaron a la Estación Mapocho. La población animal se componía entre otros de: Pumas, venados, monos, cigüeñas, aves de diversas y variadas especies, oso, pecarí, un toro salvaje, etc..

El día 12 de diciembre de 1925 a las 18:30 horas, fue inaugurado oficialmente el Jardín Zoológico Nacional, en presencia del vicepresidente de la República, don Luis Barros Borgoño, el Ministro de Guerra don Carlos Ibañez y el de Higiene, don Pedro L. Ferrer; en el lugar fueron recibidos por el Intendente Mackenna y por el primer Director del Zoológico, el entomólogo Carlos Reed. Colaboró en la organización del recinto el Arquitecto Teodoro Panuzzis.

El zoológico no sólo representa un lugar recreativo, sino además un centro de investigación biológico, cumpliéndose de ésta manera el deseo de su primer Director, quien señaló en su discurso inaugural: "*El Zoológico no sólo será un conjunto de jaulas con animales, sino que debe ser un instituto de investigaciones biológicas y ensayos de multiplicación de especies que ya están al margen de la extinción en nuestro país, y de aclimatación de animales útiles por cualquier concepto*".²

Ubicado en los faldeos del cerro San Cristóbal, en el costado sur-oriente, cuenta con distintas rutas de acceso como el funicular, una ruta peatonal y una vía para automóviles. Se encuentra aproximadamente entre las cotas 610 y 660 m.s.n.m. La Figura 3 muestra el Zoológico, sus 115 recintos que albergan a través de la pendiente a los animales y los caminos que permiten al visitante recorrer el Zoológico. Sin embargo, los recintos últimamente han sufrido algunas modificaciones por la ambientación y mejoras que hoy se realizan para el bienestar de sus habitantes. En la misma figura pueden observarse los accesos peatonales (parte inferior) y desde el funicular (superior izquierdo), a su vez un sector de ingreso restringido, en el que se encuentran oficinas, casino del personal, clínica, sala de crianza, taller y la llamada sección 12, que es donde se encuentra el matadero y algunos recintos de cuarentena y crías para alimentos.

Actualmente cuenta con una superficie para recintos de 4,6 hectáreas y una población de más de 1.100 animales, distribuidos en 173 especies, de las que 64 son mamíferos, 97 aves y 12 corresponden a reptiles. Del total de animales, el 23% de los mamíferos y el 59% de las aves son autóctonos, destacándose entre ellos pumas, cóndores, trichahues, pudúes, lobos de mar, quiques, chinchillas, vicuñas, cisnes coscoroba, etc.

La alimentación de cada ejemplar es variada y balanceada de acuerdo a sus necesidades y a la época. Dicha alimentación puede clasificarse bajo cinco grupos:

- Frutas: manzanas, peras, naranjas, plátanos, nueces y almendras.
- Verduras: zanahorias, zapallos, lechugas y papas.
- Semillas: alpiste, maravilla, maíz, maíz chancado, granza y cáñamo.
- Carnes: equino, pescado, ratón, cuye, conejo y ternera.
- Concentrados: de alfalfa, de perro, canguro, pollita, cerdo y conejo.

² Comunicación Personal. Gentileza Departamento Relaciones Públicas del PMS.

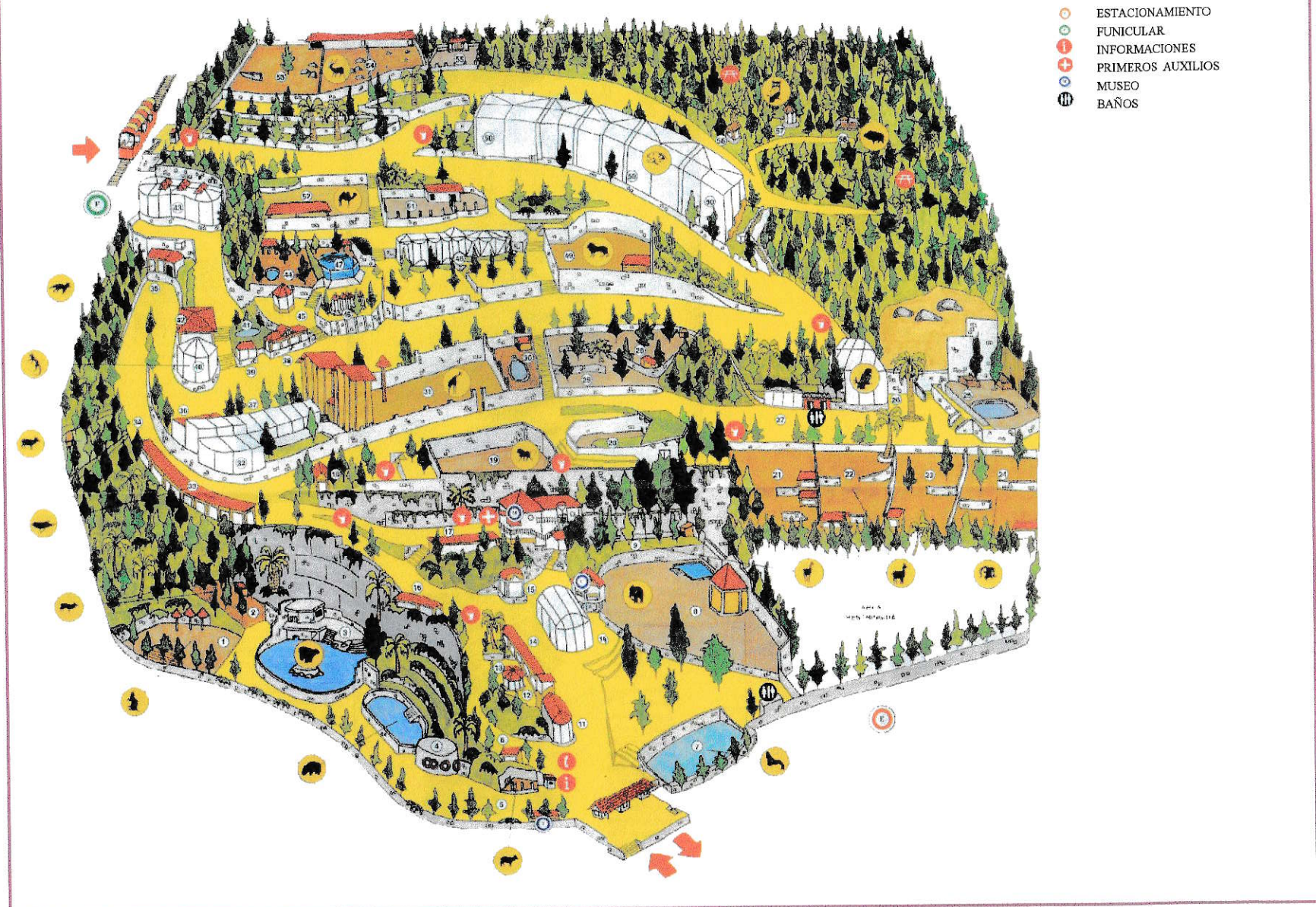


Figura 3 “Esquema General del Jardín Zoológico Nacional” (Folleto Zoológico)

Los principales objetivos en los que se enmarca el trabajo del Jardín Zoológico Nacional, están enfocados en la conservación e investigación de las especies que lo habitan, difundiendo el conocimiento de la fauna universal, especialmente de la autóctona, propendiendo a su conservación y preservación, y en la educación y recreación del público visitante. La finalidad que el público aprenda y tome conciencia de la importancia que reviste el cuidado y conservación de la fauna silvestre ha sido labor de la unidad educativa, que hasta agosto de 1999 ha atendido a 10.710 personas, destacando las visitas guiadas al recinto y charlas para estudiantes, basadas en los objetivos y programas del MINEDUC. (PMS, 1999 b)

El manejo sanitario, alimentario y reproductivo proporcionado por los médicos veterinarios y personal especializado del Zoológico, permiten asegurar la salud y la vida de las distintas especies, registrándose casos de extrema longevidad. Dentro del manejo sanitario se encuentra contemplado un estricto régimen Antiparasitario, consistente en una desparasitación preventiva de los animales realizada dos veces al año y una curativa en períodos que se detecten anomalías en los individuos.

Anualmente asisten un millón de personas, habiéndose registrado un notable aumento de estudiantes que, por motivos de investigación, acuden a este recinto en busca de la información.

2.3 Antecedentes sobre el Recurso Hídrico

Para abastecerse del vital elemento, el Parque Metropolitano de Santiago cuenta con dos calidades de agua: agua potable y agua de riego. La recopilación de los antecedentes descritos en los objetivos, permiten una mejor visualización de la situación actual del recurso hídrico tanto para el Parque en general como para el Jardín Zoológico Nacional. Además, se señalarán los antecedentes sobre la manera en que disponen de sus aguas servidas y el destino de éstas. Esta información es obtenida de diversos planos de propiedad del Parque Metropolitano de Santiago (contenidos en una carpeta anexa a este trabajo).

2.3.1 Abastecimiento de Agua Potable en el Parque Metropolitano de Santiago.

El Parque Metropolitano de Santiago (PMS), satisface la demanda de agua potable, por medio del suministro realizado por las empresas sanitarias: Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias (EMOS), Aguas Cordillera y Aguas Manquehue. El abastecimiento del agua potable se hace en distintos sectores del Parque a través de conexiones simples a la red y, en los casos necesarios el suministro es elevado por medio de bombas hasta los lugares donde se requiere.

Así, existen en el área del parque 18 medidores del consumo de aguas de las empresas nombradas anteriormente. De ellos, tres son los puntos responsables de abastecer las cumbres con agua potable.

En la Figura 4, se puede observar frente al acceso Pío Nono un equipo motobomba, donde las llamadas bombas **A** y **B** elevan dicho elemento hasta la cumbre del cerro San Cristóbal, acumulando el recurso en el estanque que existe para este fin. Desde aquí, y por las cañerías adecuadas, el agua potable se distribuye en el sector alto de este cerro.

En el mismo sector de acceso, existe una bomba **C** que es la encargada de elevar el agua potable hasta el estanque de acumulación sobre el recinto del Zoológico, que es desde donde se distribuye en el mismo (descrito posteriormente).

Para cubrir el sector denominado Tupahue, existe el grupo motobomba **D**, cuyo fin es abastecer los estanques 12 y 11 “Los Litres”, desde los que se llevará el agua potable hacia la ladera nor-poniente del cerro San Cristóbal y el sector del balneario Tupahue, hasta la ladera sur del cerro Chacarillas. Desde este punto, y por otra bomba existente, se abastece la cumbre de dicho cerro, sin embargo, ésta no se encuentra detallada en la figura.

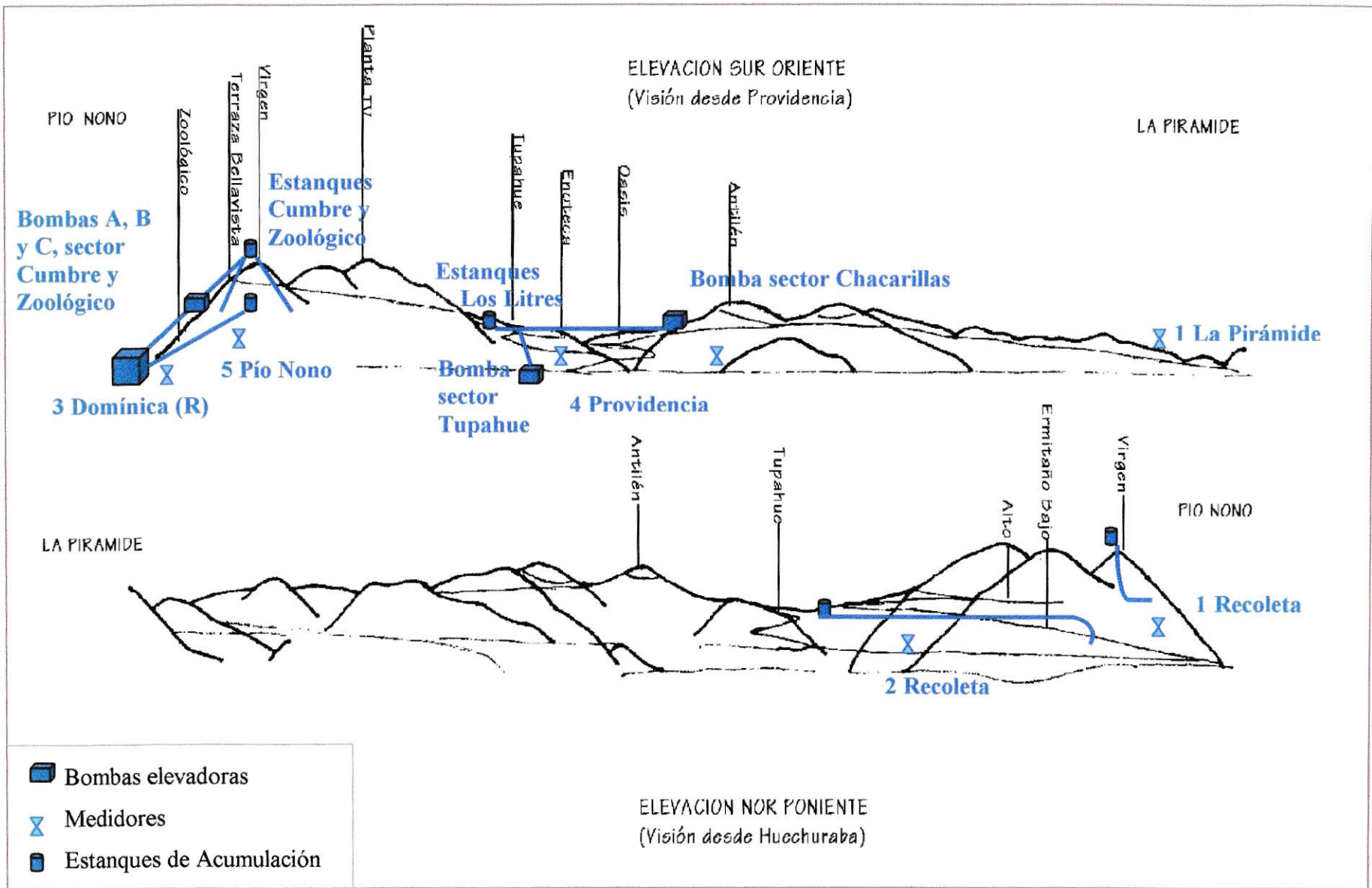


Figura 4 “Distribución de Agua Potable en el Parque Metropolitano de Santiago”.

A continuación se resumen las ubicaciones de los medidores existentes en el Parque Metropolitano de Santiago.

Cuadro N° 1 “Ubicación medidores de agua potable en el PMS”

Medidor	Ubicación	
1	La Herradura	Providencia
2	La Herradura # 2750	Providencia
3	Av. El Cerro	Providencia
4	Av. El Cerro # 0571	Providencia
5	Duque de Kent # 1020	Recoleta
6	Los Turistas # 0998	Recoleta
7	Dominica # 175	Recoleta
8	Dominica # 129	Recoleta
9	Dominica # 129	Recoleta
10	Pío Nono # 450	Recoleta
11	Pío Nono # 420 frente	Recoleta
12	Pío Nono # 450 frente	Recoleta
13	Jardín Zoológico, boletería	Recoleta
14	Pío Nono, por cerro	Recoleta
15	Las Faldas # 1060	Recoleta
16	Lo Saldes S/n (A. Cordillera)	Providencia
17	Pío Nono # 468 frente	Recoleta
18	Camino La Pirámide S/n (Manq)	Huechuraba

El medidor denominado “Jardín Zoológico, boleterías” es, en realidad el encargado de contabilizar el consumo de agua potable elevada a la cumbre del cerro San Cristóbal. Se ubica en el sector de la planta elevadora de Pío Nono, al costado del Funicular, y registra la cantidad de agua elevada, vale decir, la que es almacenada en el estanque lateral al Funicular y que alimenta las tres bombas que abastecen el sector cumbre y Zoológico.

Dicho consumo, no cuenta con un seguimiento detallado. Los metros cúbicos utilizados sólo se contabilizan en las “cuentas de agua”, lo que se realiza cada dos meses. A modo de ejemplo, éstos consumos se encuentran en el cuadro N° 2, en el que además, se presentan los valores para un promedio diario de consumo aproximado.

Cuadro N° 2 “Consumo de agua potable elevada a la cumbre del cerro San Cristóbal”

Período	Consumo total m ³	N° días	\bar{x} diario m ³ / día
Dic. '96 – ene. '97	30.793	62	497
Febrero – marzo	21.628	59	367
Abril- mayo	21.252	61	348
Junio – julio	18.405	61	302
Agosto – septiembre	22.682	61	372
Octubre – noviembre	23.664	61	388
Dic. '97 – ene. '98	25.941	62	418
Febrero – marzo	27.307	59	463
Abril- mayo	38.474	61	631
Junio – julio	31.348	61	514
Agosto – septiembre	24.132	61	396
Octubre – noviembre	41.117	61	674
Dic. '98 – ene. '99	28.803	62	465
Febrero – marzo	19.261	60	321
Abril- mayo	36.143	61	593
Junio – julio	20.497	61	336
Agosto – septiembre	18.150	61	298
Octubre – noviembre	19.180	61	314
Dic. '99 – ene. '00	17.306	62	279

Fuente: Cuentas de Agua, Departamento de Consumos Básicos PMS.

Los valores determinados para el consumo diario promedio, contenidos en el cuadro anterior, fueron calculados de manera aproximada (al dividir el consumo por el número de días correspondiente a la cuenta), sin embargo, sirven como una estimación de la situación efectiva.

El año 1997, el consumo diario, muestra una disminución en los meses fríos, alcanzando un mínimo en el período junio – julio, lo que resulta lógico al pensar que las visitas al parque disminuyen por las condiciones climáticas y que la gente, a su vez, consume menos agua que en el período estival.

Los valores para el año 1998, no presentan una tendencia clara, el consumo, sufre altos y bajos, independientes de la época del año, esto podría ser explicado, por circunstancias especiales, como algún trabajo de construcción o algo similar, lamentablemente, al tratarse de un medidor que cubre instalaciones tan variadas (restaurantes, iglesia, zoológico, etc.), las respuestas no son fáciles de obtener.

Finalmente, en el año 1999, los consumos presentan una clara tendencia de reducción, con relación a los años anteriores; a excepción del período abril – mayo; este descenso en el uso del recurso, se debe a los esfuerzos de distintos Departamentos del Parque, en lograr un empleo racional del agua. Como ejemplo se puede mencionar la ambientación dada a los recintos de los animales en el Zoológico, con el fin de acercarse más a su entorno natural, implicando, a la vez, una disminución del lavado de las mismas, lo que influye en el consumo de agua potable.

2.3.2 Agua Potable en el Jardín Zoológico Nacional

El recinto zoológico satisface sus necesidades de agua potable mediante un estanque ubicado en el sector sur-poniente del cerro San Cristóbal, al costado del recorrido del funicular, en la cota 665 m.s.n.m., aproximadamente (sobre las jaulas más altas del zoológico). La capacidad del estanque es de 100 m³ y desde él nace una red de cañerías que distribuye el agua potable por el zoológico.

En el plano correspondiente se puede observar, la planta elevadora de agua potable hacia el zoológico, que cuenta con la casa de máquinas y un pequeño estanque de acumulación, con capacidad de 13 m^3 , desde donde, a través de diferentes válvulas detalladas en el plano mismo, el agua es impulsada al estanque del Zoológico. Además, se encuentran las cañerías que permiten “elevar” el agua potable desde la intersección de las calles Santa Filomena y Pío Nono, hasta el estanque del zoológico. Esta impulsión se realiza por una cañería de diámetro (Φ) 100 mm hasta la planta de bombas, que se encuentra junto a la estación inferior del funicular, con una longitud de 112 m. Desde la casa de máquinas, el agua es transportada hacia el estanque por una tubería de Φ 150 mm y aproximadamente 160 m de recorrido.

Una vez acumuladas las aguas en el estanque, éstas se distribuyen hacia el oriente y luego hacia el sur, a favor de la pendiente (Figura 5). Para esto, la cañería cuenta con dos curvas y recorre una longitud aproximada de 83 m, con un diámetro de 100 mm, hasta terminar en un punto cercano al recinto del Chimpancé. De esta tubería se desprenden otras laterales (siete), de Φ 75 mm y que cuentan con distintas longitudes según el tramo que deben cubrir. El lateral más bajo, ubicado al poniente de la tubería principal, además, de cubrir el sector de su trazado, continúa hacia abajo, con unos 60 m de largo y Φ 75 mm. Esta tubería, cercana al acceso peatonal del zoológico da paso a un lateral al oriente del mismo diámetro y longitud de 58 m, que alimenta el sector del matadero, talleres, etc. y más abajo se curva hasta el recinto de los Osos Polares, en un recorrido cercano a 54 m. En las tuberías que se encargan de distribuir el agua por el zoológico, en la misma figura, se ven puntos que corresponden a válvulas. Estas sirven para cortar el suministro en diferentes tramos, independizándolos en caso de ser necesario realizar algún tipo de reparaciones.

En el plano, además, se encuentran los cuadros donde están contenidos el número y tipo de piezas especiales existentes en la distribución del zoológico y la elevación del agua potable hasta el estanque. El objeto de acumular el agua potable en el estanque superior de 100 m^3 , es entregar desde allí la misma por gravedad, lo que hace más sencilla su distribución por la totalidad del recinto.

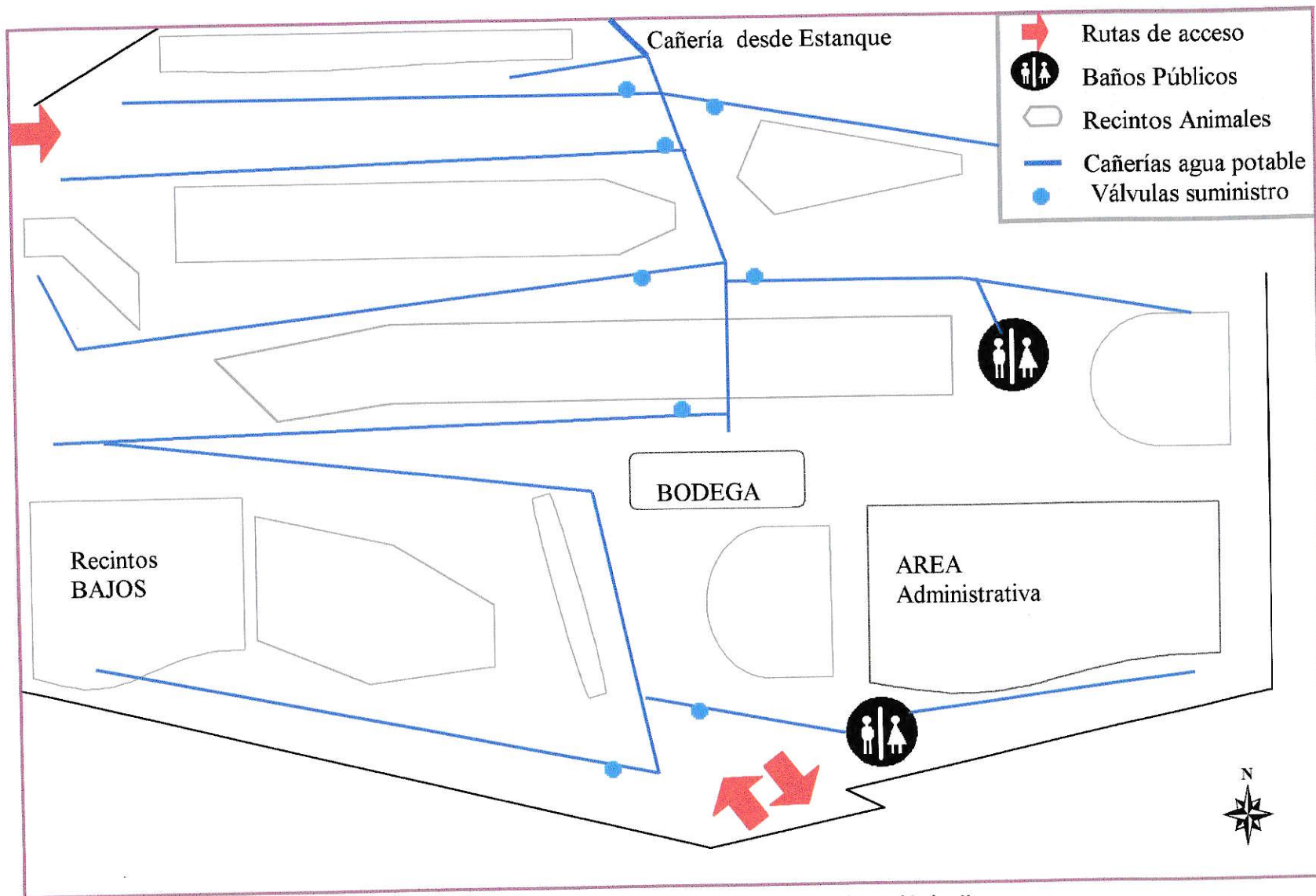


Figura 5 “Distribución de Agua Potable en el Zoológico”.

