

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS, LNA.**

**AREA FISICOQUÍMICA SECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES
SECCIÓN DE MUESTREO LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS
ESTUDIOS Y PROYECTOS DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS BÁSICOS
OPERADORES DE SISTEMAS DE DEPURACIÓN**

INFORME ANUAL 2004

**CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES EN LOS SISTEMAS DE DEPURACIÓN
OPERADOS y ADMINISTRADOS POR AyA y ESTUDIOS ESPECIALES DE
INTERÉS INSTITUCIONAL.**

COSTA RICA

**Preparado por: Lic. Químico José Miguel Ramírez Corrales
Colaboración de: Asistente Químico I, Eduardo Salazar Mesén**

ENERO – DICIEMBRE 2004



**Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados
Centro de Documentación e Información
UEN Investigación y Desarrollo**



**AUTORIZACIÓN INSTITUCIONAL PARA PUBLICAR TESIS, ESTUDIOS,
ARTÍCULOS Y/O INFORMES PROPIEDAD INTELECTUAL DE AyA EN
EL REPOSITORIO DIGITAL DEL CEDI**

Yo, Annette Henchoz Castro

N° Cédula: 1-0725-0409

Dependencia: Gerencia General

Autorizo como Sub Gerente General y representante legal del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA) cédula jurídica 4-000-042138 al Centro de Documentación e Información (CEDI) de la UEN Investigación y Desarrollo la inclusión, publicación y difusión en su Repositorio Digital, Catálogo en línea (OPAC) y la intranet institucional de la documentación incluida en la lista adjunta.

Se trata de estudios y documentos cuyos derechos intelectuales y de uso son exclusivos de nuestra institución.

E-mail: centrodoc@aya.go.cr **N° Teléfono:** 2242-5487

Annette
Henchoz Castro

Firmado digitalmente por
Annette Henchoz Castro
Fecha: 2019.11.25 16:07:20
-06'00'

Firma: _____

**INSTITUTO COSTARRICENSE DE ACUEDUCTOS Y ALCANTARILLADOS
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS, LNA.**

PERSONAL INSTITUCIONAL PARTICIPANTE

ACTIVIDADES DE MUESTREO

Marlen Viquez Guerrero, LNA.
Héctor Salazar Mora, LNA.
Eduardo Salazar Mesén, LNA.
Carlos Mejía Vargas, LNA.
Rodrigo Arronis Fonseca, LNA.
Edgar Serrano Gamboa, LNA.
Leslie Canales Leiva, LNA.
Gustavo Brenes Salas, LNA.
Roberto Fonseca Chanto, LNA.
German Salazar Mora, LNA.
Carlos Durán Garita, LNA.
Jesús Vega Molina (Proyecto de graduación, Tesis Biología, U.N.A.)
José Quirós Sanabria (Estudio en Aguas Superficiales)
Melvin Matamoros Fernández (Región Pacífico Central)
Mario Arias Cabezas (Región Pacífico Central)
Enrique Reinold Sánchez (Región Pacífico Central)
Miguel Marchamalo Sacristán (Proyecto de Tesis Doctoral, Universidad Madrid España)
Rosita Esquivel Castro (Proyecto de graduación, Tesis Ingeniería Civil, U.C.R.)
Cynthia Jiménez (Proyecto de graduación, Tesis Química Industrial, U.N.A.)

AREA FISICOQUÍMICA, SECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES

Eduardo Salazar Mesén
José Miguel Ramírez Corrales

DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS BÁSICOS

Adrián Rojas Barrantes
Adonay Carrillo G.
Elicinio Segura R.
José Aniseto Ordóñez Torres

DIGITALIZACION DE REPORTES DE ANÁLISIS AGUAS RESIDUALES

Ana Lucía Chacón Thamez

**CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES EN LOS SISTEMAS DE DEPURACIÓN
OPERADOS y ADMINISTRADOS POR AyA y ESTUDIOS ESPECIALES DE
INTERÉS INSTITUCIONAL.**

INDICE DE CONTENIDOS

	Página
1. Objetivos.....	1
2. Antecedentes.....	1
3. Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales y concentraciones máximas permisibles de contaminantes.....	2
4. Ubicación de los sitios de muestreo	3
5. Metodología	7
5.1 Trabajo de campo.....	7
5.2 Trabajo de laboratorio.....	8
5.3 Código holandés por colores y clasificación de cuerpos de agua.....	9
6. Presentación de los resultados de laboratorio	10
7. Discusión de resultados.....	53
8. Recomendaciones.....	56

ANEXOS

Anexo 1: Cronogramas de monitoreos para el año 2005	58
Cronograma 1: Programa de monitoreo: Lagunas de Estabilización.....	59
Cronograma 2: Programa de muestreos: Planta de Lodos Activados El Roble.....	60
Cronograma 3: Programa aforos y muestreo: Cuenca 24: Virilla – Tárcoles.....	61

CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES EN LOS SISTEMAS DE DEPURACIÓN OPERADOS y ADMINISTRADOS POR AyA y ESTUDIOS ESPECIALES DE INTERÉS INSTITUCIONAL.

1. Objetivos

- Caracterizar la calidad fisicoquímica del agua residual y evaluar la funcionalidad y estado actual de los sistemas de depuración de aguas residuales ordinarias domésticas que operan en la Provincia de Guanacaste en las ciudades de: Cañas, Liberia, Santa Cruz, Nicoya; en la Provincia de Puntarenas en El Roble y en la de San José en Pérez Zeledón.
- Mantener una base actualizada de información para la toma de decisiones que conlleven al saneamiento de la zona y priorización de mejoras que se obtengan de las recomendaciones y emisión de reportes operacionales.
- Programar mediante el cronograma anual de muestreos el plan de monitoreo que se desarrollará en el año 2005, de tal forma que siempre se mantenga como horizonte controlar y mejorar la calidad de los vertidos a los cauces receptores.
- Participar en los estudios analíticos de caracterización de la calidad fisicoquímica del agua en colectores y subcolectores de la Gran Area Metropolitana, cuencas hidrográficas de interés institucional, canon ambiental por vertidos, clasificación de cuerpos de agua, vertidos efluentes líquidos de industrias y beneficiado de café, estudios sobre plantas de potabilización y depuración de aguas residuales.

2. Antecedentes

El AyA cuenta con sistemas de tratamiento de aguas residuales en seis zonas del país, cuatro de ellas operan bajo la modalidad de Lagunas Facultativas de Estabilización en Guanacaste: Nicoya, Santa Cruz, Liberia y Cañas y una en San José: San Isidro de Pérez Zeledón. Además se cuenta con una planta de Lodos Activados Convencional en Puntarenas.

En el Laboratorio Nacional de Aguas se ha mantenido un control periódico de la calidad de las aguas crudas y tratadas para establecer la eficiencia de los sistemas de depuración y sobre el cauce receptor aguas arriba y abajo de los efluentes lagunares, con el fin de monitorear el impacto ambiental sobre esas corrientes de agua. Se remite a las regiones correspondientes toda la información obtenida y se confeccionan los reportes operacionales respectivos para ser refrendados, antes de su envío al Ministerio de Salud.

En el Laboratorio Nacional de Aguas se participó durante este año en un variado número de actividades de caracterización y evaluación de calidad de agua, entre las más sobresalientes que se destacan en este informe están: el estudio para Tesis sobre la evaluación de las aguas que abastecen las plantas de potabilización del Instituto en el Valle

Central del país; análisis de aguas superficiales para la clasificación de cuerpos de agua; campañas sobre aforos y muestreos en el principal colector de Limón, con el objeto de conocer el caudal y la calidad del agua residual transportada hacia el océano por medio del emisario submarino de esa ciudad. Estudios en aguas marinas en sitios cercanos a la descarga futura del emisario submarino de Limón. Se evaluaron sistemas de tratamiento de aguas residuales como la de Cipreces en Curridabat; André Challé en Coronado, Urbanización Entebé de Tres Ríos

3. Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales y concentraciones máximas permisibles de contaminantes

De acuerdo con la reglamentación los efluentes tratados de las descargas lagunares y de la planta de lodos activados se catalogan como aguas residuales de tipo ordinario o aquella generada por las actividades domésticas del hombre. El AyA al disponer de sistemas de tratamiento como entidades generadoras de vertidos líquidos hacia cuerpos de agua receptores está en la obligación de remitir informes operacionales que deberá presentar periódicamente ante la División de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud.