El uso que se le da al agua potable en el recinto del zoológico es básicamente similar al que se le da en un domicilio particular, salvo por las proporciones de metros cúbicos consumidos.

El agua potable es utilizada en servicios higiénicos del público en general y el personal, la clínica, la sala de crianza, el casino de los trabajadores, los bebederos y la bodega donde se preparan los alimentos de los animales, la unidad educativa, la sección 12 (matadero, talleres, etc.) y en los bebederos existentes en el zoológico para los visitantes del mismo, además, en las llaves cercanas a los distintos puntos donde se manipulan alimentos (quioscos) y es usada en el lavado y aseo de las jaulas. Esta actividad se realiza de acuerdo a un semanario, donde se encuentra planificado principalmente el aseo de los recintos que cuentan con piscinas, resumido en el cuadro N° 3.

Cuadro N° 3 “Semanario de lavado de piscinas del Zoológico”

Día	Lavar
Lunes	Hipopótamo
Martes	Lobos Marinos
Miércoles	Aves Acuáticas
Jueves	Oso Polar - Tapir
Viernes	Hipopótamo
Sábado	Lobos Marinos
Domingo	Aves Acuáticas y Pingüinos

Fuente: Jardín Zoológico Nacional

2.3.3 Abastecimiento de Agua de riego en el PMS

El Parque Metropolitano de Santiago, principal área verde urbana de uso público de la ciudad y del país, cubre una superficie total de 728 hectáreas (há.), de las que alrededor de 312 há. corresponden a plantaciones existentes, 250 há. las reservas susceptibles de forestar en el futuro, además de 22 há. de jardines. La mantención de los jardines y especies forestales del

Parque y la forestación futura de las superficies de reservas exige el uso del agua de riego, debido a las características del suelo y el clima; las grandes pendientes del terreno y la pequeña profundidad del suelo, unidos a la escasa pluviosidad durante las estaciones de Primavera y Verano. (PMS, 1999 a)

El Parque Metropolitano para el riego de sus plantaciones como de sus jardines y otros, cuenta con dos fuentes de abastecimiento de agua de riego: el río Mapocho y el río Maipo.

En general, los derechos de aguas provenientes de estos ríos se utilizan en las estaciones más secas, sin embargo, en invierno se dispone de agua de riego para las plantaciones nuevas, que no pueden estar a merced del comportamiento pluviométrico.

El sistema de conducción de las aguas está constituido por el conjunto de las tuberías existentes y de refuerzo, que tienen por objeto conducir las aguas desde sus fuentes, hasta los puntos donde ellas se distribuirán para el riego (Figura 6); el abastecimiento de los estanques para riego es nocturno y utiliza las diferencias de altura a través del Parque.

A lo largo del trazado se consideraron laterales de distribución para regar los distintos sectores, tomando en cuenta los requerimientos de agua, la topografía y las pendientes existentes. Dichos laterales de riego sirven para distribuir en la ladera del cerro los requerimientos de agua. Además, sirven eventualmente como abastecimiento de agua para incendios.

Una descripción detallada del sistema de riego en el Parque Metropolitano de Santiago, se encuentra contenida en el Anexo A.

2.3.4 Agua de riego en el Jardín Zoológico Nacional

El agua de riego utilizada en el Jardín Zoológico proviene del estanque N° 1 del mismo nombre, ubicado en la cota 720 m.s.n.m. y de capacidad aproximada de 90 m³. Alimentado según la descripción realizada anteriormente (de noche y por la tubería circunvalación), nace una red de tuberías galvanizadas de 2 ” que recorre el recinto para suplir las necesidades del mismo. Estas tuberías se encuentran relativamente paralelas a las de agua potable, sin embargo, por el momento no existe un diagrama que muestre su ubicación.

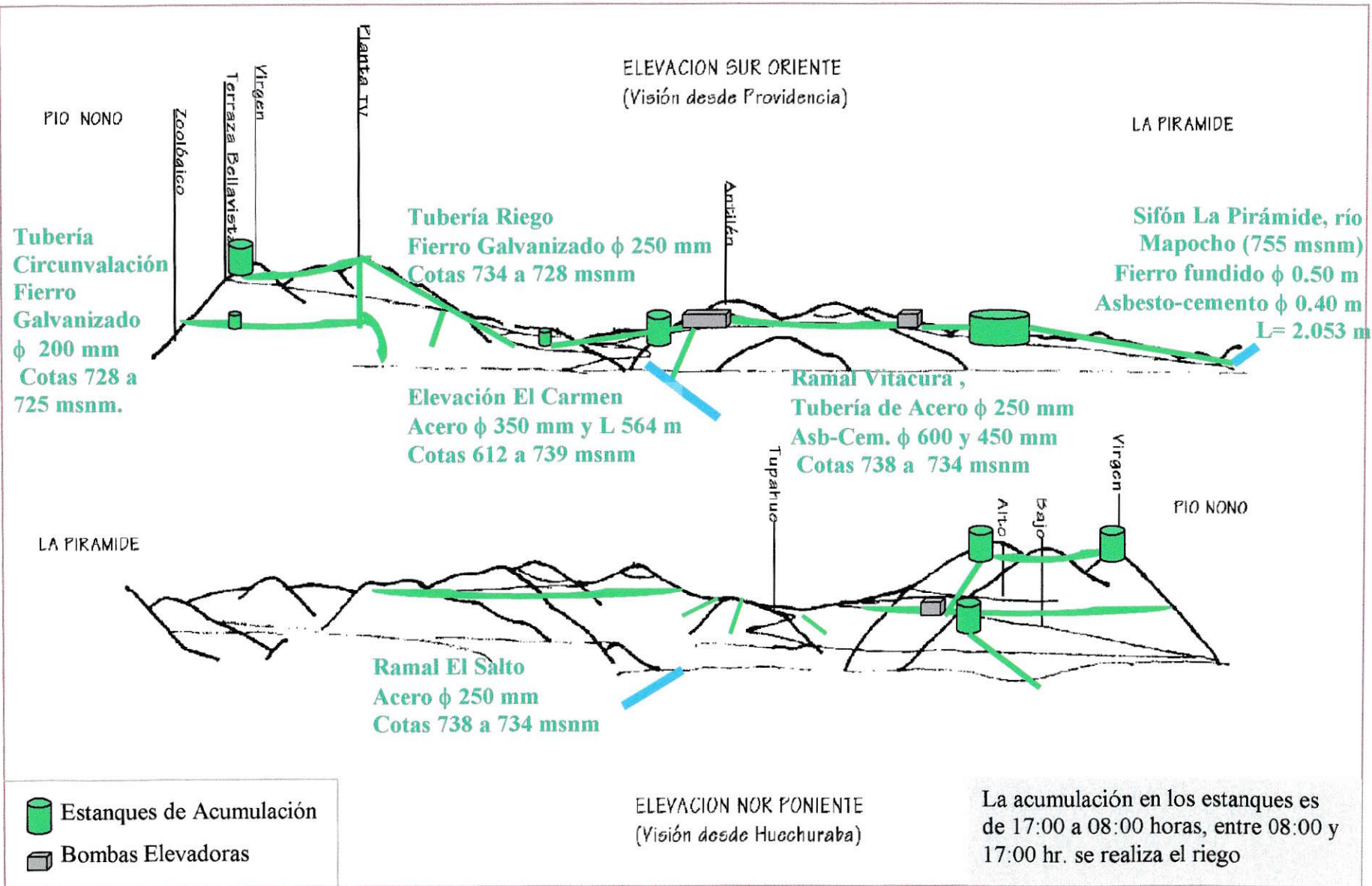


Figura 6 “Distribución de Agua de Riego en el Parque Metropolitano de Santiago”.

Los usos que se le dan al agua de riego en el zoológico son, además del riego por aspersión del sector, para el lavado de calles y canaletas del recinto. Contando con un posible uso frente a un caso de emergencia. Diariamente se utiliza un volumen cercano al del estanque en estaciones secas, sin embargo, no se cuenta con valores precisos de su consumo; éste es variable, dependiendo de un factor decisivo como lo son las condiciones climáticas.

2.3.5 Disposición de las Aguas residuales en el Parque Metropolitano.

El Parque Metropolitano de Santiago, para evacuar sus residuos líquidos, cuenta con conexiones al alcantarillado público de la ciudad, esto a través de diferentes puntos, los que por medio de cámaras y cañerías adecuadas cumplen con dicho objetivo.

La disposición de aguas residuales, se realiza separadamente desde los distintos sectores del Parque. Así, en la Figura 7 están representadas dichas disposiciones desde el sector “Cumbre”, el llamado balneario “Tupahue” y el sector “Chacarillas”.

Básicamente, la disposición desde estos sectores se hará a favor de la pendiente. En la Figura 7, se encuentran los detalles del recorrido principal de los residuos líquidos desde el balneario “Tupahue”, por cañerías de Φ de 5 ” de cemento comprimido y fierro fundido en distintos tramos, que se conectan por cámaras que sirven de inspección. Su trayecto, cercano a los 880 m, desde la piscina corre por la ladera poniente, a favor de la gravedad, volteando paulatinamente hacia el oriente, donde finalmente llegará a la intersección de las calles Pedro de Valdivia Norte y Av. El Cerro; lugar en que se encuentra el colector del alcantarillado. Dentro del plano respectivo, se especifican los tramos entre las distintas cámaras, el material de las cañerías, sus cotas (de terreno y de radier), sus diámetros y pendientes.

El sector “Cumbre” cuenta a su vez con otra red de saneamiento, la que nace al costado norte de la boletería del funicular, en los baños públicos existentes en el Santuario. Estos desechos recorren un tramo de aproximadamente 80 m, por cañerías de Φ 100 mm, hasta la cámara N° 21, es aquí donde comienza la red en sí, que en sus principios utilizará cañerías de Φ 175 mm y luego, en la cámara N° 2 la disposición de las “aguas” se realizará por cañerías de

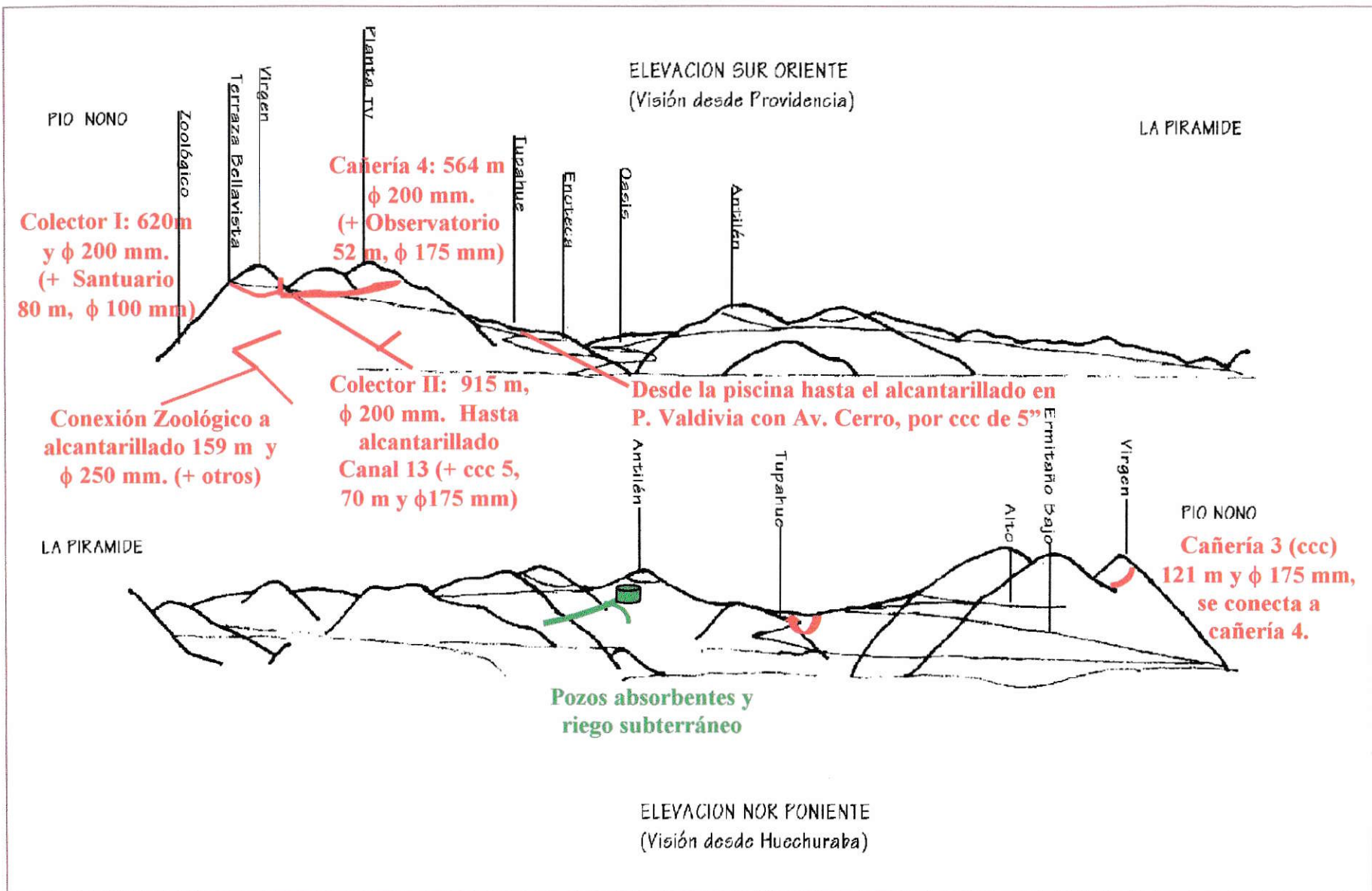


Figura 7 “Disposición de aguas residuales en el Parque Metropolitano de Santiago”.

Φ 200 mm, en el denominado Colector I, rodeando la cumbre del cerro San Cristóbal por la ladera oriente por cerca de 620 m; recogiendo a la vez los desechos originados en otras instalaciones de dicho sector. Su recorrido cambia bruscamente de dirección en la cámara N° 12, punto en el que se unen residuos provenientes del Departamento Forestal, a través de la llamada “cañería 3” (cámaras N° 34 -37), de Φ 175 mm, con una longitud cercana a los 121 m. Desde aquí el colector pasará próximo al invernadero, realizando una serie de curvas hasta conectarse con la “cañería 4”, después de aproximadamente 140 m de longitud y seis cámaras (N° 13 a 18), hasta la cámara N° 19, a la que además llegarán los residuos del sector norte, detallado a continuación.

En las oficinas de Televisión Nacional de Chile (TVN), se originan residuos colectados en la cámara N° 38, desde aquí por cañerías de Φ 175 mm, son transportados por 203 m y cinco cámaras (N° 39 a 43), donde las cañerías cambian a un Φ de 200 mm, para poder responder, además, ante la adición de desechos locales y en la cámara N° 46, de los provenientes del Observatorio “Manuel Foster” (cañerías de Φ 175 mm y 52 m de largo). A partir de aquí, su trayecto varía hacia el oriente, en la cámara N° 51 al sur, hasta la N° 19, como se ve detallado en el plano, el recorrido total (TVN- Cám. 19) es conocido como “cañería 4”, similar a los 564 m.

En la cámara N° 19, ubicada en la cota 785 m.s.n.m., nace a favor de la pendiente el llamado Colector II, que será el encargado de transportar los desechos líquidos hacia el alcantarillado, ubicado en las dependencias del “canal 13” Universidad Católica de Chile Televisión. Su trayecto, es en dirección sur-oriente por 915 m, a través de cañerías de Φ 200 mm, atravesando un total de diecinueve cámaras (N° 54 a 72), en esta última se unen los residuos de la denominada “cañería 5” (Φ 175 mm y largo de 70 m), que comprende tres cámaras, antes de unirse al Colector II. Este, finalmente se une a la red pública del alcantarillado en el canal 13, sin embargo, no se cuenta con el detalle.

En el sector Chacarillas, para la disposición de los residuos líquidos, se cuenta con pozos decantadores y absorbentes, donde se origina un drenaje que regará en forma subterránea algunas áreas del parque. No se dispone de los detalles en este sector.

2.3.6 Disposición de aguas residuales en el Jardín Zoológico Nacional

La disposición de los residuos líquidos en el zoológico, se realiza básicamente mediante dos formas, según la calidad y contenidos de estos residuos.

Es importante mencionar la existencia de canaletas laterales a las jaulas, que conducen las aguas residuales superficialmente, a la vista del público. Estos residuos son los que se originan en el lavado de calles y recinto de los animales, como también los provenientes de desechos de alimentación de los habitantes y visitantes del zoológico, además de conducir los excedentes de los bebederos y, en algunas estaciones, las aguas de lluvias. A la vez existe otro tipo de red de saneamiento, que corre subterráneamente y es la encargada de transportar los residuos líquidos generados en los servicios higiénicos del lugar, la clínica, las diversas partes donde se preparan alimentos, el casino, taller y del área del matadero, llevando residuos de todas las actividades mencionadas. Resulta fácil, entonces, imaginar que el tipo de residuos líquidos difiere entre una red y otra de conducción.

La disposición de éstas aguas residuales está descrita en la Figura 8; siendo básicamente un diagrama simplificado de las redes de saneamiento existentes en el Zoológico, lo que facilita la comprensión de este proceso.

En esta figura se observan en general, las canaletas representadas por líneas punteadas (----) y que recorren el recinto de preferencia en el costado centro-poniente y el sector superior. Estas se conectan con la canaleta siguiente más baja, por medio de cámaras subterráneas para seguir su recorrido a favor de la pendiente. El cuadrante sur-oriente (recintos 57 hacia abajo y de la bodega de alimentos hacia la derecha), además de los recintos más bajos (Oso Polar, Hipopótamo y Canguros), disponen de las aguas a través de cañerías subterráneas.

Desde los recintos de animales más altos, los residuos líquidos llegan a la canaleta superior del Zoológico por cámaras alimentadas con cañerías subterráneas, ésta corre a favor de la pendiente hasta una serie de cámaras que la conectan con la canaleta inmediatamente inferior, a la que llegan a la vez los residuos líquidos del oriente del Zoológico, que son transportados por otra canaleta y, luego por cámaras, donde se unen a los residuos de otra jaula (recinto 99).

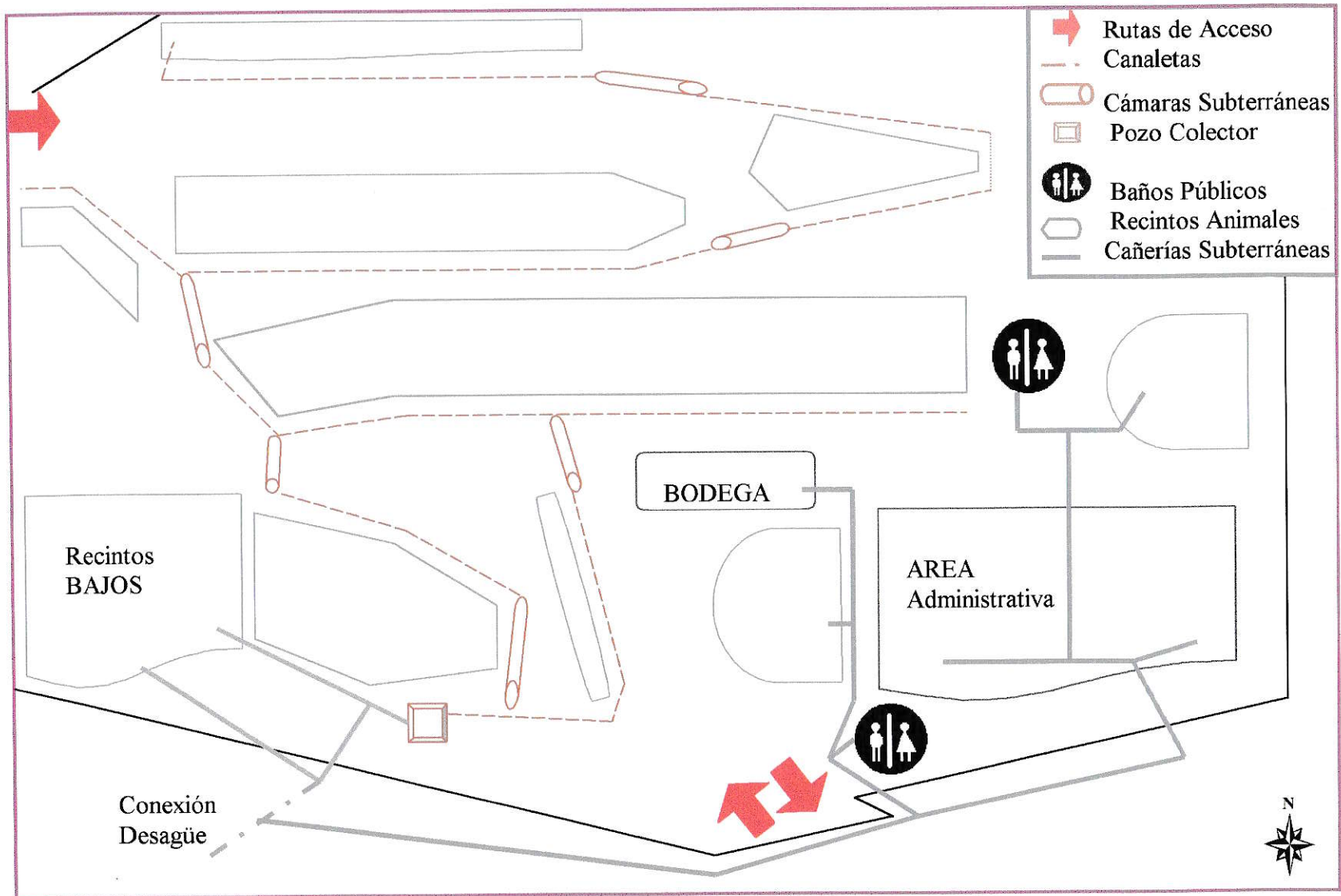


Figura 8 “Diagrama simplificado de la disposición de residuos líquidos en el Jardín Zoológico.”

Se puede ver que dicha canaleta se conecta con otra cuyo “cauce” correrá también a favor de la pendiente; que en los sectores donde existen caminos para los visitantes, éstas no corren superficialmente, sino bajo el concreto y que para conectarse entre sí, a pendientes muy distintas, lo hacen por medio de cámaras para controlar de cierta manera el flujo que transportan. Esto se repite en todas las canaletas del recinto Zoológico. (Ver Fotografía N° 1).

Se debe hacer notar que para realizar el lavado de las distintas piscinas, el vaciado se hace a través de estas canaletas, por medio de válvulas existentes para este fin. (Ver Fotografía N° 2).

Por otro lado, el sector oriente dispone de sus aguas por cañerías de Φ 100 mm, subterráneas. Esta red de saneamiento se origina en los baños públicos altos, algunos recintos (57 al 60) y los residuos de algunas casas en las que también se preparan alimentos. Estos durante su trayecto recorren diversas cámaras de niveles más bajos, captando nuevos cursos de desechos, hasta juntarse en una que hará que sigan corriendo hacia el sector donde actualmente se encuentra la clínica, sala de crianza, etc.. Su recorrido continuará siendo por cañerías de Φ 100 mm, interrumpido por cámaras que servirán de inspección o que serán el punto para incorporar residuos desde otros recintos. Así hasta llegar a la cámara N° 7 que aparece en el debido plano. Esta se conecta a la N° 6 que es más baja y donde, además, llegarán los desechos de los corrales. Finalmente, la cámara N° 6 se conectará a otra circular (N° 5) que forma parte del colector situado fuera del Zoológico.

Por otra parte, sobre la bodega de alimentos, nace otra red subterránea que, igual que la anteriormente descrita, transporta desechos líquidos por medio de cañerías de Φ 100 mm hasta la cámara N° 19. Desde este punto correrán por cañerías de Φ 200 mm hasta la cámara circular, que colecta además desechos desde la piscina del Elefante (recinto 11) y de la clínica (hoy oficina y baño). Desde aquí, por una cañería de Φ 175 mm, se conecta a la cámara N° 17, donde convergen los provenientes del área administrativa y baños públicos bajos. Más abajo (cámara N° 16) se les unirán los originados en el sector de la boletería (cañería Φ 75 mm) para conectarse por otra cámara (N° 3') al colector antes mencionado. Los residuos transportados por la cámara N° 5 y posteriormente la N° 3', correrán por una cañería de Φ 200 mm hasta la cámara N° 2.