En el Reglamento se establecen los parámetros fisicoquímicos y los límites de concentración que deberán ser estudiados en muestras compuestas en las aguas residuales tratadas, Tabla 6 y artículo 27 del citado Decreto, que se vierten en el cuerpo receptor, los cuales deberán incorporarse en los reportes operacionales mencionados. En el Cuadro 3.1 se presenta la información requerida para los informes operacionales.

Cuadro 3.1 Límites máximos permitidos para el vertido de aguas residuales tratadas de origen doméstico.

PARÁMETRO	LÍMITE MÁXIMO
* Temperatura, T, °C	15 < T < 40
* Potencial de hidrógeno, pH	5 a 9
*Sólidos Suspendidos Sedimentables, SSS, mL/L/hr	1,0
*Caudal, L/s	**
Materia flotante	Ausente
Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO, mg/L	50
Sólidos Suspendidos Totales, SST	50
Grasas y Aceites, G y A, mg/L	30
Coliformes fecales	no especificado

Observaciones:

* No requieren ser practicados por un laboratorio acreditado, sin embargo deberán ser incorporados en el reporte operacional.

** La forma de medir y reportar el caudal está indicada en las guías redactadas por la división de saneamiento ambiental.

Los coliformes fecales se han considerado en ese reglamento como un análisis obligatorio únicamente para el efluente final, sólo partiendo del hecho de que las aguas residuales que se están vertiendo en un cuerpo de agua tiene uso potencial para actividades recreativas de contacto primario. El límite máximo permisible para este parámetro no se específica, excepto cuando se utiliza reuso de aguas residuales.

Como los sistemas de tratamiento del AyA generan caudales mayores de 100 m³ al día, la frecuencia mínima de muestreo y análisis para sus aguas residuales, será como sigue: Para los parámetros temperatura, pH, sólidos suspendidos sedimentables, materia flotante y caudal, la frecuencia de muestreo será diaria y la información debe generarse en el sitio mismo por parte de personal de la región. Para los demás parámetros obligatorios, DBO, grasas y aceites, sólidos suspendidos totales la frecuencia de muestreo es trimestral.

La información debe obtenerse a partir de muestreo compuesto de 4 horas como mínimo y los análisis practicarse en el laboratorio. Así, se deberán realizar cuatro reportes operacionales anuales. Desde la puesta en vigencia del Decreto el Laboratorio Nacional de Aguas en coordinación con las regiones ha cumplido con la presentación de los Reportes Operacionales ante el Ministerio de salud.

4. Ubicación de los sitios de muestreo

Los colectores estudiados son los más representativos de la ciudad capital y su ubicación se detalla a continuación.

Cuadro 4.1 Ubicación de los sitios de aforo y muestreo en los colectores metropolitanos

Sistema	Tipo de agua	Ubicación
Subcolector Rivera A	Cruda sin tratamiento	Moravia Los Colegios
Subcolector Tibás	Cruda sin tratamiento	Cuatro Reinas de Tibás
Subcolector Cucubres	Cruda sin tratamiento	Desamparados
Colector María Aguilar	Cruda sin tratamiento	Hatillo 8
Colector Rivera B	Cruda sin tratamiento	Detrás Hospital México
Colector Hatillo	Cruda sin tratamiento	Hatillo 6
Colector Cangrejos	Cruda sin tratamiento	Bajo Tournon

Las lagunas de estabilización facultativas de Cañas se localizan a 200 metros al sur de la Estación de Servicio Texaco, en el Barrio San Cristóbal, a un costado de la Carretera Interamericana. El número de conexiones al sistema de alcantarillado sanitario para el año 2003 es mayor de 1200 servicios, para una población cubierta de aproximadamente 5500 habitantes, basados en un factor de 4.5 habitantes por conexión. Durante el año 2002 entraron en operación 3 nuevas lagunas en el sistema de Cañas con lo cual se obtuvo un sistema de depuración lagunar de 4 lagunas, similar al que esta operando en Libería. Entre los altos consumidores de agua que a su vez aportan caudales altos al alcantarillado se han identificado las siguientes entidades: el Mercado Municipal de Cañas; estaciones de servicio que incluyen venta de combustible y lavado de vehículos; terminal de autobuses de Cañas.