Fotografía N° 1 “Aguas provenientes de la canaleta anterior, por tubo subterráneo”



Fotografía N° 2 “Válvulas desde piscinas hacia canaletas”

Finalmente, los recintos más bajos (1 y 2), disponen de sus residuos por redes subterráneas, originándose en el recinto 1 a través de cañerías de diferentes diámetros hasta la cámara N° 25, donde se unirán los del recinto 2 (Hipopótamo) y los del pozo colector, que es donde últimamente llegan los residuos de las canaletas del Zoológico. Dichas “aguas” seguirán su recorrido hasta la cámara N° 24 (fuera del recinto), donde se unen los desechos originados en el recinto de los Canguros (cámara N° 42). Estos llegarán a través de cañerías de Φ de 200 mm hasta la cámara N° 23.

En el plano adecuado, se puede ver la conexión desde las cámaras N° 2 y N° 23 a una serie de cámaras y cañerías (Φ 200 mm), que transportan los residuos a favor de la pendiente del cerro San Cristóbal hasta la cámara N° 5. Desde ésta se realizará la disposición de los mismos a la red pública del alcantarillado, favoreciendo su recorrido hacia la calle Dominica por cañerías de cemento comprimido (ccc) con Φ de 250 mm, a las que también llegarán residuos líquidos desde otras instalaciones del Parque.

2.3.7 Destino Aguas Residuales

Los residuos líquidos del Parque Metropolitano de Santiago, a través de los alcantarillados existentes en la calle Pedro de Valdivia Norte, dependencias del Canal 13 y el del sector del barrio Bellavista, descargan finalmente en el Río Mapocho³.

En el sector nor-poniente de la ciudad de Santiago, las aguas del río son utilizadas para regadío en agricultura, cultivándose en esta zona: espinaca, uva de mesa, lechuga, coliflor, porotos verdes, árboles frutales como ciruelos y cítricos, entre otros. (INE, 1997)

³ Comunicación Personal. Gentileza Empresa Metropolitana de Obras Sanitarias. (EMOS)

2.4 Legislación Vigente sobre uso de aguas residuales en regadío

Nuestra legislación es relativamente escasa respecto del tema, sin embargo, exige el cumplimiento de la Norma Chilena NCh 1.333 Of. 78 capítulo 6, respecto de las características físico químicas y bacteriológicas del agua para riego.

Existe dentro de la norma una clasificación de aguas para riego, según su salinidad y sólidos disueltos, para este estudio en particular, fijaremos nuestra atención en la clasificada como agua con la que generalmente no se observarán efectos perjudiciales, con el fin de disminuir los potenciales riesgos. Estas características, se presentan en el cuadro N° 4.

Cuadro N° 4 “ Características exigidas para agua de riego”

Parámetros	Límites
pH	entre 5,5 y 9,0
Conductividad específica	< 750 μ ohms / cm a 25 °C (*)
Sólidos disueltos totales	< 500 mg/ L a 105 °C (*)
Requisitos bacteriológicos	< 1000 coliformes fecales / 100 ml

Fuente: NCh 1.333 Of. 78 (INN, 1978)

(*) Estos valores son característicos de aguas con las que generalmente no se observarán efectos perjudiciales.

Además de los parámetros descritos en el cuadro N° 4, nuestra legislación exige cumplir con límites máximos de algunos elementos químicos en agua de riego, contenidas en el cuadro N° 5, que por sus dimensiones esta contenido en la página siguiente.

La norma a la vez enuncia exigencias para pesticidas y razón de adsorción de sodio, que debe ser establecida por la autoridad competente en cada caso⁴.

⁴ La autoridad competente en este caso corresponde a la Comisión Nacional del Medio Ambiente. Información obtenida en la Dirección del Instituto Nacional de Normalización.

Cuadro N° 5 “Concentraciones máximas de elementos químicos en agua para riego”

Elemento	Límite máximo mg / L
Aluminio (Al)	5,00
Arsénico (As)	0,10
Bario (Ba)	4,00
Berilio (Be)	0,10
Boro (B)	0,75
Cadmio (Cd)	0,010
Cianuro (CN ⁻)	0,20
Cloruro (Cl ⁻)	200,00
Cobalto (Co)	0,050
Cobre (Cu)	0,20
Cromo (Cr)	0,10
Fluoruro (F ⁻)	1,00
Hierro (Fe)	5,00
Litio (Li)	2,50
Litio (cítricos) (Li)	0,075
Manganeso (Mn)	0,20
Mercurio (Hg)	0,001
Molibdeno (Mo)	0,010
Níquel (Ni)	0,20
Plata (Ag)	0,20
Plomo (Pb)	5,00
Selenio (Se)	0,020
Sodio (Na)	35,00 *
Sulfato (SO ₄ ⁻)	250,00
Vanadio (V)	0,10
Zinc (Zn)	2,00

Fuente: NCh 1.333 Of. 78. (INN, 1978)

* Este elemento es medido en porcentaje.

Efectuadas las consultas correspondientes, se ha podido concluir que no existe normativa exigida por parte del Ministerio de Salud, Departamento Programa sobre el Ambiente. Sin embargo, se adoptarán las normas y recomendaciones que al respecto ha dado la Organización Mundial de la Salud en Ginebra (OMS, 1989), por estimarse que protegen adecuadamente la salud pública. Del informe *“Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura”*, se extraen los textos que a continuación se presentan.

La evacuación de aguas residuales sin tratar o parcialmente tratadas al medio ambiente puede causar problemas de contaminación del agua subterránea y superficial, así como del suelo. El uso planificado de aguas residuales para riego o acuicultura evita esos problemas y reduce el daño resultante; por tanto, puede compensar parte del costo del programa.

Algunos contaminantes en el agua podrían crear graves problemas al medio ambiente, sobre todo materia orgánica, nitrógeno, compuestos de fósforo y potasio; deteriorando los cursos hídricos naturales, aumentando los sedimentos y carga orgánica en ríos, disminuyendo el oxígeno disuelto en los mismos. Lo que altera la flora y fauna acuática, y convirtiéndolos en un potencial transmisor de enfermedades microbiológicas y químicas. Estos contaminantes al encontrarse en agua para riego sirven de nutrientes.

La restricción de ciertos cultivos puede desempeñar una valiosa función para proteger la salud pública cuando se emplean aguas residuales en estado bruto o sólo parcialmente tratadas. El régimen de riego por tuberías enterradas permite proteger la salud de los consumidores y eventualmente de los agricultores.

Las aguas residuales contienen generalmente elevadas concentraciones de agentes patógenos excretados, sobre todo en países donde predominan las enfermedades diarreicas y los parásitos intestinales. Se pueden tomar cuatro medidas principales para proteger la salud al aprovechar aguas residuales, a saber: tratamiento de éstas, restricción de cultivos, control de las clases de empleo de las aguas residuales y de la exposición a las mismas y fomento de la higiene.

La eliminación de agentes patógenos es el principal objetivo del tratamiento de aguas residuales para aprovechamiento en agricultura. Así, la OMS recomienda límites respecto a la concentración permisible de organismos coliformes y otros, como se ve en el cuadro N° 6.

Cuadro N° 6 “Directrices recomendadas sobre la calidad microbiológica de las aguas residuales empleadas en agricultura ^a”

Cate- goría	Condiciones de Aprovechamiento	Grupo Expuesto	Nemátodos intestinales ^b (media aritmética n° huevos por litro ^c)	Coliformes fecales (media geométrica n° por 100 ml ^c)
A	Riego de cultivos que comúnmente se consumen crudos, campos de deporte, parques públicos ^d .	Trabajadores, consumidores, público.	≤ 1	≤ 1.000 ^d
B	Riego de cultivos de cereales industriales y forrajeros, praderas y árboles ^e .	Trabajadores.	≤ 1	No se recomienda ninguna norma.
C	Riego localizado de cultivos en la categoría B cuando ni los trabajadores ni el público están expuestos.	Ninguno.	No es aplicable	No es aplicable

Fuente: OMS, 1989.

Notas:

^a En casos específicos, se debieran tener en cuenta los factores epidemiológicos, socioculturales y ambientales de cada lugar y modificar las directrices de acuerdo con ello.

^b Especies *Ascaris* y *Trichuris* y anquilostomas.

^c Durante el período de riego.

^d Conviene establecer una directriz más estricta (≤ 200 coliformes fecales por 100 ml) para prados públicos, como los de los hoteles, con los que el público puede entrar en contacto directo.

^e En el caso de los árboles frutales, el riego debe cesar dos semanas antes de cosechar la fruta y ésta no se debe recoger del suelo. No es conveniente regar por aspersión.

En la práctica, las coliformes fecales pueden emplearse como indicadores razonablemente fiables de los agentes patógenos bacterianos, ya que sus características de supervivencia en el medio ambiente y su índice de eliminación en los procesos de tratamiento son similares, por lo general. Son menos satisfactorios de los virus excretados y son muy limitados al tratarse de protozoarios y helmintos, para los que no existen indicadores seguros.

La extinción paulatina natural de los agentes patógenos sobre el terreno constituye otro valioso factor de seguridad para reducir los riesgos potenciales para la salud. La inactivación de agentes patógenos por medio de irradiación con rayos UV, desecación y depredadores biológicos naturales cuando se emplean efluentes para riego de cultivos y del suelo puede llevar a una reducción suplementaria de 90 a 99% de los agentes patógenos a los pocos días del empleo.

El riego del subsuelo o el localizado, sobre todo cuando se coloca en la superficie una cubierta vegetal protectora, puede ofrecer el mayor grado de protección de la salud, además de permitir un uso más eficiente del agua y dar mayores rendimientos. La capacidad de utilizar efluentes de calidad inferior por medio de dispositivos de riego, sobre todo en sistemas subterráneos, será un factor de importancia para promover este método de protección de la salud pública.

Donde sea posible, el aprovechamiento de aguas residuales en agricultura y acuicultura debe ser el método preferido de evacuación de aguas residuales y debe ser parte integrante de la planificación del empleo de los recursos hídricos.

La óptima combinación de medidas dependerá de las condiciones locales y los grupos específicos de personas que se deben proteger.

Al seleccionar técnicas de tratamiento de aguas residuales para planes de aprovechamiento, la consideración primordial debe ser su capacidad de eliminar constantemente los microorganismos patógenos. Cabe tener presente que es posible que los sistemas convencionales sean menos seguros en ese sentido. (OMS, 1989)

CAPITULO III
Materiales y Métodos

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Lugar del Estudio

Para cumplir con el primer objetivo específico se realizó la revisión bibliográfica utilizando básicamente los planos facilitados por el Parque Metropolitano de Santiago; la información recopilada de diversos centros de información y bibliotecas, los antecedentes obtenidos a través de comunicaciones personales, la recopilada en los distintos Departamentos del PMS, como Departamento Zoológico, de Relaciones Públicas, Técnico, Parques y Jardines, y la información extraída de visitas en terreno. Así, los antecedentes sobre el recurso hídrico, fueron descritos por la autora en los diagramas respectivos (Fig. 4, 5, 6, 7 y 8), a partir de los planos correspondientes, para estos efectos fue necesario contactarse con los Directores del PMS y Zoológico, quienes autorizaron la entrega de dichos planos; también fue necesario recurrir a EMOS, a fin de obtener información referida a los destinos de las aguas residuales provenientes desde el PMS. Cada uno de los antecedentes referidos a origen, suministro, distribución y disposición de las aguas que ingresan, como las que se eliminan fueron chequeadas en terreno, con el fin de ubicar los puntos (cámaras) en los que realizar el muestreo. Finalmente se obtienen 9 planos, los que están contenidos en una carpeta anexa al presente trabajo y cuyos nombres aparecen encabezando la misma.

Para proponer una alternativa de reutilización de los residuos líquidos del Zoológico, se efectuó la recopilación de la legislación vigente acorde y el análisis de los resultados obtenidos con el desarrollo de los objetivos previos.

3.2 Procedimiento Experimental

La descripción del procedimiento utilizado en el presente estudio, será detallada por separado para el seguimiento semanal y los análisis realizados para el día Lunes, a modo de hacer más fácil su comprensión.

3.2.1 Seguimiento semanal de los residuos líquidos del Jardín Zoológico

3.2.1.1 Parámetros Físicoquímicos y Análisis Químicos

Entre los días 21 - 27 de septiembre y 01 - 07 de octubre de 2000, se ejecutó un muestreo de las aguas residuales del Zoológico, con el fin de realizar un seguimiento de algunos parámetros físicoquímicos.

La colección de las muestras se practicó bajo las condiciones estipuladas por la norma de CONAMA (descrita posteriormente) y consistió en recogerlas en el horario de mayor caudal, entre 09 : 30 y 11: 00 horas.

Cada día se tomaron muestras de las aguas residuales del Zoológico, de 1 L cada una en duplicado y un control que, durante los primeros 11 días correspondió a agua potable del recinto y los 3 días restantes a agua de riego. El muestreo se llevó a cabo en la cámara N° 23; las muestras de agua potable y agua de riego se efectuaron en el mismo punto durante su seguimiento.

En el lugar, se determinaron algunos parámetros físicoquímicos, para la totalidad de las muestras (controles y residuales), según los métodos enunciados a continuación:

- Determinación de pH, utilizando pHmetro WTW, modelo 323-A, electrodo estándar combinado SenTix 50.
- Determinación de Temperatura, por pHmetro WTW, modelo 323-A, electrodo estándar combinado SenTix 50.
- Determinación de Conductividad Eléctrica: Conductímetro WTW, modelo LF 320.
- Determinación de Sólidos Disueltos Totales, por medio de Conductímetro WTW, modelo LF 320.
- Determinación de Oxígeno disuelto, utilizando Oxímetro WTW, modelo Oxi 320.

La determinación de las concentraciones de Nitrito (NO_2), Nitrato (NO_3) y Ortofosfato (PO_4); más el parámetro de Sólidos Suspendedos Totales, para la totalidad de las muestras de las dos semanas, fue realizada en el Laboratorio de Química Orgánica y Cromatografía, de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile. Siguiendo las metodologías detalladas en el

Anexo B donde, además, se encuentran los resultados individuales obtenidos para cada día; estos métodos son:

- Determinación de Sólidos Suspendidos Totales por Gravimetría.
- Determinación de Nitrito por Colorimetría, contenido en Métodos Estándar. (APHA, 1992)
- Determinación de Nitrato por el método del salicilato de sodio, de Métodos Estándar. (APHA, 1992)
- Determinación de Ortofosfato por el método del ácido Ascórbico. (APHA, 1992)

3.2.1.2 Análisis Parasitológico

Siempre en el mismo punto definido para el muestreo, se concretó entre los días Lunes 16 y Viernes 20 de octubre de 2000 inclusive, un seguimiento Parasitológico de los residuos líquidos del Jardín Zoológico, completando el ciclo de aseo de todas las especies. Los análisis se realizaron en la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias, específicamente en el Laboratorio de Enfermedades Parasitarias, del Departamento de Medicina Preventiva Animal, de la Universidad de Chile.

Las muestras fueron colectadas todos los días aproximadamente a las 09:30 horas y almacenadas en frascos de vidrio de 500 mL previamente esterilizados (marca SCHOTT, tapa rosca). Estas consistieron en 3 ejemplares para cada día: una superior de las aguas residuales, otra de la altura media del caudal respectivo y la tercera de la parte baja del mismo. Todas fueron analizadas el mismo día de su extracción, previo a esto, fueron centrifugadas por 10 minutos, descartando el sobrenadante y analizando el “Pellet” mediante dos métodos: Sedimentación y Flotación.

Sedimentación: a la muestra se agrega agua de la llave, se revuelve y se cuela (colador de té), se deja en reposo por aproximadamente 15 minutos con el fin de que decante. Luego se descarta el sobrenadante y se agrega Lugol, que tiñe el sedimento de rojo oscuro y vuelve a llenarse con agua, dejándola por otros 10 minutos. Finalmente los sedimentos se observan en una placa plástica (3,5 por 5 cm), al Microscopio Zeiss, modelo Stemi 1000. (Soulsby, 1987)

Flotación: al pellet obtenido de la centrifugación de la muestra se añade agua con sal común (1 Kg de sal por 4 L de agua), se mezclan con una varilla de vidrio y se cuela con un colador común sobre un recipiente más pequeño, para que se forme una película de agua sobre el borde, en ésta se deposita un vidrio delgado Glaser de 20 por 20 mm, luego de 10 minutos, éste es retirado con pinzas y puesto en un Portaobjetos CML de bordes naturales, el que es observado en el Microscopio Electrónico Zeiss, con un aumento de 10x. (Thienpont y col, 1979)

Así, pueden identificarse los Parásitos cuya densidad sea menor a la del agua con sal y en la otra muestra, aquellos con densidades mayores que la del agua, constituyendo un amplio espectro de posibilidades.

3.2.2 Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para un día Lunes

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos, se realizó un muestreo de los residuos líquidos del Zoológico; el punto de muestreo fue determinado conforme al plano que describe la disposición de ellos: la cámara de inspección N° 23. Su elección se fundamenta, en que es aquí donde convergen la totalidad de las aguas residuales provenientes de las canaletas y corrales, además, de ser ésta la última cámara, donde estos residuos corren de forma independiente a los generados en baños, clínica, matadero, etc. (ver página 31).

Este, fue realizado el día Lunes 13 de marzo de 2000, entre las 09 : 30 y 14 : 30 horas. Efectuado por el Laboratorio Hidrolab (autorizado por la Súper Intendencia de Servicios Sanitarios y domiciliado en Av. Central # 681, comuna de Quilicura), que evaluaron en el recinto mismo parámetros como: pH, temperatura y caudal; en sus instalaciones se llevó a cabo la determinación de otros parámetros fisicoquímicos y químicos: aceites y grasas, nitrógeno amoniacal y total, fósforo total, DBO₅, detergentes, poder espumógeno y sólidos suspendidos; además, de evaluar los residuos microbiológicamente, por medio del parámetro de Coliformes Fecales que resulta un indicador de la presencia de organismos patógenos y del riesgo potencial de las aguas residuales. La determinación de estos parámetros fue ejecutada

según lo establecido en las Normas Chilenas 2.313 “Aguas Residuales – Métodos de Análisis” y sus diferentes partes. (INN, 1999)

La unidad de muestreo consistió en 1 L de agua recolectada, al inicio del mayor flujo de aguas residuales que se da en el Jardín Zoológico de Santiago. Se recolectó un total de seis muestras con un intervalo de tiempo de 1 hora entre ellas, de modo tal, de cubrir el período de máxima eliminación de aguas servidas. Junto a la recolección de las muestras, se determinaron los parámetros de temperatura, pH y caudal, en el lugar. Posteriormente, cada una de estas muestras fue trasladada al laboratorio respectivo, tomando los resguardos a la luz y temperatura, que para estos casos señalan las normas.

Para el análisis microbiológico del agua, se realizó un muestreo aleatorio del flujo de agua en el horario de lavado de los recintos y jaulas de los animales. El muestreo se realizó conforme a la normativa. (CONAMA, 1998)

El número de muestras y su composición, quedó sujeto a lo establecido en la Norma para la “Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales”, dictada por la Comisión Nacional del Medio Ambiente (CONAMA, 1998), que señala:

“Se obtendrá una muestra compuesta por cada punto de descarga.

i) Cada muestra compuesta debe estar constituida por la mezcla homogénea de al menos:

- Muestras puntuales obtenidas a lo más cada dos (2) horas, en los casos en que la descarga sea superior o igual a cuatro (4) horas. La muestra puntual debe estar constituida por la mezcla homogénea de dos submuestras de igual volumen, extraídas en lo posible de la superficie y del interior del fluido.***

ii) En cada muestra puntual se debe registrar el caudal del efluente.”

La determinación de los parámetros se llevó a efecto de acuerdo a lo establecido en las Normas Chilenas NCh 2.313 “Aguas Residuales – Métodos de análisis”, aplicando los siguientes métodos (INN, 1999):

- Determinación de pH por medio de pHmetro Hanna modelo 8424, en el lugar de muestreo.**
- Determinación de la Temperatura, a través de pHmetro, medida “in situ”.**

- Determinación del Caudal, por medición métrica de altura de la columna de agua y diámetro del conducto, y velocidad del efluente.
- Determinación de Sólidos Suspendedos Totales secados a 103° C - 105° C, por gravimetría,
- Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), por el uso de electrodo específico.
- Determinación de Aceites y Grasas, método Soxhlet y partición gravimétrica.
- Determinación de Fósforo Total, por el método Metavanadato y Espectroscopía de Absorción.
- Determinación del Poder espumógeno, método de Ros- Müller modificado.
- Determinación de Coliformes Fecales, según método de número más probable (NMP), en medio Caldo Enriquecido.
- Determinación de Detergentes, método para sustancias activas de azul de metileno (SAAM).
- Determinación de Nitrógeno Kjeldahl, por método de Kjeldahl.
- Determinación de Nitrógeno Amoniacal, por electrodo específico.

3.2.3 Determinación de metales para un día Lunes

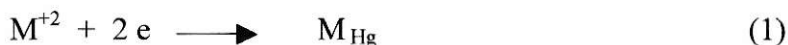
Para determinar la presencia de metales pesados se tomaron muestras de aguas residuales del Zoológico, conforme a la norma CONAMA (1998), el día 17 de Abril de 2000, a las 11: 00 y 12 : 00 horas, filtradas y preservadas⁵ mediante acidificación (con ácido Nítrico, HNO₃) hasta pH < 2 y analizadas junto a un blanco de preservación por Voltametría de Redisolución Anódica. Estos análisis fueron realizados los días Lunes 24, Miércoles 26 y Jueves 27 de Abril de 2000, con el fin de determinar la presencia de metales como: cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), plomo (Pb) y zinc (Zn), éstas determinaciones fueron practicadas en dependencias del Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias, de la Universidad de Chile.

⁵ Según lo descrito en la Norma Chilena NCh 2.313/10, Of. 96. Decreto Supremo N° 879 del Ministerio de Obras Públicas: “Aguas Residuales – Métodos de Análisis – Parte 10: Determinación de Metales Pesados: Cadmio, Cobre, Cromo total, Hierro, Manganeso, Níquel, Plomo, Zinc”.

El propósito de la Voltametría analítica es la obtención de una respuesta (típica de corriente) que se relaciona con la concentración de un analito en el seno de una solución. Los análisis electroquímicos de redisolución, tienen límites de detección bajos en comparación con otras técnicas analíticas, siendo desarrollados a nivel traza y a concentraciones bajo 10^{-10} M, además, incluye ventajas como la determinación simultánea de elementos y sus bajos costos comparados a otras técnicas espectroscópicas para análisis de metales trazas. (Skoog y Leary, 1994)

El procedimiento consiste, en términos generales, en dos etapas: la de preconcentración y la de redisolución del analito.

La preconcentración radica en que, en el electrodo de Carbono Vítreo de ϕ 3 mm, se forme un film de Mercurio, en el que se deposita el analito, por la aplicación de un potencial controlado de electrólisis, causando la reducción de los iones metálicos a un estado elemental. La solución del interior de la celda electroquímica es agitada de manera constante y reproducible, ya que su función es ayudar a la preconcentración del analito en dicho film. Así se activan los iones metálicos presentes, preconcentrándolos en el electrodo, ya que algunos forman elementos solubles en Mercurio (Hg).



Después de un tiempo determinado en que se ha concentrado una cantidad definida del analito, comienza la segunda etapa. Se aplica un tiempo de reposo (solución sin agitar) y se realiza un barrido lineal de potencial en sentido anódico, hasta que dichos metales son oxidados y removidos del electrodo de Mercurio, arrojando señales de corriente (i_p) dependientes de la concentración a determinados potenciales de reducción, característicos de cada analito. (Kissinger y Heineman, 1984)



Esta técnica es aplicable para determinar iones metálicos que pueden ser preconcentrados en un electrodo por reducción y es específicamente efectiva para metales que se disuelven en Mercurio (Hg), como: Bi^{+3} , Cd^{+2} , Cu^{+2} , Ga^{+3} , Ge^{+4} , In^{+3} , Ni^{+3} , Pb^{+2} , Sb^{+3} , Sn^{+2} , Tl^{+} y Zn^{+2} . Otros iones metálicos como Hg^{+2} , Au^{+3} , Ag^{+} y Pt^{+4} , han sido determinados

utilizando electrodos sólidos de oro, platino y carbono vítreo. (Labar y Lamberts, 1997) Para el desarrollo de este estudio se determinará la presencia de metales pesados, puntualmente Cd^{+2} (cadmio), Cu^{+2} (cobre), Ni^{+3} (níquel), Pb^{+2} (plomo) y Zn^{+2} (zinc).

Para la realización de los análisis, se ejecutan una serie de pasos, que se describen a continuación:

- Preparación de las variables de medición electroquímica, a través del software CV 50 W, versión 2.0 de Bioanalytical System.
- En la celda electroquímica, se agregan 9 ml de electrolito soporte que consiste en una solución de Cloruro de Potasio (KCl) 0,1 M más ión Mercurio (Hg^{+2}) $4 * 10^{-4}$ M, y 4 ml de la muestra a analizar.
- Introducción de la celda en el equipo “Potenciostato Voltammetric Analyzer CV 50 W”, donde se encuentran los electrodos: de referencia Plata (Ag) – Cloruro de Plata (AgCl_2), auxiliar de Platino (Pt) y de trabajo de Carbono Vítreo con una superficie de 3 mm
- Se aplica el potencial de electrólisis de $-1,1$ V, para comenzar la determinación electroquímica.
- La solución de la celda es agitada magnéticamente por 420 s y se deja reposar el sistema por 15 s.
- Se realiza un barrido de potencial en el sentido anódico desde $-1,1$ hasta $+0,2$ V, con una velocidad de barrido de $35 \text{ mV} / \text{s}$.
- A través del software, se obtienen gráficos como resultado, en los que se correlaciona i_p con concentraciones y el potencial de las señales con determinados analitos.

Antes de comenzar con el método para determinar la presencia de los metales, se precisó el tiempo necesario para la electrólisis, con el fin de obtener señales reproducibles y observables. Una vez fijado el tiempo de electrólisis, se efectúan las mediciones para las muestras y el blanco de preservación. Cada determinación se realizó de manera de obtener dos mediciones electroquímicas (voltamogramas), consecutivas y reproducibles entre sí.

CAPITULO IV
Resultados

4. RESULTADOS

4.1 Seguimiento semanal

4.1.1 Resultados de los Análisis Químicos y Fisicoquímicos

En el cuadro N° 7, se muestran los valores de los parámetros: pH, conductividad eléctrica (Λ) y sólidos disueltos totales (SDT), para el promedio diario de las muestras (dos) de los residuos líquidos del Zoológico y para el “control” a lo largo de dos semanas.

Cuadro N° 7 “Parámetros “in situ” del seguimiento semanal”

	pH		Λ [Kohms/ cm]		SDT [mg /L]	
	control	muestra	control	muestra	control	muestra
Lunes 25/09	7.43	7.73	1.04	1.02	845	868
Martes 26/09	7.78	7.84	1.05	1.05	838	839
Miércoles 27/09	7.23	7.55	1.02	0.99	861	886
Jueves 21/09	7.65	7.59	1.05	1.03	843	866
Viernes 22/09	7.19	7.56	1.07	1.03	836	864
Sábado 23/ 09	7.28	7.81	1.09	1.06	822	846
Domingo 24/09	7.12	7.38	1.01	1.02	880	869
Lunes 02/10	7.15	7.53	1.33	1.25	663	703
Martes 03/10	7.18	7.56	1.33	1.34	664	656
Miércoles 04/10	7.20	7.57	1.32	1.27	667	695
Jueves 05/10 *	7.33	7.53	2.11	1.11	416	794
Viernes 06/10 *	7.00	7.54	2.12	1.14	414	771
Sábado 07/10 *	7.21	7.60	2.79	1.14	315	772
Domingo 01/10	7.13	7.46	1.29	1.25	682	704
Promedio	7.30	7.59	1.15	1.12	782	795
Desviación estándar	0.03	0.02	0.11	0.10	0.11	0.10

* El control utilizado para esos días corresponde a agua de riego (ver 2.3.3)

Los valores tabulados para los tres parámetros del cuadro anterior presentan una dependencia notoria de las aguas residuales con el control, además, los promedios de ambos no difieren significativamente entre sí para las tres mediciones y las desviaciones estándar de los valores indican que el agua potable es más oscilante en sus valores que los correspondientes a las muestras. Se observa que el valor de los sólidos disueltos se relaciona inversamente con el correspondiente a la conductividad (medida en ohms), debido a que representan mayoritariamente sulfatos (SO_4^{2-}) y cloruros (Cl^-) presentes en el agua y son bastante similares para las muestras y el control, implicando una pequeña capacidad conductora para los dos tipos de agua (potable y residual).

En la Figura 9 se detallan las temperaturas para las muestras (color rojo) y el control (color azul) obtenidas en el sitio del muestreo durante las dos semanas, conjuntamente se grafican los valores de oxígeno disuelto medido en el lugar, identificados con los mismos colores. En ella se ve que las temperaturas se mantienen relativamente constantes dentro de un rango (11.9 – 15.1 °C) y que resultan bajas con relación a lo que exige la norma: 35 °C (CONAMA, 1998); las temperaturas del agua potable en cambio, presentan gran variación, (11.9 – 21.5 °C), siendo de preferencia mayores a la temperatura de los residuos líquidos del Zoológico. Por otra parte, los valores de oxígeno disuelto no difieren en gran medida unos de otros, quizás debido a que las aguas servidas se “airean” por la turbulencia generada en la pendiente recorrida por las canaletas que las transportan, aún así, resultan ser menores que la cantidad de oxígeno que contiene el agua potable, a excepción del viernes 23 de septiembre. Los días jueves 05, viernes 06 y sábado 07 de octubre, muestran valores anómalos a las tendencias recién descritas para el control, esto se debe a que el control en estos días resultó ser agua de riego.

Las determinaciones realizadas para los parámetros de Sólidos Suspendedos totales (SST), Nitrito (NO_2^-), Nitrato (NO_3^-) y Ortofosfato (PO_4^{3-}), todas medidas en mg /L, se grafican como un promedio semanal obtenido de ambas semanas de muestreo.

La Figura 10 (a), contiene los valores determinados para sólidos suspendidos, donde se ve claramente que no sigue ninguna tendencia y que depende exclusivamente de las actividades de aseo realizadas el día de la extracción de las muestras. Todos los valores se encuentran bajo los 150 mg /L, pero sobrepasan lo establecido en la norma de la CONAMA.

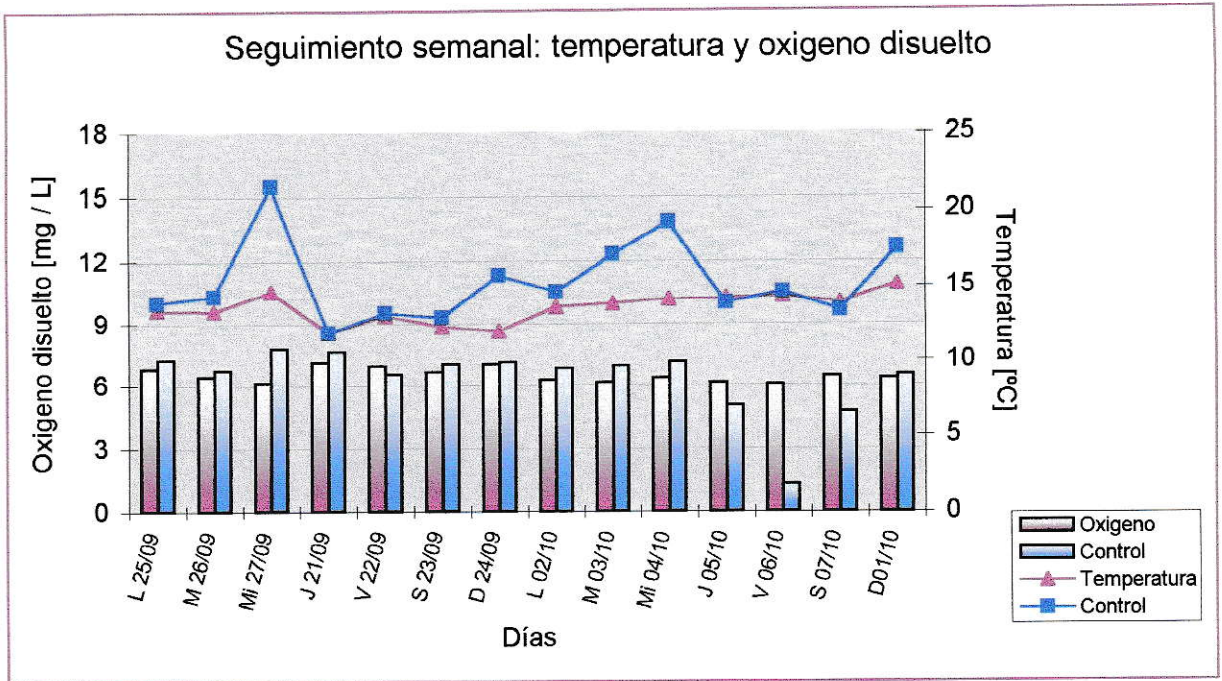


Figura 9 “Seguimiento semanal: Temperatura y Oxígeno disuelto.”

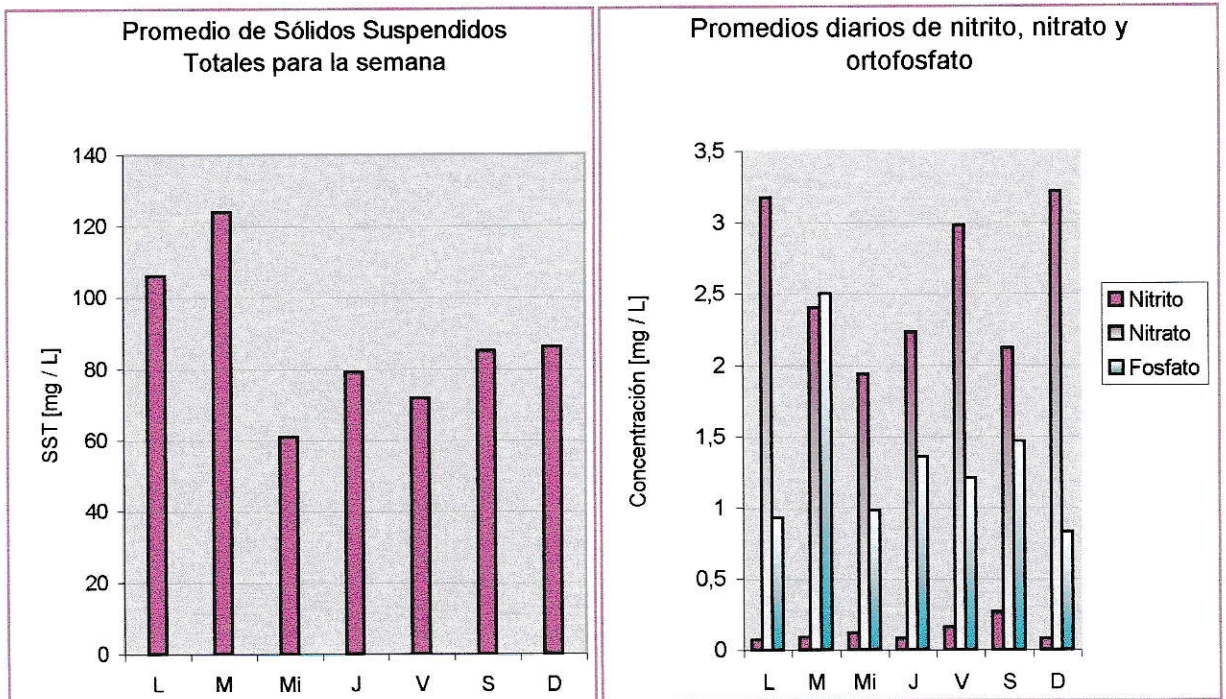


Figura 10 (a) Promedio de Sólidos Suspendedos Totales para la semana.

(b) Promedios diarios de nitrito, nitrato y ortofosfato.

Sin embargo, estos valores para sólidos suspendidos, se encuentran dentro del rango definido en la Norma chilena 1.333 (INN, 1978), para agua de riego como aguas que no acarrearán generalmente, efectos perjudiciales (ver pág. 35).

La Figura 10 (b) presenta los promedios diarios obtenidos para nitrito, nitrato y ortofosfato. Las concentraciones determinadas de nitrito resultan bajas, fluctuando entre 0.07 y 0.27 mg /L, tomando en cuenta, de que esta forma de nitrógeno es bastante inestable en el agua y un alto porcentaje se oxida rápidamente a nitrato, sus valores están dentro de lo esperado. Por su parte, los valores de nitrato son mayores, aunque aún bajos para el agua residual del Zoológico, este parámetro oscila entre 1.94 y 3.22 mg /L. Finalmente, ortofosfato varía entre 0.83 y 2.50 mg /L para los distintos días de la semana, presentando un máximo para el día martes y permaneciendo relativamente constante los otros días. Los tres parámetros contenidos en esta figura, no siguen una tendencia clara, dependiendo “a priori” del día de la semana y las actividades que se realicen en su transcurso.

A continuación se muestra un cuadro resumen de sólidos suspendidos, nitrito, nitrato y ortofosfato para los promedios diarios precisados durante las dos semanas.

Cuadro 8 “Resumen de promedios diarios determinados en laboratorio”

Días	SST [mg /L]	NO ₂ ⁻ [mg /L]	NO ₃ ⁻ [mg /L]	PO ₄ ³⁻ [mg /L]
Lunes 25/09	143	0.04	2.85	0.80
Martes 26/09	83	0.13	3.95	3.36
Miércoles 27/09	77	0.21	2.75	0.47
Jueves 21/09	50	0.08	2.90	1.80
Viernes 22/09	66	0.06	3.08	0.74
Sábado 23/ 09	73	0.22	3.55	1.47
Domingo 24/09	138	0.07	3.33	1.24
Lunes 02/10	69	0.10	3.50	1.06
Martes 03/10	165	0.05	0.85	1.63
Miércoles 04/10	45	0.03	1.13	1.48
Jueves 05/10	107	0.08	1.55	0.92
Viernes 06/10	77	0.17	2.88	1.68
Sábado 07/10	97	0.32	0.68	1.47
Domingo 01/10	39	0.08	3.10	0.42

En el cuadro anterior se puede observar que ninguno de los parámetros ahí contenidos, presenta una tendencia clara en los días de una semana; dependiendo del día del muestreo, de todas maneras se mantienen dentro de un rango que para sólidos suspendidos es entre 39 y 165 mg /L, para nitrito entre 0.03 y 0.32 mg /L, el nitrato fluctúa entre 0.68 y 3.95 mg /L y para ortofosfato la variación es entre 0.42 y 3.36 mg /L. Si bien, los valores no muestran correlación alguna, sus diferencias no son extremadamente significativas; debemos recordar que estas aguas contienen el agua de las piscinas, excedentes de los bebederos y el producto del lavado de calles y canaletas, lo que por estar influido del público visitante y del comportamiento de los animales, varía diariamente.

La determinación en el laboratorio para el agua potable, arrojó valores promedios para sólidos suspendidos de 9 mg /L, nitrito 0.01 mg /L, nitrato 2.54 mg /L y para ortofosfato de 0.06 mg /L. Para el agua de riego: sólidos suspendidos de 12 mg /L, nitrito 0.01 mg /L, nitrato 1.15 mg /L y ortofosfato de 0.31 mg /L. Las determinaciones para ambos controles presentaron variaciones con desviaciones estándar mayores a 0.3, lo que se traduce en una baja constancia.

4.1.2 Resultados Parasitológicos

Las muestras de las aguas residuales del Zoológico, sometidas a estudios Parasitarios según los métodos de Sedimentación y Flotación (ver página 43); correspondientes a la semana entre los días 16 y 20 de octubre de 2000, arrojaron resultados negativos en lo que se refiere a la búsqueda e identificación de Parásitos.

La ausencia de estos organismos sólo puede afirmarse para las muestras analizadas y explicarse por el riguroso tratamiento antiparasitario impuesto en el recinto. Los resultados, no implican de manera alguna, que las aguas residuales del Zoológico estén libres de otros organismos patógenos.

4.2 Resultados para un día Lunes

Los resultados obtenidos para los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los residuos líquidos del Jardín Zoológico, están contenidos en los cuadros N° 9 y N° 10, que se presentan a continuación.

Cuadro N° 9 “Resultados para algunos parámetros de los residuos líquidos del Zoológico”

Parámetros	Valor Medido	Límite Norma ^a	Unidad
Aceites y Grasas Totales	9.6	20	mg / L
DBO ₅	52	35	mg / L
Fósforo Total	7.62	10	mg P / L
Nitrógeno Kjeldahl	11.4	50	mg N / L
Poder Espumógeno	< 2	7	Mm
Sólidos Suspendidos Totales	690	80	mg / L
Detergentes	0.41	-----	mg / L SAAM- LAS
Nitrógeno Amoniacal	2.80	-----	mg / L N-NH ₃
Coliformes Fecales	4.9 * 10 ⁶	1000 ^b	CF / 100 mL

^a Referencia: Norma CONAMA, Tabla N° 1. (CONAMA, 1998)

^b Valor estipulado en NCh 1.333 Of.78. (INN, 1978)

Los parámetros contenidos en el cuadro N° 9 y que cuentan con un valor de referencia según lo estipulado por CONAMA (1998), se encuentran en su mayoría bajo las exigencias establecidas (Aceites y Grasas, Nitrógeno Kjeldahl, Fósforo total y poder espumógeno). Existen, no obstante, parámetros que sobrepasan lo estipulado en la misma norma, como: Sólidos Suspendidos, DBO₅ y Coliformes Fecales. Esta situación es comprensible, tomando en cuenta que se trata de un Zoológico, y que los residuos se originan preferentemente en la

piscina del Hipopótamo, conteniendo restos de comida y excretas del animal. Los parámetros como Detergentes y Nitrógeno Amoniacal, no poseen un valor normado de referencia, pese a esto, podemos decir que sus valores son bajos y pueden dar cierta información de los residuos.

A continuación se presentan los parámetros determinados en el sitio del muestreo.

Cuadro N° 10 “ Parámetros “in situ” durante el muestreo”

Muestra	Hora	pH	Temp.. °C	Caudal (L / s)
1	09 : 30	7,69	16,5	6,51
2	10 : 30	7,55	17,3	6,06
3	11 : 30	7,53	17,9	6,47
4	12 : 30	7,53	18,1	5,94
5	13 : 30	7,62	18,8	5,06
6	14 : 30	7,65	18,7	4,94
Media		7,60	17,9	5,83

La variación de pH, durante el período de muestreo, y el valor exigido por la Norma de Calidad de Agua para riego (INN, 1978), se contrastan en la Figura 11. En ella se puede observar que el pH de los residuos líquidos del Zoológico se mantiene relativamente constante a lo largo del período del muestreo, en un valor que oscila entre 7,53 y 7,69. Estos valores, comparados con la normativa existente, indican que se encuentran dentro de lo exigido. Además, los valores medidos son cercanos a lo que se denomina como agua “neutra”.

En la Figura 12, se enfrentan los valores determinados para la temperatura de los residuos líquidos del Zoológico, respecto a lo exigido en la Norma para riles (CONAMA, 1998). Para esta figura, se advierte que los valores determinados durante el muestreo, en este caso también, se perciben dentro de lo que exige la ley. La temperatura de los desechos líquidos del Zoológico, varía en el transcurso del muestreo, aumentando al avanzar el día, lo que se fundamenta en el comportamiento natural del aumento de la temperatura del entorno. La variación de la temperatura de los residuos líquidos es en total de 2,3 ° C.

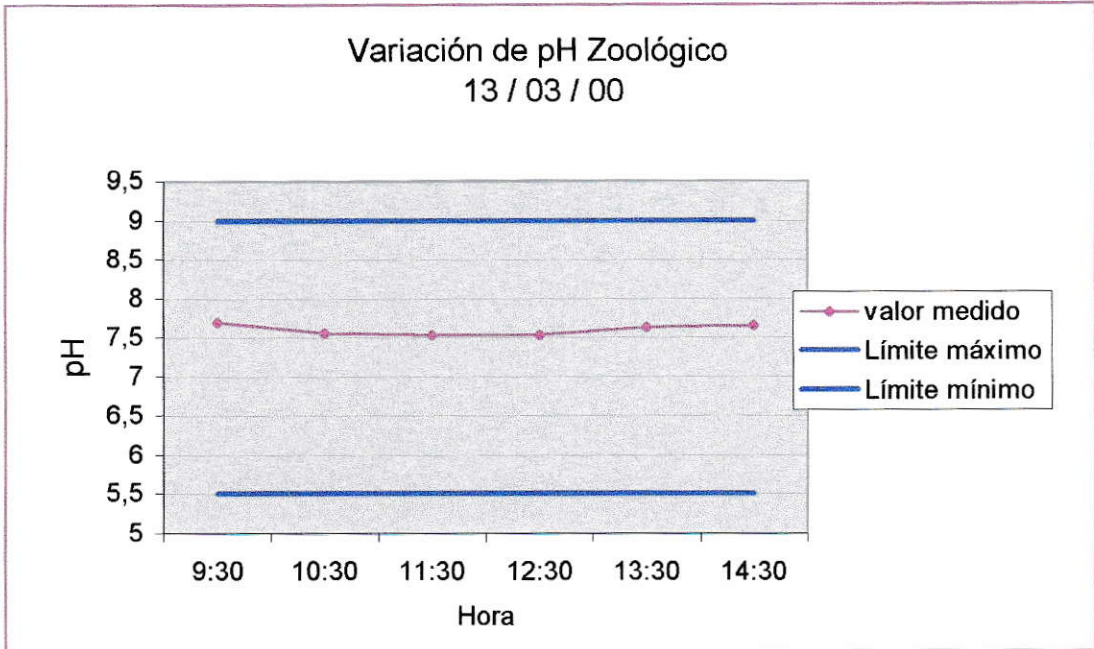


Figura 11 “Variación de pH durante el período de muestreo, de los residuos líquidos del Zoológico”

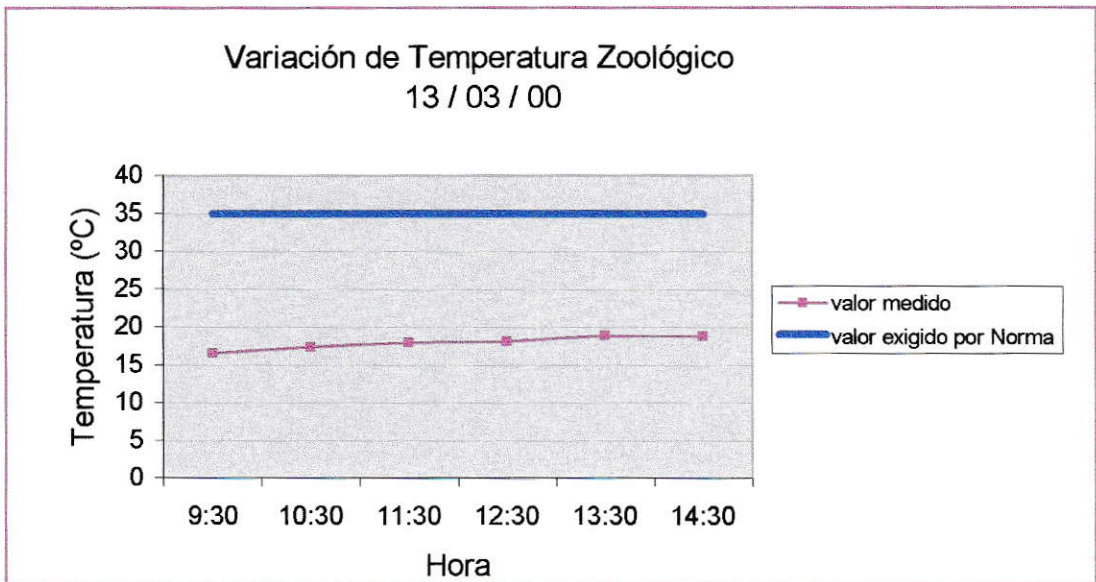


Figura 12 “Variación de Temperatura durante el período de muestreo, de los residuos líquidos del Zoológico”.

La variación del caudal de los residuos del Zoológico, a lo largo del muestreo, se grafica en la Figura 13. En ella se puede ver, claramente, que éste no es constante, sino que presenta una tendencia declinante pasado el medio día. Esto, implica una mayor cantidad de desechos en el transcurso de la mañana (9 : 30 a 12 : 00 horas), se puede explicar debido a que las actividades de aseo de los recintos (lavado jaulas, piscinas, calles, etc.), son realizadas durante las primeras horas del día.

Por otra parte, los análisis realizados, para determinar la presencia de algunos metales pesados (por Voltimetría de Redisolución Anódica), indican que en las muestras provenientes de los residuos líquidos del Zoológico no se detectan metales como Cd (cadmio), Cu (cobre), Ni (níquel), Pb (plomo) y Zn (zinc), como se resume en la Tabla N° 11.