El sistema lagunar de Liberia está ubicado en el Barrio Capulín, en la parte trasera de una finca propiedad de A y A, donde se ubica el Plantel El Capulín. Las Lagunas de Liberia procesan las aguas de aproximadamente 3000 servicios conectados al alcantarillado sanitario, para una población cubierta de alrededor de 14000 habitantes. Los aportes de caudales altos sobre el alcantarillado que se han identificado en esta ciudad lo generan las siguientes entidades: el Mercado Municipal de Libería; Hoteles: Guanacaste, Las espuelas, El Sitio y Libería; Hospital Edgardo Baltodano; terminales de autobuses de Libería; estaciones de servicio que incluyen venta de combustible y lavado de vehículos.

El Sistema Lagunar de Santa Cruz está ubicado en el Barrio Buenos Aires, rodeadas por el Río Diría. Estas lagunas procesan las aguas de más de 1350 servicios conectados al alcantarillado, para una población cubierta superior a 6000 habitantes. Los aportes de caudales altos al alcantarillado identificados en esta ciudad lo generan las siguientes entidades: el Mercado Municipal de Santa Cruz; Clínica de Seguro Social; terminales de autobuses de Santa Cruz; estaciones de servicio que incluyen venta de combustible y lavado de vehículos.

El Sistema Lagunar de Nicoya está ubicado en el Barrio La Virginia en una propiedad que pertenece al AyA y de escasa presión urbanística, rodeadas por el Río Grande. Los servicios conectados a este sistema de tratamiento superan los 1250, para una población cubierta mayor de 5600 habitantes. Los altos contribuyentes de caudal al alcantarillado que se han identificado en esta ciudad lo generan las siguientes entidades: el Mercado Municipal de Nicoya; Hotel Nicoya; Hospital La Anexión de Nicoya; terminales de autobuses de Nicoya; estaciones de servicio que incluyen venta de combustible y lavado de vehículos.

El Sistema Lagunar de Pérez Zeledón está ubicado en el Barrio El Hoyón, rodeadas por el Río San Isidro en cual sirve de cauce receptor de los vertidos. El número de conexiones al sistema de alcantarillado sanitario para el año 2003 es alrededor de 2300 servicios, para una población cubierta superior a 11000 habitantes. Los altos aportes de caudal al alcantarillado que se han identificado en esta ciudad lo generan las siguientes entidades: el Mercado Municipal de San Isidro; Hotel Chirripó; Hospital de Pérez Zeledón; terminales de autobuses Musoc y Tracopa; estaciones de servicio que incluyen venta de combustible y lavado de vehículos.

La Planta de tratamiento por la modalidad de lodos activados de El Roble Puntarenas se localiza en el barrio del mismo nombre. Los aportes de altos caudales al alcantarillado que se han identificado en este sector de Puntarenas lo generan las siguientes entidades: Hotel Fiesta; Penitenciaría; Hospital Moseñor Sanabria y Zona Franca de El Roble.

Para los sistemas lagunares se han estudiado y fijados varios sitios con el objeto de evaluar las eficiencias de tratamiento respectivas y además que permitan emitir los reportes operacionales. Los sitios de interés se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.2 Ubicación de sitios de muestreo en los sistemas operados por AyA.

Sistema de depuración	Tipo de agua	Ubicación
Lagunas de Liberia y Cañas (operación de 4 lagunas en paralelo y serie)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Crudas sin tratamiento ➤ Tratadas primer orden 1 ➤ Tratadas primer orden 2 ➤ Tratadas segundo orden 3 ➤ Tratadas segundo orden 4 ➤ Mezcla de efluentes tratados de segundo orden ➤ Superficial 1 ➤ Superficial 2 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ P1 Cámara de ingreso ➤ P2 Salida laguna primaria 1 ➤ P3 Salida laguna primaria 2 ➤ P4 Salida laguna secundaria 3 ➤ P5 salida laguna secundaria 4 ➤ P6 Mezcla de efluentes, descargados al Río receptor. ➤ S1 Río receptor, 100 m aguas arriba ➤ S2 Río receptor, 400 m aguas arriba
Lagunas de Santa Cruz, Nicoya y Pérez Zeledón. (operación de dos lagunas en paralelo)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Crudas sin tratamiento ➤ Tratadas primer orden 1 ➤ Tratadas primer orden 2 ➤ Mezcla de efluentes tratados de primer orden ➤ Superficial 1 ➤ Superficial 2 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ P1 Cámara de ingreso ➤ P2 Salida laguna primaria 1 ➤ P3 Salida laguna primaria 2 ➤ P4 Mezcla de efluentes, descargados al cauce receptor ➤ S1 Río receptor, 100 m aguas arriba ➤ S2 Río receptor, 300 m aguas abajo
Planta de Lodos Activados de El Roble	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Cruda sin tratamiento ➤ Tratada 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ P1 Canal Parshall, después de tamizado ➤ P2 Salida de sedimentadores secundarios, efluente final.