Tabla N° 11 “Resultados para la detección de metales”

Metal	Valor Medido	Límite Norma *	Unidad
Cadmio (Cd)	Nd **	0,010	mg / L
Cobre (Cu)	Nd **	0,20	mg / L
Níquel (Ni)	Nd **	0,20	mg / L
Plomo (Pb)	Nd **	5,00	mg / L
Zinc (Zn)	Nd **	2,00	mg / L

* Referencia: Norma Chilena NCh 1.333 Of. 78. (INN, 1978)

** Nd No fue detectado.

Esta afirmación se basa en que la técnica utilizada, resulta ser sensible a bajas concentraciones de los analitos buscados (ver pág. 46). Para realizar dichas determinaciones fue necesario definir las condiciones óptimas para el sistema; se ensayaron distintos tiempos de agitación para las muestras y diferentes volúmenes de las mismas, hasta obtener señales de calidad analítica.

Variación de caudal Zoológico 13 / 03 / 00

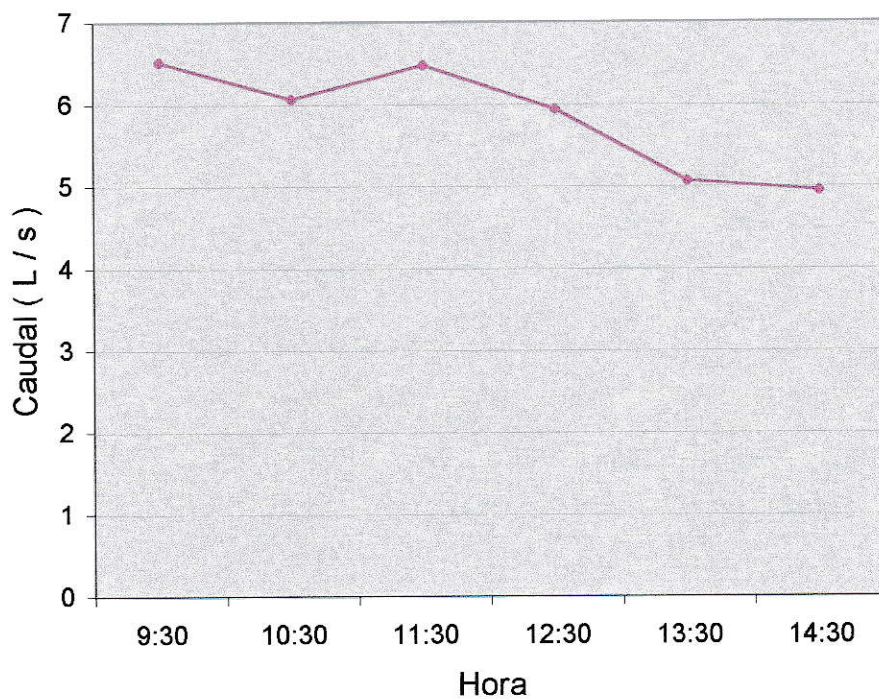


Figura 13 “Variación del caudal de los residuos líquidos del Zoológico, durante el período de muestreo”

A continuación se exponen las Figuras 14, 15 y 16, en las que se presentan separadamente, las mediciones electroquímicas (voltamogramas) para el blanco de preservación y las dos muestras analizadas de los residuos líquidos del Zoológico. Cada figura consta de las dos mediciones realizadas para cada caso.

En la Figura 14, que contiene los resultados del blanco de preservación, se ven dos señales bien definidas, que se repiten congruentemente en las dos mediciones allí comprendidas. Una corresponde a Pb (plomo) y la otra a Cu (cobre), a un potencial de - 433 y - 130 mV respectiva y aproximadamente. Lo mismo sucede para las Figuras 15 y 16, repitiéndose ambas señales. La caracterización de las señales se encuentra en la tabla N° 12.

Tabla N° 12 “Caracterización de las señales de las mediciones electroquímicas”

Muestra	Medición	Metal	Potencial señal mV	pick corriente A
Blanco de Preservación	1	Pb	- 433	$7,31 * 10^{-7}$
		Cu	- 144	$7,21 * 10^{-7}$
	2	Pb	- 433	$6,03 * 10^{-7}$
		Cu	- 125	$7,46 * 10^{-7}$
Muestra 1 Zoológico	1	Pb	- 438	$5,74 * 10^{-7}$
	2	Pb	- 429	$7,11 * 10^{-7}$
Muestra 2 Zoológico	1	Pb	- 430	$7,51 * 10^{-7}$
	2	Pb	- 435	$7,54 * 10^{-7}$

El segundo pick en las muestras del Zoológico, es levemente apreciable, por lo que no fue cuantificado (presenta problemas de interferencia con el Mercurio). De igual forma, se puede concluir que no existen los metales buscados por esta técnica, por la congruencia de las seis mediciones y sus señales respectivas.

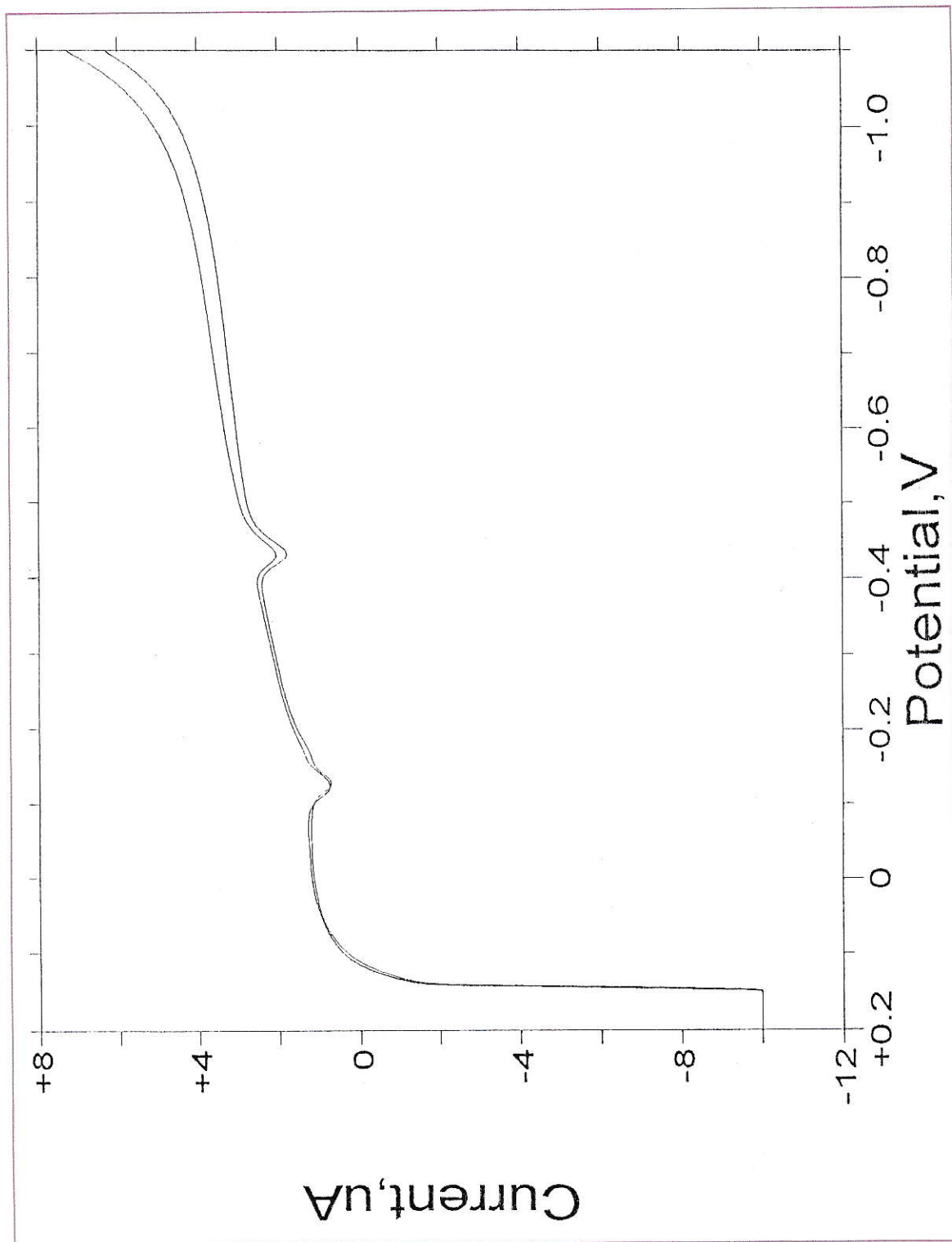


Figura 14 "Mediciones electroquímicas para Blanco de Preservación"

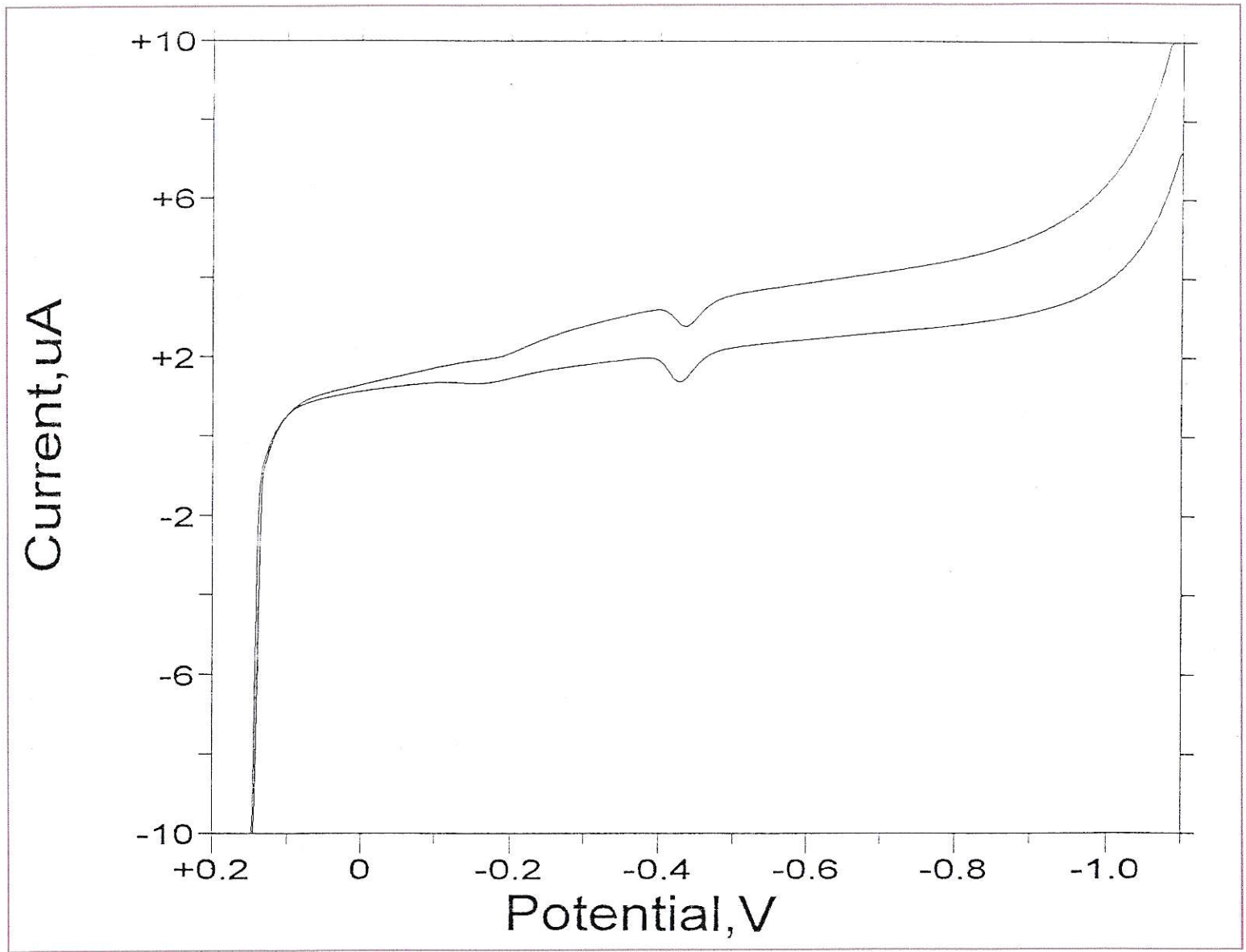


Figura 15 "Mediciones electroquímicas para Muestra Zoológico 1"

Current, μA

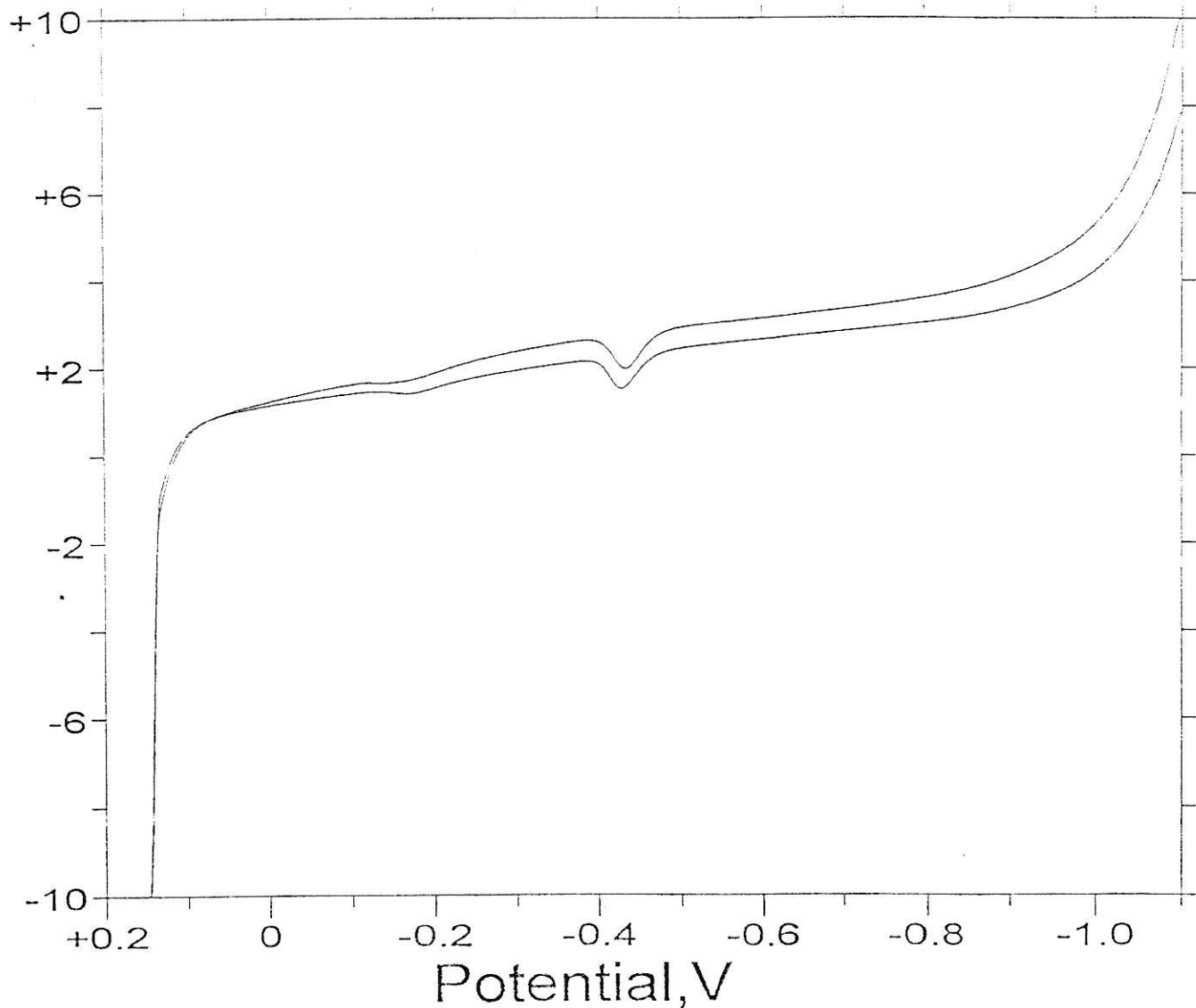


Figura 16 "Mediciones electroquímicas para Muestra Zoológico 2"

CAPITULO V
Discusión

5. DISCUSION

Al analizar el desarrollo del presente estudio, se puede decir que a través de la recopilación de los antecedentes del Recurso Hídrico se logró adquirir una visión global de su origen, distribución, consumo y disposición en el Parque Metropolitano de Santiago. Sin embargo, éstos presentan algunas deficiencias, las que consiguen resumirse en la falta de un registro continuo y preciso de la cantidad consumida, tanto para el agua potable como para el agua de riego utilizada en el Parque, y en que los planos de distribución carecen de una actualización periódica.

Es importante destacar que en el Parque Metropolitano de Santiago existe una buena utilización del Recurso Agua. Esta afirmación se basa en que, en el área existente de plantaciones que, por lo demás, es bastante amplia, se utiliza agua de río para su riego, lo que, aparte de ser una ventaja desde el punto de vista económico, implica una valoración importante del Agua Potable como recurso, la que es destinada exclusivamente para el servicio de las personas y la bebida de animales en el recinto del Zoológico. Esta valoración se asienta, además, con la práctica actual de disminuir su consumo (ver 2.3.1), por ejemplo mediante la ambientación de los recintos de los animales del Zoológico, comenzando así, a llegar a un empleo racional de dicho elemento.

De la disposición de las aguas residuales, es rescatable señalar que la manera en que se realiza en el sector “Chacarillas”, es una buena forma de disminuir la cantidad de aguas residuales hacia el alcantarillado, así como de velar por la salud pública, adoptando el riego por subsuelo en el sector (página 28). En cuanto a lo que sucede en el Zoológico para disponer de sus residuos líquidos, existe una diferenciación de éstos y su trayecto (Fig. 8, página 31). Así los provenientes de la red de saneamiento subterránea, contienen residuos químicos originados en las actividades de los sectores que la utilizan (limpieza de baños, limpieza y quehaceres propios de la clínica, así como los del matadero y el taller, etc.) y los originados en

los corrales y piscinas de los animales habitantes del recinto. Esta separación de residuos conlleva, entonces, una composición “a priori” distinta, lo que facilita una potencial reutilización de ellos, pudiendo rescatar los “residuos más limpios” del Zoológico, ya que su colección, hasta cierto punto, es independiente de la red subterránea de saneamiento.

La recopilación de antecedentes para el recurso hídrico fue cubierta por completo, originándose en el estudio y entendimiento de los planos contenidos en la carpeta anexa. Este objetivo se lleva a cabo para realizar un diagnóstico y poder elegir adecuadamente, el punto de muestreo para los residuos líquidos del Jardín Zoológico. A través de éste, específicamente del estudio sobre la disposición de aguas residuales en el Zoológico (Figura 8), se determinó el punto del muestreo para los análisis realizados posteriormente. De acuerdo a éste, la cámara N° 23 fue el punto elegido, ya que en ella confluyen los residuos líquidos del Zoológico transportados de manera superficial desde canaletas, piscinas y recintos de animales, como se señala en el párrafo anterior. Este procedimiento está avalado bibliográficamente: ***“El examen de planos que muestren las conducciones y pozos de registro, facilitará la localización de los puntos idóneos para llevar a cabo el muestreo de las aguas.”*** (Metcalf & Eddy, 1981)

Respecto del tema planteado en el presente estudio, sobre la reutilización de aguas residuales para regadío, no se puede dejar de mencionar que la legislación existente en el país exige el cumplimiento de ciertos parámetros químicos, físicos y biológicos de importancia. No obstante, adolece de parámetros microbiológicos más exigentes y completos para la debida protección de la salud pública. Estos pueden suplirse sometiéndose a las normas sugeridas por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 1989). Sin embargo, “se debe agregar la exigencia de evitar la presencia de protozoos intestinales, que persisten en la salud entérica del país. A diferencia de otras naciones, en Chile no hay gran incidencia de helmintos, pero sí, de *Giardia Lamblia* y se deberá resguardar, mediante los procesos de tratamiento, para que no aparezca en las aguas de regadío.”⁶ En este sentido, lo óptimo habría sido comparar los resultados obtenidos para los análisis de los residuos líquidos, con la Norma de Calidad de

⁶ Comunicación Personal. Dra. Gabriela Castillo. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.

Agua para riego (INN, 1978), lo que sucedió con algunos parámetros determinados, pese a esto, existen otros que debieron contrastarse a la norma de riles (CONAMA, 1998) por no encontrarse descritos en la primera norma.

Los análisis efectuados por el laboratorio Hidrolab de manera más completa, se ejecutaron un día Lunes por razones relevantes, como que este día el recinto no abre sus puertas al público, evitando riesgos innecesarios y, a la vez, porque el fin de semana (sábado y domingo) se recibe a un mayor número de visitas, hecho que puede influir en la composición de los residuos líquidos del Zoológico. Además, este día el aseo de los recintos se supone más completo y exhaustivo, esperando que los residuos contengan mayor concentración de los contaminantes analizados.

En referencia a estos análisis realizados para el agua potencialmente reutilizable, demuestran que éstas, bajo las exigencias de la “Norma de Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Líquidos a Aguas Superficiales”, de CONAMA (1998), cumplen dichos requerimientos, en la mayoría de los parámetros determinados, como: pH, Temperatura, Fósforo total, Nitrógeno Kjeldahl, Aceites y Grasas. En cuanto a la calidad microbiológica de los residuos líquidos, se presenta una alta contaminación con Coliformes Fecales, lo que indica una posible existencia de otros organismos patógenos presentes. Pero esto sólo se puede afirmar para las aguas sometidas a muestreo.

La información que estos análisis entregan, concuerda con lo esperado para el recinto en cuestión. Así, los valores determinados para los distintos parámetros, reafirman el escenario de las actividades realizadas. La constancia del pH indica que no existe influencia de compuestos que lo alteren (como ácidos y bases). El contenido del agua, que transporta restos de comida y excretas (materia orgánica), origina los valores medidos de los distintos parámetros como: Nitrógeno, Fósforo, DBO, Sólidos Suspendidos, Aceites y Coliformes Fecales. La evaluación de Detergentes, involucra su empleo en el lavado de los recintos de moderada magnitud. El Nitrógeno amoniacal medido, corresponde en parte a las excretas arrastradas en el lavado de los corrales y el empleado en la limpieza de las piscinas, utilizado

de manera reducida como los detergentes, puesto que su valor corresponde a un 25 % de la totalidad de Nitrógeno existente.

En cuanto a los análisis electroquímicos efectuados para un día Lunes, estos no detectaron la presencia de metales como: cadmio, cobre, níquel, plomo y zinc; lo que no resulta sorprendente por el origen que tienen las aguas residuales. Esta metodología revela concentraciones bajas de metales (ver pág. 45) y está siendo utilizada ventajosamente en la detección de metales traza en agua de mar (Sun y col, 1997), en vinos sin digestión previa (Wiese & Schwedt, 1997) y hasta en pruebas biológicas, como la detección de metales en cabellos humanos (Ciszewski y col, 1997), entre otras aplicaciones.

Los resultados del seguimiento semanal, demuestran que parámetros fisicoquímicos como pH, temperatura, conductividad y sólidos disueltos totales, permanecen constantes dentro de un rango y dependen en gran medida del agua potable utilizada originalmente en el abastecimiento de piscinas, bebederos, etc. Los valores determinados para oxígeno disuelto, son similares a los del agua potable, esto puede deberse a la turbulencia generada en la pendiente de las canaletas que los transportan, sin embargo, como la carga orgánica de los residuos líquidos es mayor, resulta insuficiente para aminorar los olores desagradables de los mismos.

Los parámetros determinados en dependencias del laboratorio de Química Orgánica y Cromatografía, es decir, sólidos suspendidos totales, nitrito, nitrato y ortofosfato, no presentan una tendencia clara, pero si se mantienen oscilantes dentro de un rango; que para sólidos suspendidos totales cae dentro de lo impuesto por la Norma Chilena 1.333 para el agua de riego (INN, 1978). Las concentraciones de nitrito y nitrato, se encuentran bajo los límites establecidos para agua potable en la misma norma, menor que 1 mg /L para el primero y 10 mg /L para nitrato (INN, 1978). El ortofosfato medido se encontró en concentraciones bajas a 3 mg /L, no obstante, no cuenta con valores referenciales en la norma aludida. Los cuatro parámetros presentan variaciones diarias, que pueden ser atribuidas al comportamiento diferente del público visitante y de los habitantes del Zoológico.

Por su parte, la identificación de parásitos a lo largo de una semana, emitió resultados negativos en las aguas servidas del Jardín Zoológico, debido al riguroso tratamiento antiparasitario practicado por especialistas en el recinto. En estos análisis, sólo se encontraron organismos de “vida libre”, que pueden estar presentes en cualquier agua natural que ofrezca las condiciones necesarias para su desarrollo.