Para el estudio de las corrientes de agua de la Cuenca Virilla – Tárcoles se utilizará en el año 2004 la localización detallada en el Cuadro 4.3, esto asociado con el cronograma de monitoreo presentado al final de este informe. Estos sitios fueron aprobados entre funcionarios del LNA y MINAE.

Para el estudio de las corrientes de agua de la Cuenca Virilla – Tárcoles se utilizó el año anterior la localización detallada en el Cuadro 4.4, en el marco de la consultoría del Dr. Luis Camacho para la modelación de la calidad y calibración del Modelo Qual 2k..

Cuadro 4.3: Ubicación de los sitios de muestreo y aforos para el monitoreo de la contaminación en cuerpos de agua de la Cuenca 24: Virilla–Tárcoles. Período 2004.

N	RÍO	NIVEL m.s.n. m	Código	DIRECCIÓN Y SEÑAS	Coordenadas	
					LATIT	LONG.
1	Virilla	1140	V – 1	Puente Florida de Tibás	217.35	530.30
2	Virilla	1000	V – 3	Puente San José - Heredia, por Jardines del Recuerdo	216.00	524.30
3	Uruca		U – 1	Valle del Sol, camino paralelo a la Qda. Pilas, antes de la confluencia con el Río Virilla.	214.3	512.10
4	Virilla	860	V – 5	Puente de Mulas, San Antonio de Belén	216.90	516.50
5	Torres		To – 4	Detrás Tobías Bolaños	218.00	521.50
6	M ^a Aguilar		Ma – 4	Puente Hatillo – Calle Morenos	211.70	526.00
7	Tiribí		Ti – 3	Puente Hatillos – Alajuelita	210.30	525.50
8	Tiribí		Ti – 4	Carretera a Escazú	213.00	523.00
9	Bermúdez		B – 4	Barreal de Heredia	217.30	520.50
10	Bermúdez		B – 2	200 m delante entrada PH Belén vía Potrerillos, en el puente peatonal, antes de la confluencia con el Río Virilla.	216.55	512.80
11	Segundo		S – 1	Bajo La Sorda	219.40	514.50
12	Segundo		S – 2	500 m arriba puente Nuestro Amo, antes del canal de derivación a la PH y de la confluencia con el Río Virilla.	214.90	507.90
13	Ciruelas		C – 1	Autopista Bernardo Soto	220.25	512.70
14	Ciruelas		C – 2	Ventanas, antes del punto de confluencia con el Río Virilla	212.05	502.40
15	Poás		Po-1	Monticel, antes de la confluencia con el Río Grande.	220.00	499.00
16	Tizate		Tz-1	Puente que comunica Las Juntas con la PH La Garita, antes de la confluencia con el Río Grande.	213.50	497.70
17	Alajuela		Al – 1	Calle Limón, entre la Garita y Cebadilla, antes de la confluencia con el Río Grande	216.8	499.15
18	Grande		Ga – 1	PH La Garita, Cebadilla, antes confluencia con Virilla.	213.30	497.10
19	Tárcoles	570	Ta – 2	PH Nuestro Amo	212.83	507.05
20	Tárcoles	267	Ta – 5	Balsa de Atenas	212.20	436.35
21	Turrúbares		Tu – 1	Puente Orotina - Turrubares		
22	Tárcoles	52	Ta – 7	Puente Orotina - Turrubares		
23	Tárcoles	2	Ta - 10	Puente hacia Jacó arriba desembocadura, sin mareas	188.20	470.00

OBSERVACIONES:

PH: Planta hidroeléctrica.

Cuadro 4.4 Localización de estaciones de muestreo para el monitoreo de los ríos de la Cuenca 24: Virilla - Tárcoles. Período de estudio: 10-11-12 de julio 2003.