Para poder conocer la composición en totalidad de las aguas residuales del Zoológico, se requiere completar los análisis a lo largo de algunas semanas, para verificar tendencias y caracterizarlas, debido a que la actividad se repite en este período. Estos deberán ser efectuados de preferencia por un laboratorio certificado, o en su defecto, autorizado por la Súper Intendencia de Servicios Sanitarios, debiendo enfatizarse en los parámetros: pH, temperatura, sólidos suspendidos, conductividad eléctrica, DBO y microbiológicos; para establecer, mediante los debidos fundamentos, la capacidad de reutilizar dichas aguas en riego.

Ante el supuesto, de la relativa constancia en la composición de las aguas residuales del Zoológico y la mínima presencia de elementos químicos, practicando un tratamiento previo, éstas pueden ser reutilizadas para regadío; preferentemente mediante el sistema de riego subterráneo, el que presenta un elevado costo frente a otros regímenes de riego, pero protege adecuadamente la salud de las personas expuestas a contacto (trabajadores y público) y de los animales; sobretodo si se considera que los visitantes del Parque están compuestos por un gran número de niños y ancianos, que resultan ser la población más desprotegida y propensa a adquirir enfermedades. Frente a este supuesto, al final de este trabajo se presenta una propuesta de tratamiento, acentuada en la desinfección del efluente.

En caso de llegar a reutilizar los residuos líquidos del Zoológico, se deberá realizar un monitoreo continuo de los resultados obtenidos en el proceso previo de tratamiento, evitando problemas e interferencias, por la existencia de algún componente no deseado. En este punto, el énfasis debe ser puesto en los agentes patógenos y sólidos suspendidos, ya que, normalmente para el control de efluentes, se exige la reducción de la DBO y de nutrientes (Nitrógeno y Fósforo) que, en este caso, cumplirán un rol de acondicionador del suelo regado.

Desde un punto de vista práctico, la reutilización de las aguas, en las condiciones existentes, es técnicamente factible de realizar, sin embargo, su ejecución se dificultaría por los costos de inversión para el tratamiento en sí, como para la ejecución del sistema de regadío, dada las dificultades que presenta el terreno, recordando que su localización sería el cerro San Cristóbal, para la implantación de la infraestructura necesaria, sobre todo si se piensa en la colocación de cañerías para riego en el subsuelo.

Teniendo en cuenta, además, que el tratamiento propuesto se basará en reducir la presencia de microorganismos patógenos, este serviría para realizar una descarga al río Mapocho, dentro de lo exigido por la norma, aún cuando dicho río presenta una “concentración de 10^7 Coliformes Fecales aproximadamente”⁷. Sus aguas siguen siendo usadas actualmente en riego (ver 2.3.7), lo que representa una agresión potencial para la salud de los consumidores de los cultivos regados con ella, además, de la probable contaminación de los suelos, pudiendo llegar a reducir la extensión agrícola y afectar a animales que lleguen a tener contacto con estas aguas (teniendo presente que los microorganismos patógenos pueden llegar a sobrevivir por largos períodos de tiempo y que algunos son transmitidos por el suelo, sin necesidad de un huésped intermedio).

Una visión a futuro, es más esperanzadora. Si se efectúa el cambio de domicilio del Jardín Zoológico Nacional hacia la comuna de La Pintana, será más factible realizar la reutilización de sus aguas mediante el riego subterráneo para resguardar la seguridad de las poblaciones humanas y animales. En este contexto, se pueden realizar las obras de instalación sin mayores contratiempos. Inclusive, se pueden ejecutar conjuntamente a las de construcción del nuevo recinto. Previo a esto, no se debe pasar por alto una caracterización y análisis completos de los residuos líquidos del Jardín Zoológico Nacional.

⁷ Comunicación Personal. Dra. Gabriela Castillo. Universidad de Chile.

CAPITULO VI
Conclusiones

6. CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio, preliminar para la reutilización en regadío de los residuos líquidos del Zoológico, se puede concluir que:

- La recopilación de antecedentes del Recurso Hídrico, es relevante en el desarrollo de cualquier estudio de reutilización de aguas.
- El Parque Metropolitano de Santiago, conforme a sus posibilidades, utiliza de buena manera el agua, empleando sus distintas calidades para diversos fines, valorando el Agua Potable y destinándola para fines exclusivos, a la vez que sus variados Departamentos realizan esfuerzos para utilizarla racionalmente, mitigando en cierta medida la contaminación ambiental, al reutilizar una parte de sus desechos líquidos (Chacarillas).
- No se puede planificar una reutilización adecuada sin conocer de modo completo y certero la composición de los residuos líquidos del Zoológico, acorde a sus fines.
- La composición de las aguas residuales se mantiene relativamente constante a lo largo de la semana, según los resultados obtenidos, el tratamiento previo a su reutilización deberá orientarse, prioritariamente, a la desinfección y a la reducción de sólidos suspendidos en el efluente.
- Aparte de la legislación vigente sobre el tema, tanto chilena como internacional (OMS), habría que poner atención en el contenido de organismos patógenos presentes, tomando en cuenta las condiciones endémicas del país.
- Hoy la ubicación del Jardín Zoológico, impide realizar de manera fluida, una reutilización de sus aguas residuales con una adecuada protección sanitaria. Sin embargo, la infraestructura necesaria podría ser levantada sin mayores contratiempos, de materializarse el cambio de domicilio del recinto en cuestión.

CAPITULO VII
Propuesta

7. PROPUESTA

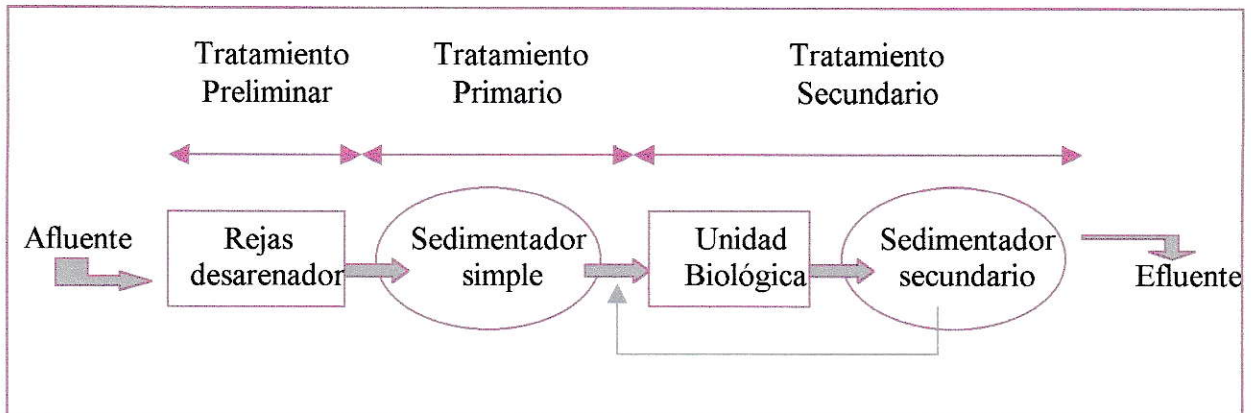
El tratamiento de aguas residuales, se basa en prioridades muy distintas. En general, *“la eficiencia de los procesos se evalúa en función de la remoción de la materia orgánica en el efluente, como consecuencia de la preocupación respecto a los niveles de oxígeno disuelto en los cursos receptores. Esto no significa que la protección de la salud no sea importante, por el contrario, ésta constituye un factor a considerar en la regulación de ciertos indicadores en las aguas utilizadas para actividades agrícolas, cultivo de mariscos o fines recreativos”* (Flores, 1998). Tanto los criterios de la OMS de 1989 como los requisitos de la Norma Chilena 1.333 (INN, 1978), establecen la calidad sanitaria con que deben cumplir las aguas para regadío.

El objetivo de medir la calidad y tratar las aguas servidas, es proteger las masas de agua en las que éstas descargan. Para preservar el valor de los cursos hídricos, las descargas no deberán provocar malos olores, ni deben contener sólidos visibles flotantes, suspendidos o sedimentables, ni aceites o grasas y por último no deben alterar la vida acuática ni afectar los usos que se le dan al curso receptor.

Para realizar el tratamiento convencional de las aguas servidas y posibilitar la descarga en los cursos receptores, es necesario conseguir los siguientes objetivos:

- Abatimiento del contenido orgánico del agua servida, ya que éste es el causante del agotamiento del oxígeno disuelto, provocando malos olores y alterando la vida acuática.
- Abatimiento de los sólidos suspendidos.
- Abatimiento de microorganismos patógenos.
- Abatimiento de nutrientes limitantes.

Un tratamiento convencional de residuos líquidos, puede observarse en el siguiente esquema.



Para alcanzar los propósitos del tratamiento de aguas servidas, éstas deben someterse a diferentes etapas como muestra el esquema. Es así como las plantas de tratamiento generalmente se dividen en tres pasos:

- El tratamiento primario o también denominado pretratamiento, donde se eliminan los sólidos gruesos, las arenas y las grasas mediante rejas gruesas, medianas y desarenador.
- El tratamiento secundario donde se abaten los sólidos suspendidos y coloidales (principalmente materia orgánica), este objetivo se logra mediante un proceso biológico o una combinación fisicoquímica de precipitación química y adsorción con carbón activado.
- Y la desinfección de las aguas tratadas que habitualmente se realiza mediante el proceso de cloración.

Existen algunas plantas que, además, poseen un tratamiento terciario, el que se utiliza en aquellos casos en que sea necesario eliminar algún nutriente específico de las aguas. El principal componente de una planta de tratamiento y que define la forma de operación de la misma, es el tratamiento secundario, esto es, el proceso en que se logra eliminar la materia orgánica disuelta y como se denomina la planta, ejemplo: Planta de lodos activados, Planta de Lagunas de Estabilización, etc.

Actualmente, se utilizan también tratamientos naturales o “no convencionales” como: tierras húmedas, plantas acuáticas, entre otras, que en este estudio no serán revisadas.

Es preciso aclarar que la propuesta aquí descrita no debe ponerse en práctica sin antes conocer a cabalidad las propiedades de los residuos líquidos del Jardín Zoológico Nacional. Vale decir, realizar un análisis integral de ellos, durante el transcurso de los días y de la semana, para poder determinar con certeza los requerimientos del tratamiento al que deben ser sometidos, para una posible reutilización. Resulta importante también, mencionar que algunas etapas del tratamiento, descritas a continuación, son factibles de ejecutar, aunque su destino no sea otro que llegar al alcantarillado. Por las razones detalladas, el contenido de este capítulo es una aproximación “a priori” del procedimiento a seguir, el que está sujeto a variación, según el resultado de un completo análisis.

En conocimiento de algunos parámetros como: pH, fósforo, nitrógeno, temperatura, coliformes fecales, etc. de los residuos líquidos del Jardín Zoológico y, suponiéndolos constantes a lo largo de los distintos días de la semana, su reutilización sería aceptable para riego de áreas verdes. Sin embargo, para éste propósito, será necesario someterlos a un tratamiento previo, con el objeto de eliminar un riesgo potencial a la salud pública.

Aunque los residuos líquidos contengan nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y materia orgánica, el tratamiento no incluye procesos tendientes a disminuirlos, ya que el objetivo de reutilizarlos en riego favorece que éstos sirvan como acondicionadores del suelo y como nutrientes para las especies regadas, más aún considerando que éstas aguas contienen niveles mínimos de metales pesados.

El tratamiento previo debe comprender diferentes etapas en las que se agreguen o reduzcan elementos del contenido de las aguas a reutilizar, estos son:

- Aumentar el Oxígeno disuelto

Las aguas residuales del Zoológico, si bien es cierto, no presentan un gran déficit de este elemento en comparación con el agua potable (ver pág. 50), contienen una mayor carga orgánica. El valor promedio de 6.0 mg /L, es insuficiente para evitar malos olores y dar las condiciones necesarias a la microflora acuática para degradar la materia orgánica contenida en los residuos líquidos del recinto, dado que el límite para la vida acuática superior en condiciones aeróbicas es de 4 mg / L.

Este objetivo se puede alcanzar mediante aireación, con el sentido de disminuir la DBO, **“prevenir olores desagradables y mejorar su tratabilidad”** (Metcalf & Eddy, 1981). Este, puede ser logrado mediante la colocación de deflectores en los tramos de las canaletas que transportan los desechos líquidos, lo que acarreará una mayor turbulencia, aumentando la cantidad de oxígeno disuelto en ellos.

- Disminuir los sólidos presentes

Los resultados semanales obtenidos para este parámetro, entregan un promedio de 80 mg /L para las aguas residuales del Jardín Zoológico (ver pág. 50), lo que está dentro de lo exigido por la norma para el agua de riego (ver pág. 35), este valor debe ser reducido para evitar complicaciones posteriores, tanto en el tratamiento como en la funcionalidad del sistema de riego.

El fin de esta etapa es **“clarificarla y prepararla para tratamientos posteriores”** (Metcalf & Eddy, 1981). Este propósito puede lograrse de una manera complementaria, al disponer de rejillas en las cañerías provenientes de los recintos bajos del Zoológico (Oso Polar, Hipopótamo y Canguros), que se conectan directamente al alcantarillado, ya que los residuos provenientes del resto del Zoológico llegan al pozo decantador, que cuenta con separación de sólidos, a través de rejillas de diámetro 3 mm. El proceso complementario, lo constituye una filtración para la totalidad de las aguas, previo a que éstas sean almacenadas para su desinfección. Esta filtración, además de aminorar los sólidos suspendidos, reducirá la DBO. Sería conveniente agregar de manera previa flocculantes, favoreciendo así la formación de moléculas de mayor tamaño. Luego de este paso, las aguas deben ser decantadas y filtradas, de preferencia en medio múltiple (carbón activo y arena).

- Disminuir los Agentes Patógenos

Los análisis parasitológicos realizados indican la posible ausencia de éstos microorganismos (ver pág. 52), sin embargo, el valor significativo de Coliformes Fecales de $4.9 * 10^6$ NMP / 100 mL (ver pág. 53), conlleva una presencia de otros organismos potencialmente patógenos (como virus y bacterias) que deben ser eliminados de las aguas antes de ser reutilizadas en regadío.

La remoción de estos organismos puede conseguirse mediante el proceso de desinfección, para evitar que el agua a reutilizar sea un potencial peligro para los visitantes, trabajadores del PMS y las especies que serán regadas con ellas. La desinfección puede realizarse por medio de agentes químicos, como soluciones acuosas de cloro, bióxido de cloro, hipoclorito, bromo, cloruro de bromo, ozono, o combinaciones de ellos. También por radiación ultravioleta, con rayos gama, sónica, calor, iones de plata, etc. Esta etapa del proceso, para este caso en particular, merece la mayor atención y debe ser realizada de tal manera, de obtener un efluente con concentraciones de Coliformes Fecales cercanas a 200 NMP / 100 ml de agua tratada y, en lo posible, libre de protozoos intestinales, como *Giardia Lamblia*.

En este punto, se recomienda usar lámparas UV de presión media. Los otros desinfectantes se han descartado, básicamente por su capacidad de generar subproductos dañinos tanto para el ambiente como para las personas. La radiación UV presenta una serie de ventajas frente a los otros desinfectantes utilizados comúnmente, como la de no producir subproductos tóxicos, requerir espacios pequeños para su funcionamiento, su manipulación por parte de los trabajadores es menos peligrosa que la de otros agentes, etc. Presenta desventajas a la vez, como que la inversión es más alta. Sin embargo, hay estudios que afirman que a **“largo plazo es similar al costo de la desinfección con cloro”** (Flores, 1998), también requiere de mantención y limpieza de lámparas.

Para la posterior distribución de las aguas residuales del Zoológico, acondicionadas de forma de poder ser empleadas en riego, se deberá contar con un sistema de regadío subterráneo, el que favorece la protección de la salud tanto del público visitante, como la de los trabajadores y la de los animales que, de lo contrario, están expuestos a un contacto directo con ellas.

Esta medida complementaria de protección se fundamenta en consideración a la población visitante del lugar, dado que un gran número de niños, ancianos, mujeres embarazadas (grupo de alto riesgo), son parte importante del misceláneo conjunto de personas que acuden al recinto. Y en referencia al fundamento de que algunos de los organismos

patógenos, pueden alcanzar “*períodos de latencia incluso de años, persistiendo en el medio ambiente (suelo, agua o huésped intermedio), con dosis de infección mínimas de sólo un organismo*” (OMS, 1989). Así, estas dos variables, juegan un rol importante en las medidas de resguardo que deben considerarse en el sistema de regadío.

El mencionado sistema de riego por subsuelo, exige un efluente con una cantidad baja de sólidos suspendidos, con el fin de evitar que se tapen ductos y orificios del sistema. Además, es más costoso en comparación a otros regímenes de riego. Sin embargo, la protección adecuada, de las personas y animales, exige la máxima precaución.

Dentro de la propuesta, cabe señalar que debe existir un monitoreo continuo del agua tratada, con el fin de fiscalizar los resultados del mismo y de evitar, en caso necesario, que alguna falla en el sistema coloque en riesgo la seguridad de la población expuesta. Este monitoreo debe apuntar principalmente a lo que es la reducción de los agentes patógenos (poniendo atención a los que en Chile son de importancia) y de los sólidos suspendidos, respecto al efluente de entrada.

CAPITULO VIII
Bibliografía

BIBLIOGRAFIA

1. AGENDA 21. 1992. Programa Agenda 21 en Chile. Desarrollo Sostenible en Chile. Asamblea General de las Naciones Unidas. Brasil. Apéndice G.
2. APHA. American Public Health Association. 1992. American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). Standard Methods – for the examination of water and wastewater. 18th Edition. Estados Unidos. Pp 4-85, 4-87 y 4-115.
3. CONAMA, Comisión Nacional del Medio Ambiente. 1998. Norma para la Regulación de Contaminantes Asociados a las Descargas de Residuos Industriales Líquidos a Aguas Superficiales. Santiago, Chile. Septiembre de 1998. Pp 7 - 9.
4. CHILE. 1994. Ley 19.300 Ley de Bases del Medio Ambiente, publicada en el Diario Oficial el 09 de marzo de 1994. Pp 1 - 3.
5. DE AUGUSTA, Fray Félix José. 1989. Diccionario Mapuche- Español, Ediciones Seneca, Santiago, Chile.
6. CISZEWSKI, A. WASIAK, W. y CISEWSKA, W. 1997. Hair analysis. Part 2. Differential pulse anodic-stripping voltammetric determination of thallium in human hair samples of persons in permanent contact with lead in their workplace. *Analytica Chimica Acta*, May 1997; 343 (3): 225-229.
7. FLORES Durán, Ana Soledad. 1998. Tesis. Desinfección de Efluentes de Aguas Servidas. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Departamento de Ingeniería Civil. Santiago, Chile. Pp 1 - 60.

8. INE, Instituto Nacional de Estadísticas. 1997. VI Censo Nacional Agropecuario Chile. [Texto en CD Room]
9. INN, Instituto Nacional de Normalización. 1978. Norma Chilena NCh 1.333 Of. 78, modificada en 1987. “Requisitos para la Calidad del Agua para diferentes Usos”. Pp 3 -5.
10. INN, Instituto Nacional de Normalización. 1984. Norma Chilena NCh 409 / 1 Of. 84 “Agua Potable. Parte 1: Requisitos” Pp 1 - 3.
11. INN, Instituto Nacional de Normalización. 1996. Norma Chilena NCh 410 Of. 96 “Calidad del Agua – Vocabulario” Pp 1 – 35.
12. INN, Instituto Nacional de Normalización. 1999. Compendio de Aguas Residuales, Editado en 1999 y actualizado a la fecha, contiene Norma Chilena 2.313 “Aguas Residuales – Métodos de Análisis” y sus diferentes partes oficializadas entre 1995 y 1999.
13. KISSINGER, Peter T. HEINEMAN, William R. 1984. Laboratory Techniques in Electroanalytical Chemistry. Editorial Marcel Dekker . Impreso en Estados Unidos de América. Pp 751.
14. KOENIG, Andrés. 1918. Importancia del Cerro San Cristóbal para la higiene general. Médico cirujano especialista en hidroterapia. Conferencia dictada el 08 de noviembre de 1918, en la Biblioteca Nacional de Santiago de Chile. Pp 16.
15. LABAR, C. LAMBERTS, L. V. 1997. Anodic-stripping voltammetry with carbon paste electrodes for rapid silver(I) and copper(II) determinations. Tlanta Journal, May 1997; 44(5): 733-742.

16. LABORDE D., Miguel. 1986. Suplemento Vivienda y Decoración de El Mercurio, Santiago, 19 de abril de 1986. Pp 5.
17. METCALF & EDDY. 1981. Tratamiento y Depuración de las Aguas Residuales. Editorial Labor, S.A. Barcelona, España. Pp 158 - 750.
18. OMS, Organización Mundial de la Salud. 1989. Serie de Informes Técnicos 778. Directrices sanitarias sobre el uso de aguas residuales en agricultura y acuicultura. Ginebra. Pp 18 - 77.
19. OSSANDON Guzmán, Carlos. 1966. Guía de Santiago, Quinta Edición, Empresa Editora Zig-Zag. Santiago, Chile. Pp 165 - 168.
20. OSSANDON Guzmán, Carlos. 1995. Adaptada por Dominga Ossandon Vicuña. Guía de Santiago, Novena Edición, Editorial Universitaria. Santiago, Chile. Pp 167 - 172.
21. PMS, 1991. Folleto del Parque Metropolitano de Santiago, auspiciado por la Cámara Chilena de la Construcción. Impreso por Edimpres Ltda. Santiago, Chile. Pp 3 - 23.
22. PMS, 1998. Boletín Informativo 81 años, del Parque Metropolitano de Santiago, Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Santiago, Chile. Septiembre 1998. Pp 1.
23. PMS, 1999 a. Parque Metropolitano de Santiago. Manejo Operacional de Redes de Agua. Abril de 1999. Santiago, Chile. Pp 9 - 38.
24. PMS, 1999 b. Boletín Informativo 82 años, del Parque Metropolitano de Santiago, Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Santiago, Chile. Septiembre 1999. Pp 1 - 7.

25. POPOFF, Frank P. 1993. Construyendo un futuro sostenible en Dow Chemical. Informe sobre Medio Ambiente y Seguridad Dow Chemical Company. Michigan, Estados Unidos. Pp 2 - 5.
26. SERNATUR, Servicio Nacional de Turismo. 1999. Región Metropolitana: Paseos en Santiago, Folleto informativo. Santiago, Chile. Pp 17 - 18.
27. SKOOG, Douglas A. LEARY, James J. 1994. Análisis Instrumental. Mc Graw Hill. Cuarta Edición. Impreso en México. Pp 539 - 603, 624 - 661.
28. SOULSBY, E. J. L. 1987. Parasitología y Enfermedades Parasitarias en los animales domésticos. Nueva Editorial Interamericana. Séptima Edición. México D.F. Pp 774 – 804.
29. SUN, Y. C. MIERZWA, J. y YANG, M. H. 1997. New method of gold-film electrode preparation for anodic-stripping voltammetric determination of arsenic (III and V) in sea water. *Talanta Journal*, Aug 1997; 44 (8): 1379-1387.
30. THIENPONT, D. ROCHETTE, F. y VANPARIJS, O. F. J. 1979. Diagnóstico de la Helmintiasis por medio del Exámen Coprológico. Janssen Research Foundation. Beerse, Bélgica. Pp 17 – 44.
31. WIESE, C. SCHWEDT, G. 1997. Strategy for copper speciation in white wine by differential pulse anodic-stripping voltammetry, potentiometry with an ion-selective electrode and kinetic photometric determination. *Fresenius Journal of Analytical Chemistry*, Jul 1997; 358 (6): 718-722.

ANEXO A

Descripción detallada del sistema de riego en el Parque Metropolitano
de Santiago.

AGUA DE RIEGO EN EL PMS

Como se enunciara anteriormente, el agua que en el PMS se usa para riego, proviene de dos ríos, importantes para la ciudad de Santiago. La forma en que estas aguas abastecen el parque, son las siguientes:

- **Río Mapocho:** una de las fuentes antes mencionadas proviene de este río a través del canal Metropolitano que, implantado en los faldeos de Lo Curro y Pirámide, porta caudales a lo largo de 12,5 Km, los que riegan áreas al nor-poniente de la capital. El último alimentador se bifurca sobre las instalaciones del colegio Saint George, alimentando al parque mediante sifón, que arranca desde una cámara de carga ubicada a la cota de 755 m.s.n.m. Este posee, para la evacuación de sus excedentes, una canaleta de desagüe abierta con escalones disipadores que trasladan el remanente a cámaras evacuadoras.
- **Río Maipo:** la otra fuente de abastecimiento de agua de riego para el parque, es la proveniente del río Maipo a través del canal San Carlos y posteriormente a través del canal El Carmen, después de atravesar el río Mapocho por un acueducto y entregándola al parque 130 m aguas abajo de la salida de éste último. Esta entrega se hace mediante un marco partididor, tipo boquera, con una abertura de 0.26 m, que comunica con un canal de aducción hasta el pozo de aspiración, desde donde dos equipos motobomba elevan el agua hasta una cámara de carga, ubicada a la altura de los filtros Chacarillas, que permite alimentar en forma gravitacional el sector sur del parque.

Cabe hacer notar, la diferencia en la cantidad de sólidos según el origen de las aguas. Las provenientes del río Maipo, presentan una cantidad mayor que las captadas desde el río Mapocho, como consecuencia, el agua elevada se ve aparentemente más sucia, sin embargo, no debiera tener grandes influencias de residuos líquidos¹.

¹ Estas aguas en Huechuraba, son filtradas y utilizadas para riego.

Los derechos de aguas provenientes de los ríos Mapocho y Maipo hacia el Parque Metropolitano están establecidos por los decretos D.G.A. N° 79 y M.O.P. N° 140 de 1976.

En general, los derechos de aguas provenientes de estos ríos se utilizan en las estaciones más secas, sin embargo, en invierno se dispone de agua de riego para las plantaciones nuevas, que no pueden estar a merced del comportamiento pluviométrico.

Descripción del sistema de distribución de agua de riego (PMS, 1999 a)

El sistema de conducción de las aguas está constituido por el conjunto de las tuberías existentes y de refuerzo, que tienen por objeto conducir las aguas desde sus fuentes, hasta los puntos donde ellas se distribuirán para el riego. (Figura 6)

Para la distribución del agua de riego en el Parque existía primitivamente una tubería de 500 mm de diámetro que, partiendo de la entrada del sifón de La Pirámide, llegaba al punto denominado Las Torres. Esta tubería en su primera parte es de fierro fundido y el resto de hormigón armado. Mediante un canal excavado en la ladera sur del cerro, se conducían las aguas desde Las Torres hasta el punto de la actual planta de filtros Chacarillas. El agua continua hacia el poniente por dos tuberías de fierro fundido de 250 mm de diámetro, llamadas actualmente: tubería de riego y tubería piscina, hasta llegar a la actual planta de filtros Tupahue y luego, por un canal revestido en albañilería de piedra, que circundaba el cerro San Cristóbal por la ladera norte aproximadamente entre las cotas 730 y 720 m.s.n.m. El año 1969 se instaló una segunda tubería matriz de asbesto-cemento de 400 mm de diámetro, siguiendo un trazado casi paralelo a la existente, desde el sifón de La Pirámide hasta llegar a Las Torres, donde se juntan ambas tuberías. El tramo del canal desde Las Torres a la planta de filtros Chacarillas se reemplazó posteriormente por una tubería de fierro galvanizado de Φ 250 mm, que se instaló siguiendo el cauce de dicho canal y que se conoce con el nombre de ramal Vitacura. Se instaló además una tubería de fierro galvanizado de iguales dimensiones por la ladera norte del cerro, desde Las Torres hasta llegar a la planta de filtros Chacarillas, siguiendo

en su primera parte el cauce de un antiguo canal. Este ramal se conoce con el nombre de El Salto. La tubería piscina se ocupa preferentemente para conducir agua de riego y sólo durante doce horas semanales conduce aguas filtradas a la piscina Tupahue.

El canal de circunvalación del cerro San Cristóbal se reemplazó por tuberías que se colocaron en el cauce del canal. Para esto se prolongó la tubería de riego mediante un tubo de fierro galvanizado de Φ 250 mm y la tubería piscina por un tubo de acero de Φ 200 mm, hasta llegar al estanque N° 10 de la planta de bombas N° 3. La tubería de circunvalación continuaba desde este punto en tubo de fierro galvanizado de Φ 150 mm hasta enfrenar el Zoológico y de 133 mm hasta el final, ubicada en la parte alta de la cantera, frente al Hotel Sheraton.

El riego del cerro Chacarillas se hace mediante una planta de bombas ubicada en la zona de la planta de filtros y que alimenta una tubería que corre de poniente a oriente en 133 mm en su primera parte y 89 mm en el resto.

La parte alta del cerro San Cristóbal se riega mediante una elevación mecánica, conocida como planta de bombas N° 3. Consta de dos grupos motobomba de 190 HP y 75 HP que alimentan preferentemente el estanque N° 9 “El Alto” y el estanque N° 8 “Piscina”, respectivamente. Del estanque El Alto deriva por el lado norte una tubería de fierro fundido de 4 ” en su primer tramo para continuar en fierro galvanizado de 3 ” y 2 ½”, que alimenta los estanques N° 5 “Zig-Zag” y N° 4 “Santuario”. Por el lado sur deriva una tubería de 8 ” en su primera parte, para continuar en 4 ” y 2 ” hasta llegar al estanque N° 3 “Terraza”. Por el oriente, el estanque El Alto deriva una tubería de 3 ” que llega hasta el sector de Los Litres y una tubería de 6 ” que alimenta la tubería de circunvalación. Del estanque Piscina deriva hacia el sur una tubería de 4 ” en su primera parte, para continuar en dos ramales de 3 ” que alimentan el vivero. Por el lado norte deriva una tubería de 3 ”, de la que se desprende un ramal que conecta con la tubería de circunvalación poco antes del estanque N° 6 “Intendente”. Las tuberías derivadas del costado sur de los estanques El Alto y Piscina disponen de un sistema de interconexión, lo que da flexibilidad a la operación del sistema. De las tuberías derivadas de los estanques principales, bajan laterales por la ladera del cerro algunas que se

conectan con la tubería de circunvalación, con el objeto de mejorar en determinadas circunstancias la alimentación y presión de ésta.

En general, las tuberías matrices y de distribución del sistema disponen de válvulas a lo largo del recorrido, las que entregan directamente el agua a los surcos o aspersores, o lo hacen a través de tuberías laterales de 2 ” o 3 ”.

En el cuadro A-1 se indica un resumen de las cotas de terreno en cada punto del sistema de distribución del agua de riego.

Cuadro A-1: “Cotas de terreno para distribución de agua de riego en el PMS”

Tuberías	Cota Inicial m.s.n.m.	Cota final m.s.n.m.
Matriz antigua	754,86	738,00
Matriz nueva	754,86	738,00
Ramal El Salto	738,00	734,00
Ramal Vitacura	738,00	734,00
Tubería Piscina	734,00	732,00
Tubería Riego	734,00	732,00
Tubería Piscina	732,00	728,00
Tubería Riego	732,00	728,00
Tubería Circunvalación	728,00	725,00

Fuente: PMS, 1999 a.

El sistema de riego del Parque Metropolitano cuenta con estanques reguladores que se usan para almacenar agua durante las horas que no se riega. Se han agrupado los estanques reguladores de acuerdo con su ubicación dentro del funcionamiento del riego. Se han definido como zonas altas aquellas ubicadas sobre la tubería de circunvalación y bajas aquellas ubicadas bajo dicha tubería. En los cuadros A-2 y A-3 se muestran los estanques según su ubicación.

Cuadro A-2: “Estanques de zonas altas alimentados por la planta de bombas N° 3”

Estanque N°	Denominación	Capacidad [m ³]
1	Zoológico	90
2	La Compañía	18
3	Terraza	350
4	Santuario	60
5	Zig-Zag	500
6	Intendente	300
8	Piscina	1.700
9	El Alto *	2.100
10	Bomba N° 3	300

Fuente: PMS, 1999 a.

* El estanque El Alto tiene una capacidad total de 3.000 m³, de los que se utilizan normalmente 2.100 m³ (70%), dejando el resto para casos de emergencias.

Cuadro A-3: “Estanques de zonas bajas alimentados gravitacionalmente”

Estanque N°	Denominación	Capacidad [m ³]
7	Ermitaño	330
16	Pedro de Valdivia Norte	320
18	Lo Simone	690

Fuente: PMS, 1999 a.

El sistema de riego funciona de acuerdo a un régimen que consiste en regar durante el día las áreas que se abastecen gravitacionalmente y que no cuentan con estanques reguladores. El período de riego es de 08:00 horas a 17:00 horas, aproximadamente. Las aguas que ingresan al sistema entre las 17:00 y 08:00 horas del día siguiente, se elevan en la planta de bombas N° 3 a la parte alta del cerro San Cristóbal y se regulan en los estanques indicados anteriormente, tanto en las zonas altas como en las bajas. Además, durante este período se

acumulan aguas de riego en los estanques que se alimentan gravitacionalmente desde la red y que han sido indicados anteriormente. Las aguas almacenadas se emplean al día siguiente para el riego de las zonas de influencia de dichos estanques.

El funcionamiento del sistema de riego del Parque Metropolitano fue definido en un estudio de 1983, con el objetivo de lograr un pleno aprovechamiento del caudal disponible, que excedía la capacidad de la red. Este sistema consideró para el sector sur, bajo la cota de la matriz de circunvalación, un régimen directo de riego desde la planta Chacarillas hasta la de bombas N° 3 y un régimen regulado desde la Bomba N° 3 hasta el fin del sistema de conducción, frente a la Cantera Sheraton. Para cumplir con este esquema de funcionamiento los estanques ubicados entre la Bomba N° 3 y el final de la tubería, tienen un abastecimiento nocturno.

Las obras, que tenían como finalidad reforzar el sistema actual de agua riego, consistieron en la instalación de tuberías que siguen básicamente el trazado de las matrices desde la planta Chacarillas hasta el fin de la tubería de circunvalación. Se instaló una tubería de asbesto-cemento de Φ 300 mm, en reemplazo de la existente en el tramo que va desde la Bomba N° 3 hasta el estanque “El Intendente”, desde este punto hasta el kilómetro 4,5 de Φ 250 mm.

Del estanque N° 6 arranca una tubería de acero y Φ 4 ”, que alimenta también por gravedad, el estanque ubicado en la cima del cerro Blanco.

Por otro lado, a lo largo del trazado se consideraron laterales de distribución para regar los distintos sectores, tomando en cuenta los requerimientos de agua, la topografía y las pendientes existentes. Dichos laterales de riego sirven para distribuir en la ladera del cerro los requerimientos de agua. Además, sirven eventualmente como abastecimiento de agua para controlar incendios.

Tramo desde el marco del canal Metropolitano hasta el embalse Las Torres.

El mencionado tramo se inicia en el marco partidor, que entrega las aguas provenientes del río Mapocho al Parque Metropolitano. Después del marco sigue un canal que corre por la falda sur del cerro, de una longitud de 500 m hasta llegar a la cámara ubicada en la puntilla del cerro, que enfrenta el sector de La Pirámide. Desde esta cámara salen las dos tuberías que abastecen actualmente el riego del parque. Una antigua de Φ 0,50 m y 2.053 m de longitud, de los que 700 m son de fierro fundido con paredes interiores bastante incrustadas y el resto, 1.353 m son de hormigón. La otra que se denomina tubería nueva, es de asbesto-cemento de Φ 0,40 m y de 2.032 m de longitud y se encuentra en buen estado.

El caudal máximo considerado que deben conducir ambas tuberías es de 399,5 L /s, en régimen nocturno, debido a que durante el día hay extracciones para el riego.

Embalse Las Torres

El embalse Las Torres es una obra que tiene por objeto regular, durante catorce horas en las noches y veinticuatro horas del fin de semana, una parte importante del caudal proveniente del río Mapocho, que llega al parque por el canal Metropolitano. En efecto, su capacidad proyectada permite regular un caudal de 180 L /s. Se ubica en la cumbre denominada Las Torres y tiene un volumen útil, sin rebalsar, de 15.540 m³, dispone además de un volumen muerto de 970 m³, con el objeto de acumular en él el arrastre sólido que entra al embalse.

El llenado del embalse Las Torres, se hace mediante las tuberías matrices que conducen el agua del canal Metropolitano, desde la cámara de entrada al sifón La Pirámide, punto inicial del sistema de conducción por cañerías dentro del Parque Metropolitano. El agua regulada en el embalse se inyecta al sistema de tuberías, el que se ha reforzado

convenientemente aguas abajo de él (ramales), para poder conducir el mayor caudal disponible durante el día por efecto de la obra de regulación.

Por tratarse de una obra de características especiales, su diseño fue basado en criterios conservadores. En efecto, un embalse de dicha envergadura es potencialmente peligroso en el medio de una ciudad, sobretodo en un país sísmico como el nuestro. Se construyó, entonces, un embalse con muros y radier de hormigón armado y reforzado exteriormente con muros de tierra compactada. De forma circular en planta, con un diámetro interior de 70,50 m, los muros de hormigón armado tienen un espesor de 0,45 m en la parte inferior, hasta 1,15 m de altura a partir de la base y de 0,30 m desde este punto hasta la altura final de los muros (4,85 m). El fondo del embalse está formado por una losa inclinada hacia el sur-oeste, con al fin de facilitar el lavado del fondo y la extracción del sedimento depositado allí. Las cotas del fondo son 741,85 m.s.n.m. en los puntos extremos norte, este y oeste, en el punto extremo sur la cota es de 741,65 m.s.n.m., donde van ubicadas las obras de salida y las de evacuación de los sedimentos. La descripción realizada anteriormente del embalse se ilustra en la Figura A-1.

Tramo entre embalse Las Torres y nudo de distribución de los ramales Vitacura y El Salto.

La tubería matriz de Φ 0,50 m (acero y hormigón) al llegar al embalse, entrará directamente a él. La conexión con el resto de la tubería se hará solamente a través de la tubería de salida del embalse, debiendo pasar todas las aguas a través de éste. En cuanto a la tubería de asbesto-cemento de Φ 0,40 m que llega al embalse, será modificada en su trazado al llegar a él, rodeándolo y actuando como by-pass. Esta tubería alimentará la de Φ 0,25 m, que riega de día el sector ramal Vitacura y además, durante la noche entregará al embalse o bien, continuará por la tubería existente, hacia el nudo donde se distribuyen las aguas entre la elevación Las Torres y los ramales Vitacura y El Salto, el que se describe a continuación.

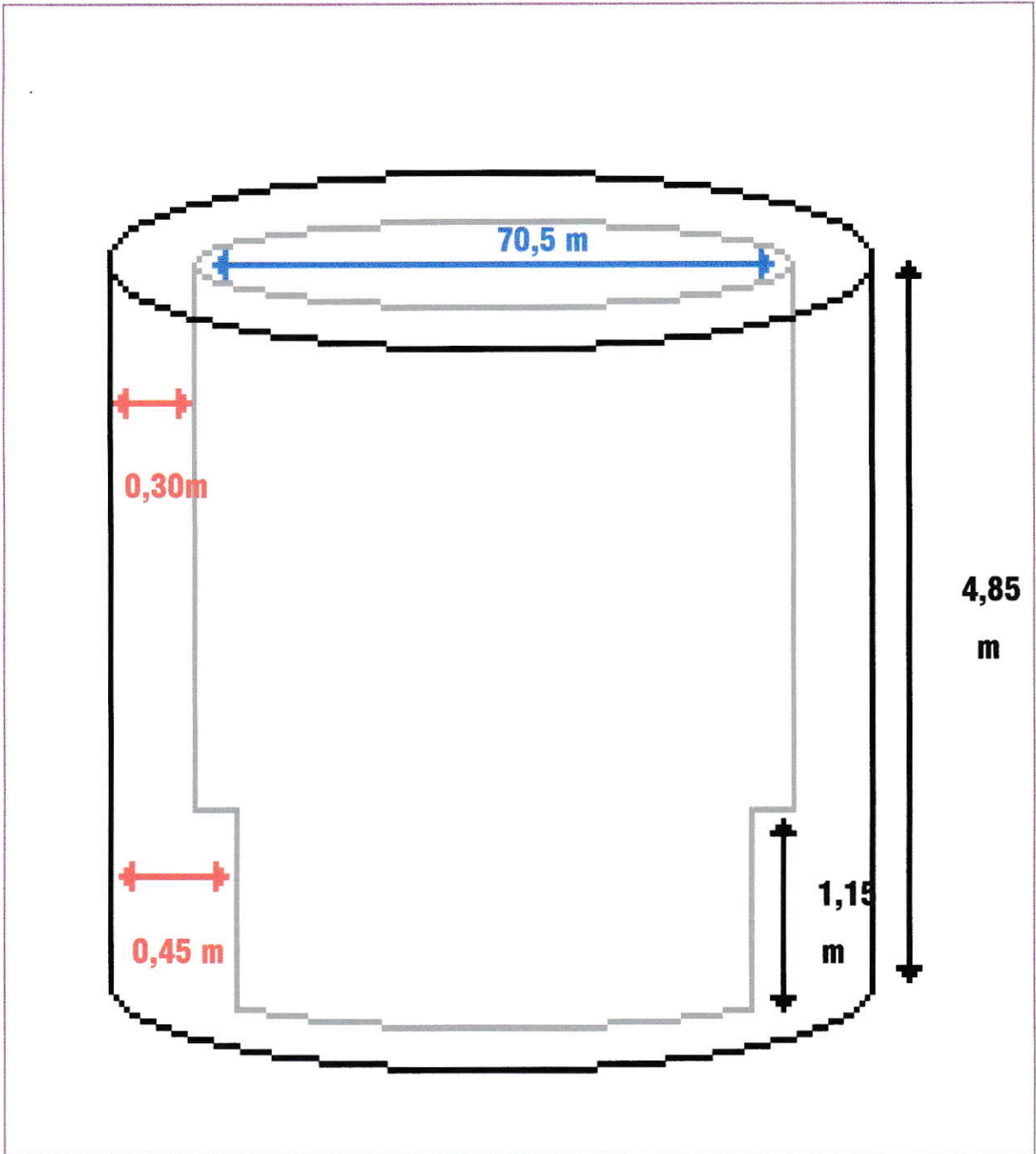


Figura A-1 “Diagrama simplificado del Embalse Las Torres”

La situación en el nudo que existe en la actualidad es la siguiente. La tubería matriz de hormigón de Φ 0,50 m, llega a una cámara cerrada de la que se desprenden dos derivaciones: la de la izquierda que alimenta el ramal Vitacura existente y la de la derecha que lo hace con la tubería del ramal El Salto. En ambas derivaciones y al exterior de la cámara, hay válvulas de cierre. Por otra parte, la tubería matriz de asbesto-cemento de Φ 0,40 m llega a otra cámara vecina a la anterior, que aloja dos válvulas de distribución: la de la izquierda que también se conecta con el ramal Vitacura y la de la derecha que también lo hace con el ramal El Salto. En esta forma ambas tuberías matrices quedan interconectadas, pudiendo distribuirse los flujos de las tuberías matrices indistintamente entre los ramales Vitacura y El Salto.

En la actualidad, el nudo se amplió para permitir alimentar desde él las tuberías de refuerzo de los ramales Vitacura y El Salto y el pozo de aspiración de la elevación Las Torres. Para ello se prolongaron ambas tuberías matrices con tubos cortos de asbesto-cemento, al término de los que se colocaron piezas especiales que, en conjunto, crearon una conexión transversal entre ambas tuberías matrices. En el extremo sur de la conexión transversal, se colocó una válvula de compuerta de 0,40 m que, seguida de una reducción de 0,40 a 0,60 m, permite alimentar la tubería de refuerzo del ramal Vitacura, que es de acero de Φ 0,60 m. En la prolongación de la tubería de hormigón existente y formando parte de la conexión transversal, existe una cruz de distribución de 0,40 m que tiene las siguientes válvulas de entrega: hacia la izquierda una válvula de compuerta de 0,40 m que alimenta el ramal Vitacura; hacia la derecha una de 0,30 m precedida de una reducción de 0,40 a 0,30 m y que entrega a la tubería de asbesto-cemento de refuerzo del ramal El Salto; y hacia el frente otra válvula de 0,40 m que conecta con el pozo de aspiración de la planta de la elevación Las Torres.

La elevación mecánica antes mencionada, destinada al riego de los cerros llamados “Los Gemelos”, cuenta con una planta de bombas con capacidad para elevar 65 L / s, que responde a las necesidades del sector por medio de una tubería de 1.065 m de longitud y diámetro variable. Para llevar a cabo dicha elevación mecánica, en el nudo de distribución se encuentra la casa de máquinas que en su interior, además de contar con el equipo motobomba y los equipos necesarios (como eléctrico, válvulas, etc.), aloja el pozo de aspiración (circular de Φ 2 m), dotado de una tubería de desagüe y una de ventilación para eliminar el aire desplazado desde el interior del pozo.

Tramo correspondiente al ramal Vitacura.

Del nudo de distribución de los ramales Vitacura y El Salto, arranca el ramal Vitacura (valga la redundancia), que en general, va por el lado sur del cerro los Gemelos.

En la actualidad, dicho ramal está constituido por una tubería de acero de Φ 250 mm, que va desde el nudo antedicho hasta el punto donde se encuentran ubicados los filtros Chacarillas. La tubería era insuficiente y fue reforzada por una tubería que corre vecina y paralela a la actual. Esta tubería de refuerzo es de acero de 600 mm en los primeros 1.300 m de recorrido y de asbesto-cemento de 450 mm en el resto del recorrido. La tubería de refuerzo tiene altos y bajos en su trazado debido a exigencias topográficas; en los puntos bajos se han proyectado válvulas de desagüe y escotillas para extraer el posible material acumulado, en los altos se han proyectado ventosas para eliminar aire que pudiera acumularse en dichos puntos.

El ramal Vitacura alimentará su sector de riego, mediante entregas a las tuberías de distribución. Las entregas, ubicadas en los primeros 860 m de su recorrido, son alimentadas directamente desde la tubería existente, que con su capacidad es suficiente para cubrir las demandas de las áreas de riego que atraviesa en este tramo. Más allá de los 860 m las tuberías de refuerzo y existente se conectan entre sí, trabajando como un conjunto, que va alimentando el resto de las entregas para el riego, hasta llegar ambas a los filtros de Chacarillas. Las entregas se harán con recursos aportados desde la tubería de refuerzo, que frente a cada entrega se conectará con la existente, empezando a trabajar de este modo ambas como un conjunto.

En cuanto al nudo de Chacarillas, converge a él el ramal Vitacura con sus tuberías existente y de refuerzo ya unificadas, el ramal El Salto con su tubería existente y la impulsión de la elevación mecánica de Pedro de Valdivia Norte. La convergencia de estas tres tuberías se hace en la cámara de carga central de 5,50 m de altura, rectangular, que, además de los accesos indicados, tiene las salidas que se indican a continuación. Una de ellas conecta con la tubería existente del ramal Vitacura, que va hacia la piscina de Tupahue; otra con la entrada ya descrita de la tubería existente del ramal El Salto, que trabaja en uno u otro sentido según las

condiciones hidráulicas de funcionamiento y, por último, una tercera salida de Φ 400 mm que alimenta el refuerzo de la red de tuberías del Parque Metropolitano (circunvalación), ubicada aguas abajo de los filtros de Chacarillas. La cámara está provista de un rebalse que permite evacuar los excedentes en caso de una mala operación del sistema. Las tuberías existente y de refuerzo del ramal Vitacura, se conectan entre sí, antes de ingresar a la cámara. Este ramal está provisto de un sistema de válvulas interconectoras. Al cerrarse estas válvulas, las aguas que se impulsan por el ramal se podrán almacenar en el embalse “Las Torres”, realizando así una regulación indirecta de los recursos de la elevación mecánica de Pedro de Valdivia Norte.

Tramo correspondiente al ramal El Salto.

El ramal El Salto arranca del nudo de distribución de este ramal con el de Vitacura y la elevación Las Torres y va, en general, rodeando el cerro los Gemelos por su lado Norte.

Este ramal está constituido por una tubería de acero de Φ 250 mm que llega desde el nudo antedicho hasta los filtros de Chacarillas.

El ramal El Salto es insuficiente para abastecer todas las demandas de riego de su sector, por lo que ha debido ser reforzado por otra tubería paralela y vecina a la existente, que va hasta el kilómetro 9,9. Desde este punto hacia adelante la existente será suficiente para satisfacer todas las demandas de las distintas áreas que restan. Como la tubería El Salto termina en la cámara ubicada en el nudo Chacarillas, para el riego de las últimas áreas de riego, los recursos podrán obtenerse eventualmente del ramal Vitacura o de la elevación Pedro de Valdivia Norte, a través de la mencionada cámara. En este caso el ramal El Salto, tendrá abastecimiento desde los dos extremos.

A diferencia del ramal Vitacura, la tubería de refuerzo del ramal El Salto trabaja en conjunto con la existente desde el comienzo. Para esto posee conexiones frente a cada una de las entregas.

Elevación en el canal El Carmen

Para cuando la hidrología del río Mapocho no permita satisfacer la demanda del parque, se adquirieron derechos en el río Maipo, los que son conducidos por el canal San Carlos y luego por el canal El Carmen, para finalmente elevarlos mecánicamente desde el sector de Pedro de Valdivia Norte hasta la zona de los filtros de Chacarillas.

El lugar de elevación está ubicado a 130 m aguas abajo de la salida del tramo abovedado del canal, después del cruce de la calle Los Conquistadores. En consecuencia, la construcción de la elevación mecánica cuenta con una captación, mediante marco de boquera en el canal El Carmen, la que permite extraer los derechos del Parque Metropolitano de Santiago. El marco está seguido de un corto tramo de canal revestido que, en su término lleva, en uno de sus costados, un muro vertedero que alimenta por rebalse el pozo de captación de las bombas.

En esta elevación también se cuenta con una casa de máquinas, donde existen dos bombas que elevan 100 L / s cada una, partidores, conexiones eléctricas, válvulas, equipo hidroneumático (para controlar el golpe de ariete) y un compartimiento que sirve de oficina. El agua extraída es entregada a una tubería de impulsión de acero de Φ 350 mm y longitud de 564 m, la que es elevada desde la cota 612,5 hasta 739,1 m.s.n.m.

En su extremo superior, la impulsión entrega a la cámara que constituye el nudo al que concurren además, los ramales Vitacura y El Salto y del que salen las tuberías de conducción hacia la parte del parque, ubicada al sur-poniente de Chacarillas.

Estos equipos se aprovechan para permitir la alternativa de abastecer el embalse Las Torres con agua del río Maipo, en caso de no contar con suficiente agua en el río Mapocho. Para ello se utilizará la tubería de refuerzo del ramal Vitacura y la matriz nueva, que, en operación normal conducen aguas gravitacionalmente, mediante el sistema de bombeo existente junto al embalse, llegando a él a través del “by-pass”.

ANEXO B

Metodologías y resultados experimentales para la Determinación de
Sólidos Suspendidos totales, Nitrito, Nitrato y Ortofosfato.

METODOLOGÍAS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA LA DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES, NITRITO, NITRATO Y ORTOFOSFATO.

Este anexo contiene la descripción completa de las metodologías utilizadas en el seguimiento semanal de los residuos líquidos del Jardín Zoológico, para la determinación experimental de los parámetros de Sólidos Suspendedos Totales por Gravimetría y por Espectrofotometría para la detección de los iones libres: Nitrato, Nitrito y Ortofosfato. Además, contiene de manera íntegra los valores determinados para éstos parámetros, que para un buen entendimiento del lector no se encuentran detallados en el estudio.

METODOLOGIA PARA LA RECOLECCION DE MUESTRAS

Se recolectaron muestras de los residuos líquidos del Jardín Zoológico, provenientes de las canaletas, recintos de animales, bebederos y aseo de calles; los que se reúnen en la cámara de inspección N° 23 (ver pág. 40) que, fue el lugar determinado para realizar la extracción de las muestras. Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos, se colectaron muestras en envases de plástico de capacidad de 1 L y para los parámetros microbiológicos y parasitológicos la recolección se realizó en envases de vidrio esterilizados de 500 mL. La ejecución del muestreo quedó sujeto a lo estipulado en la normativa de la CONAMA (pág 43).

TRATAMIENTO DEL MATERIAL

Los recipientes en que fueron colectadas las muestras, fueron ambientados con la misma calidad de las aguas antes de ser llenados; con agua potable, de riego o residuales según sea el caso.

El material utilizado en las determinaciones experimentales, en su totalidad fue sometido a un lavado exhaustivo con solución de detergente libre de fosfato (detergente líquido Winza 145), enjuagado con abundante agua potable, agua destilada y finalmente con agua desionizada; luego se dejó secar a temperatura ambiente. El material limpio se guardó cubierto con papel aluminio en una vitrina limpia, fresca y libre de humedad.

Para el caso particular del aparato de filtración, la frica, además de ser lavada con detergente, se lavó con ácido nítrico (HNO_3) 4 M, para evitar que entre sus poros existieran partículas retenidas.

DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES

Rango de aplicación:

El residuo seco obtenido debe tener una masa entre 2,5 y 200 mg.

Materiales:

- Estufa de secado, regulable a 104 ± 1 °C.
- Aparato para filtros: aparato para filtrar por membrana y crisol Gooch.
- Filtros de fibra de vidrio de 1,5 μm Whatman 934, Alt Milifase AP 40 Gelman o equivalente.
- Balanza analítica, con sensibilidad ≥ 0.1 mg.
- Probeta.
- Cápsulas Petri.
- Pinzas.

Procedimiento:

El filtro se coloca en el aparato para filtrar, se aplica vacío y se lava con 3 porciones sucesivas de agua destilada de 20 mL. Utilizando pinzas se remueve el papel del aparato y se seca en la estufa a 103 – 105 °C, luego se enfría en un desecador y se pesa; estos pasos se repiten hasta obtener una masa constante del papel filtro, denominada B.

El filtro de fibra de vidrio ya pesado, se coloca nuevamente en el aparato para filtrar y se aplica el vacío, se humedece con una pequeña porción de agua destilada, se filtra un volumen medido de muestra homogenizada, se lava con tres porciones sucesivas de 10 mL de agua destilada, dejando funcionar el sistema finalizada la filtración, por 3 minutos más.

Con pinzas se saca el filtro del aparato de filtración y se coloca en la cápsula de Petri, se seca en la estufa a 103 – 105 °C por una hora, se enfría y se pesa, repitiendo los pasos hasta masa constante, la que se denominará A.

Expresión de Resultados:

La diferencia entre las masas A y B del filtro de fibra de vidrio, se multiplica por un factor de 1000 y se divide por el volumen de la muestra analizada, obteniendo los sólidos suspendidos totales en mg / L, como se expresa en la ecuación B – 1.

$$SST \left[\frac{mg}{L} \right] = \frac{(A - B)}{V} * 1000 \quad (B - 1)$$

Para evitar interferencias con el método, se deben excluir las partículas flotantes o aglomerados sumergidos de materiales no homogéneos de la muestra. Si el tiempo de filtración es prolongado, indica que el filtro se ha tapado, produciendo resultados altos por el exceso de sólidos capturados.

Datos Experimentales

A continuación se presentan tabulados los valores de sólidos suspendidos totales, determinados de manera experimental para las muestras de los residuos líquidos del Zoológico y una muestra control correspondiente a agua potable del mismo recinto, en un período de dos semanas (Tabla B-1). Las muestras son identificadas con el debido día en el que fueron extraídas, un guión y otro número que varía entre 0 y 2; el número 0 corresponde a la muestra control, los números 1 y 2 a la muestra y contra-muestra de las aguas servidas del recinto en cuestión. Las muestras marcadas desde 21 a 27 corresponden a Septiembre y desde el 01 hasta 07 al mes de Octubre de 2000. El control entre los días 05 y 07 de octubre es agua de riego.

Tabla B-1 “Sólidos suspendidos totales”

Día	Filtro [g]	Filtro + SS [g]	Volumen [mL]	SST [mg / L]
J 21-0	0.0772	0.0778	40	15
J 21-1	0.0772	0.0787	20	75
J 21-2	0.0772	0.0777	20	25
V 22-0	0.0821	0.0827	40	15
V 22-1	0.0772	0.0785	20	65
V 22-2	0.0772	0.0784	20	66
S 23-0	0.0819	0.0829	100	10
S 23-1	0.0816	0.0838	20	110
S 23-2	0.0816	0.0823	20	35
D 24-0	0.0816	0.0825	100	9
D 24-1	0.0832	0.0856	20	120
D 24-2	0.0834	0.0865	20	155
L 25-0	0.0823	0.0827	40	10
L 25-1	48.1540	48.1567	20	135
L 25-2	0.0816	0.0846	20	150
M 26-0	0.0818	0.0837	100	19
M 26-1	0.0816	0.0834	20	90
M 26-2	0.0816	0.0831	20	75
Mi 27-0	0.0773	0.0775	100	2
Mi 27-1	0.0822	0.0832	30	33
Mi 27-2	0.0815	0.0851	30	120
D 1-0	0.0814	0.0816	100	2
D 1-1	0.0827	0.0839	30	40
D 1-2	0.0834	0.0845	30	37
L 2-0	0.0825	0.0831	100	6

Día	Filtro [g]	Filtro + SS [g]	Volumen [mL]	SST [mg / L]
L 2-1	0.0832	0.0855	30	77
L 2-2	0.0825	0.0843	30	60
M 3-0	0.0822	0.0827	100	5
M 3-1	0.0815	0.0865	30	167
M 3-2	0.0826	0.0875	30	163
Mi 4-0	0.0819	0.0823	100	4
Mi 4-1	0.0813	0.0855	100	42
Mi 4-2	0.0811	0.0859	100	48
J 5-0*	0.0819	0.0829	100	10
J 5-1	0.0806	0.0827	30	70
J 5-2	0.0806	0.0849	30	143
V 6-0*	0.0811	0.0819	100	8
V 6-1	0.0810	0.0834	30	80
V 6-2	0.0802	0.0824	30	73
S 7-0*	0.0814	0.0832	100	18
S 7-1	0.0796	0.0829	30	110
S 7-2	0.0819	0.0844	30	83

* Control corresponde agua para riego del PMS, ver Anexo A.

A partir de los resultados obtenidos para sólidos suspendidos a lo largo de las dos semanas muestreadas, es visible que, este parámetro no se mantiene constante, sino que depende claramente del día de la semana y la actividad de aseo realizada ese día. Los valores de sólidos suspendidos para agua potable y de riego, no muestran grandes fluctuaciones, presentando la última los mayores valores.

DETERMINACIÓN DEL NITRATO POR EL MÉTODO DEL SALICILATO DE SODIO

Rango de aplicación:

0.1 a 2.0 mg N-NO₃ / L. Muestras con mayores concentraciones requieren un volumen inicial menor.

Reactivos:

- Solución de salicilato de sodio.
Disolver 0.5 g de salicilato de sodio (NaC₇H₅O₃) p. a. en 100 mL de agua desionizada. La solución debe prepararse fresca cada vez.
- Ácido sulfúrico.
Ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado p. a.
- NaOH – Tartrato solución.
Disolver 400 g de hidróxido de sodio (NaOH) p. a. en menos que 1 L de agua destilada. Luego de enfriar agregar 50 g K- Na- tartrato (KNaC₄H₄O₆) p. a. y disolver. Llevar a un litro y almacenar en botella plástica. La solución es estable por largo tiempo.

Procedimiento:

De la muestra a analizar se toman 25 mL y se añade 1 mL de salicilato de sodio, se evaporan a sequedad a 100 °C, dejándolo en horno por la noche. La temperatura del horno no debe exceder los 110 °C.

Mientras el matraz aún esté caliente, disolver el residuo con 1 mL de ácido sulfúrico. Una vez hecho esto, agregar cerca de 50 mL de agua desionizada.

Agregar 7 mL de solución de NaOH- tartrato, llevar a 100 mL con agua desionizada y mezclar. Medir la extinción tan pronto como sea posible a 420 nm.

Serie estándar.

Solución stock de nitrato: disolver 0.722 g de nitrato de sodio (NaNO_3) p. a. en agua destilada y llevar a 1 L. Estable dos meses.

La solución contiene 0.1 mg N-NO_3 / mL. Partiendo de la solución stock diluir 10 veces para preparar una solución de trabajo de 10 $\mu\text{g N}$ / mL. La solución de trabajo se almacena en matraces como se indica en la Tabla B -2.

Tabla B -2

mL de solución de trabajo	0.5	1.0	2.5	4.0
mg N-NO_3 / L correspondiente	0.2	0.4	1.0	1.6

No es necesario agregar agua destilada para completar 25 mL, ya que el próximo paso es la evaporación. La serie estándar es tratada de la misma manera que las muestras. Las extinciones obtenidas enfrentadas a la concentración, deben dar como resultado una línea recta.

Expresión de resultados: Los resultados son redondeados a 0.05 mg N-NO_3 / L.

Datos Experimentales:

Para realizar cada determinación, se debe ejecutar una curva de calibración a partir de la solución estándar. En este anexo sólo se mostrará el resultado obtenido para una curva estándar que, además, fueron similares en los diferentes días de análisis.

La Tabla B-3 muestra los resultados par una de las curvas de calibración en el método para detectar Nitrato.

Tabla B-3 “Curva de calibración ejemplo para Nitrato”

Concentración [mg N-NO_3 / L]	Absorbancia [420 nm]
0.2	0.029
0.4	0.078
1.0	0.190
1.6	0.325

En la Tabla B-4 se observan los resultados para Nitrato de las muestras tomadas, sin embargo, para el agua potable sólo se realizaron un par de muestras, por considerar que ésta es sometida a un continuo seguimiento por parte de la Empresa Sanitaria que la distribuye.

Tabla B-4 “Determinación de Nitrato para las muestras del Zoológico”

Muestra	Absorbancia	Concentración [mg N-NO ₃ / L]
J 21-0	0.046	2.85
J 21-1	0.047	2.90
J 21-2	0.047	2.90
V 22-1	0.047	2.90
V 22-2	0.054	3.25
S 23-1	0.062	3.60
S 23-2	0.059	3.50
D 24-0	0.047	2.90
D 24-1	0.052	3.15
D 24-2	0.059	3.50
L 25-1	0.044	2.80
L 25-2	0.047	2.90
M 26-1	0.072	4.10
M 26-2	0.066	3.80
Mi 27-0	0.059	3.50
Mi 27-1	0.038	2.50
Mi 27-2	0.048	3.00
D 1-0	0.163	8.40 **
D 1-1	0.052	3.15
D 1-2	0.050	3.05
L 2-0	0.058	3.45
L 2-1	0.063	3.70
L 2-2	0.055	3.30

Muestra	Absorbancia	Concentración [mg N-NO ₃ / L]
M 3-0	-0.021	Nd ***
M 3-1	0.002	0.80
M 3-2	0.005	0.90
Mi 4-1	0.012	1.25
Mi 4-2	0.007	1.00
J 5-0*	0.014	1.35
J 5-1	0.019	1.60
J 5-2	0.017	1.50
V 6-0*	-0.032	0.45
V 6-1	0.033	3.00
V 6-2	0.027	2.75
S 7-0*	-0.001	1.65
S 7-1	-0.021	0.85
S 7-2	-0.030	0.50

* Control corresponde agua para riego del PMS, ver Anexo A.

** Este valor no se tomará en cuenta para los cálculos.

*** Nd No fue detectado

Como muestra la Tabla B-4, los valores determinados para nitrato no pueden considerarse constantes, pero si dentro de un rango aceptable. Si se observan incongruencias en las concentraciones de las muestras, se debe a que la curva de calibración resultó similar pero no completamente, para las distintas determinaciones.

DETERMINACION DEL NITRITO

Rango de aplicación:

Este método es apropiado para concentraciones de ión nitrito de 1 a 20 µg N-NO₂ / L.

Reactivos:

- Solución de sulfanilamida.

Disolver 5 g de sulfanilamida ($\text{H}_2\text{N C}_6\text{H}_4 \text{SO}_2\text{NH}_2$) en 50 mL de ácido clorhídrico (HCl) concentrado y 300 mL de agua destilada, llevar esta solución a 500 mL. Este reactivo es estable en un refrigerador por varios meses.

- N- (1- naftil) etilendiamina solución.

Disolver 0,5 g de N- (1- naftil) etilendiamina di-clorhidrato ($\text{C}_{12}\text{H}_{16}\text{Cl}_2\text{N}_2 \text{CH}_3\text{OH}$) en 500 mL de agua destilada. Almacenar la solución en una botella oscura. Si no es mantenida en refrigerador la solución debe renovarse mensualmente, pero en todo caso cuando se desarrolla un fuerte color café.

Procedimiento:

Agregar 1 mL de solución de sulfanilamida a 50 mL de muestra filtrada, dejar reaccionar entre 2 a 8 minutos, entonces agregar 1 mL de N- (1 –naftil) etilendiamina. Entre 10 minutos y 2 horas después medir la extinción de la solución a 550 nm en cubetas de 50 mm.

Solución estándar:

Solución stock de nitrito: disolver 4,962 g de nitrito de sodio (NaNO_2) libre de agua p. a. en agua destilada y diluir a un litro. Eventualmente preservar esta solución con 1 mL de cloroformo (CHCl_3). Esta solución en 1 mL contiene 1 mg N- NO_2 . Estable por 1 –2 meses. Diluir 1 mL de solución stock a 1 L, 1 mL de esta solución contiene 1 μg N- NO_2 .

La extinción obtenida es comparada con una curva de calibración, obtenida de la solución estándar, para obtener la concentración de nitrito (N- NO_2) en las muestras.

Las siguientes concentraciones son apropiadas para la curva de calibración.

Tabla B –5

mL NaNO_2 solución estándar diluido a 50 mL	0.5	1.0	1.5	2.0
μg N- NO_2 / L.	5	10	15	20

Expresión de resultados: Los resultados son redondeados a 1 $\mu\text{g N-NO}_2 / \text{L}$.

Datos Experimentales:

De la misma forma que en la determinación del nitrato, se ejecuta la determinación de Nitrito en las muestras. La Tabla B-6 muestra un ejemplo para las curvas de calibración realizadas durante los análisis.

Tabla B-6 “Curva de calibración ejemplo para Nitrito”

Concentración [$\mu\text{g N-NO}_2 / \text{L}$]	Absorbancia [550 nm]
5	0.067
10	0.095
15	0.128
20	0.157

Los valores determinados para cada muestra de los residuos líquidos del Zoológico, se encuentran en la Tabla B-7. Las muestras control tampoco fueron analizadas la totalidad de veces.

Tabla B-7 “Determinación de Nitrito para las muestras del Zoológico”

Muestra	Absorbancia	Concentración [$\text{mg N-NO}_2 / \text{L}$]
J 21-0	0.047	0.02
J 21-1	0.079	0.07
J 21-2	0.087	0.08
V 22-1	0.074	0.06
V 22-2	0.076	0.06
S 23-1	0.183	0.22
S 23-2	0.179	0.21
D 24-0	0.042	0.02
D 24-1	0.088	0.08
D 24-2	0.069	0.05
L 25-1	0.059	0.04

Muestra	Absorbancia	Concentración [mg N-NO ₂ / L]
L 25-2	0.056	0.03
M 26-2	0.122	0.13
Mi 27-0	0.046	0.02
Mi 27-1	0.176	0.21
Mi 27-2	0.176	0.21
D 1-0	0.038	0.01
D 1-1	0.083	0.07
D 1-2	0.091	0.08
L 2-0	0.041	0.01
L 2-1	0.092	0.09
L 2-2	0.103	0.10
M 3-0	0.039	0.01
M 3-1	0.067	0.05
M 3-2	0.070	0.05
Mi 4-0	0.038	0.01
Mi 4-1	0.049	0.02
Mi 4-2	0.060	0.04
J 5-0*	0.042	0.01
J 5-1	0.083	0.07
J 5-2	0.094	0.09
V 6-0*	0.036	Nd **
V 6-1	0.144	0.18
V 6-2	0.126	0.15
S 7-0*	0.056	0.03
S 7-1	0.217	0.30
S 7-2	0.233	0.33

* Control corresponde agua para riego del PMS, ver Anexo A.

** Nd No fue detectado

La tabla muestra de la misma forma que para sólidos suspendidos y nitrato, que las concentraciones de nitrito dependen del día al que corresponden las muestras, oscilando dentro de un rango aceptable. Las determinaciones en agua potable, se observan bajas y relativamente constantes, las de agua de riego si presentan fluctuaciones significativas.

DETERMINACION DE ORTOFOSFATO

Rango de aplicación:

Este método es apropiado para la determinación de ión fosfato en concentraciones entre 1 y 100 $\mu\text{g P-PO}_4 / \text{L}$.

Reactivos:

1. Solución de molibdato de amonio.

Disolver 15 g de amonio p-molibdato p. a. ($(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} * 4 \text{H}_2\text{O}$), de preferencia finamente cristalizado, en 500 mL de agua destilada. Almacenar en una botella plástica fuera del contacto directo con la luz. La solución es estable indefinidamente.

2. Solución de ácido sulfúrico.

Agregar 140 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado p. a. a 900 mL de agua destilada. Dejar enfriar la solución y almacenar en botella de vidrio oscuro.

3. Solución de ácido ascórbico.

Disolver 27 g de ácido ascórbico p. a. ($\text{O}[\text{CCOHCOHCH}]_2\text{O CHOHCH}_2\text{OH}$) en 500 mL de agua destilada. La solución debe prepararse fresca cada vez.

4. Solución de potasio antimonil -tartrato.

Disolver 0.34 g de potasio antimonil -tartrato p. a. ($\text{KSbC}_4\text{H}_4\text{O}_6$) en 250 mL de agua destilada, calentando si fuera necesario. Almacenar en botella plástica o de vidrio. La solución es estable por varios meses.

Mezcla de reactivos:

Mezclar juntos 100 mL del reactivo 1, con 250 mL del reactivo 2, 100 mL del reactivo 3 y 50 mL del reactivo 4. Preparar este reactivo en cantidad necesaria para ser usado de

inmediato y descartar el exceso. No almacenar por más de 6 horas. La cantidad señalada es aproximadamente para 100 muestras.

Procedimiento:

- Agregar a 50 mL de la muestra a analizar, 5 mL de la mezcla de reactivos.
- Luego de 5 minutos y de preferencia dentro de las primeras 2 a 3 horas medir la extinción de la solución en una celda de 5 cm contra agua destilada a una longitud de onda de 720 nm.
- Corregir la extinción medida sustrayendo el blanco de reactivo. El blanco de reactivo corresponde a una muestra de 50 mL de agua destilada tratada en la forma mencionada anteriormente.

Serie estándar.

Solución stock (madre) de fosfato: se disuelven 4,393 g de potasio hidrógeno fosfato (K_2HPO_4) p. a. previamente secado en un desecador en agua destilada en un matraz aforado de 1 L. Se agrega 1 mL de ácido sulfúrico concentrado y llenado hasta el aforo con agua destilada. La solución contiene 1 mg P- PO_4 / L.

Partiendo de la solución stock se prepara la solución de trabajo de 1 μg P- PO_4 / mL. La solución de stock se diluye con agua destilada como se indica en la siguiente Tabla:

Tabla B –8

mL de solución stock diluida a 50 mL	1.0	2.0	5.0
μg P / L correspondientes	20	40	100
μg P / mL correspondientes	0.02	0.04	0.1

La serie estándar es tratada de la misma manera que las muestras. Luego de 5 minutos la extinción es medida a 720 nm. Las extinciones obtenidas para la serie estándar enfrentadas a la concentración generan una línea recta.

Expresión de resultados: Los resultados son redondeados a 1 μg P- PO_4 / L.

Datos Experimentales

De la misma manera en que se trató las determinaciones de nitrito y nitrato se trata la determinación de Ortofosfato, salvo que se alteran las concentraciones de la curva de calibración para ajustarse mejor a las necesidades del análisis.

Tabla B-9 “Curva de calibración ejemplo para Ortofosfato”

Concentración [$\mu\text{g P-PO}_4 / \text{L}$]	Absorbancia [720 nm]
40	0.009
80	0.020
200	0.056

A continuación se muestran los resultados obtenidos para las muestras de las aguas servidas del Zoológico y las muestras control.

Tabla B-10 “Determinación de Ortofosfato para las muestras del Zoológico”

Muestra	Absorbancia	Concentración [$\text{mg P-PO}_4 / \text{L}$]
J 21-0	0.001	0.14
J 21-1	0.039	1.69
J 21-2	0.044	1.90
V 22-1	0.011	0.55
V 22-2	0.020	0.92
S 23-1	0.032	1.41
S 23-2	0.035	1.53
D 24-0	-0.001	0.06
D 24-1	0.028	1.25
D 24-2	0.028	1.24
L 25-1	0.015	0.72
L 25-2	0.019	0.88
M 26-1	0.055	2.35

Muestra	Absorbancia	Concentración [mg P-PO ₄ / L]
M 26-2	0.104	4.36
Mi 27-0	-0.014	Nd**
Mi 27-1	0.019	0.44
Mi 27-2	0.022	0.50
D 1-0	-0.008	0.09
D 1-1	0.019	0.43
D 1-2	0.017	0.40
L 2-0	-0.009	0.06
L 2-1	0.042	0.91
L 2-2	0.056	1.20
M 3-0	0.000	0.05
M 3-1	0.075	1.59
M 3-2	0.079	1.67
Mi 4-0	0.000	0.05
Mi 4-1	0.068	1.44
Mi 4-2	0.071	1.51
J 5-0*	0.014	0.34
J 5-1	0.041	0.89
J 5-2	0.044	0.95
V 6-0*	0.015	0.31
V 6-1	0.103	1.80
V 6-2	0.088	1.55
S 7-0*	0.014	0.29
S 7-1	0.080	1.41
S 7-2	0.087	1.53

* Control corresponde agua para riego del PMS, ver Anexo A.

** Nd No fue detectado