N	Código	Detalle sobre localización del río
1	V-1	Virilla, puente en ruta 101, San Miguel de San Vicente de Moravia
2	V-3	Virilla, puente en ruta 1, entre San José y Heredia, por Jardines del Recuerdo
3	To-4	Torres, aguas arriba del puente en Bajo Los Ledezma
4	Ti-4	Tiribí, puente en ruta 7, Los Anonos Escazú.
5	V-5	Virilla, 500 metros aguas arriba de Puente Mulas
6	V-6	Virilla, aguas abajo presa Puente Mulas (efecto sedimentación y reaireación)
7	V-7	Virilla, 100 m aguas abajo en el canal de derivación Puente Mulas.
8	B-8	Bermúdez, en puente peatonal, 200 m entrada P.H Belén, vía Potrerillos
9	V-9b	Virilla, aguas abajo de la descarga de la turbina P.H Belén
10	U-10	Uruca, en la autopista Próspero Fernández cerca de su confluencia
11	V-12	Virilla, aguas abajo embalse PH Brasil (efecto sedimentación y reaireación)
12	S-14	Segundo, 500 m arriba puente Nuestro Amo, antes canal de derivación a P.H
13	V-16	Virilla, aguas arriba del embalse toma Virilla
14	Ta-2	Virilla, estación hidrométrica Nuestro Amo
15	Ala-1	Alajuela
16	Ga-1	Grande, embalse Ventanas Garita
17	Ga-2	Grande, puente Ventanas Garita
18	Ga-3	Grande, abajo descraga P.H Ventanas Garita
19	Ta-5	Grande de Tárcoles, estación hidrométrica La Balsa
20	Ta-7	Grande de Tárcoles, carretera a Orotina
21	Tu-1	Turrubares, carretera San Juan de Mata a Orotina, en le sitio palmar
22	Ta-10	Grande de Tárcoles, puente costanera hacia Jacó
23	Ta-11	Grande de Tárcoles, desembocadura en el Golfo sin influencia maredal

Observaciones: P.H= Planta Hidroeléctrica.

5. Metodología

5.1 Trabajo de campo

- En el sitio de interés seleccionado se cuantifica puntualmente el flujo ó caudal del agua, utilizando el método de medición de la altura en la canaleta Parshall, molinete ó volumétrico.
- Se anota el caudal en una hoja de registro especial que identifica el sitio de muestreo y/o el cauce receptor, el personal involucrado en la recolección de muestras, estado del tiempo, aspecto del agua, el día y hora del monitoreo.
- Simultáneamente a la medición del caudal se registra In Situ la temperatura del agua y la del ambiente a la sombra, mediante un termómetro.
- Paralelamente a la medición del caudal y a la determinación de la temperatura se recolecta un volumen de 1 litro de agua cada hora, durante 4 horas distintas en las aguas

crudas y tratadas de los sistemas lagunares, en un recipiente plástico identificado con un número el cual queda debidamente registrado en las hojas de campo, para cada sitio.

- ❑ En botellas bacteriológicas esterilizadas se recolecta en los efluentes descargados, una sola vez, agua para el análisis microbiológico.
- ❑ Para los sistemas lagunares los muestreos siempre fueron en períodos diurnos, en las jornadas laborales normales.
- ❑ En el caso de los colectores y subcolectores se cuantificaba en forma horaria, durante 24 horas, el flujo ó caudal del colector. Paralelamente a la medición del caudal se recolectaba un volumen de 1 litro de agua en el centro de la corriente del colector, en un recipiente plástico identificado con un número. En el laboratorio se integró una muestra compuesta a partir de las 24 submuestras para cada colector, mediante el método proporcional al caudal horario.
- ❑ En el caso de los muestreos en El Roble de Puntarenas fueron de tipo compuesto para 24 horas de monitoreo continuo, con recolección de muestras de un litro en forma bihoraria.
- ❑ Las muestras se colocan en hieleras con hielo a 4 ° C para evitar su degradación y variación en el tiempo para su transporte al Laboratorio Nacional de Aguas, siempre en un lapso menor a las 24 horas después de recolectada la muestra.
- ❑ La frecuencia de los monitoreos es trimestral en los sistemas de tratamiento del AyA, resultando aproximadamente en cuatro reportes operacionales por año para cada efluente descargado.
- ❑ Se ha establecido por normas de seguridad no utilizar el sistema de encomiendas para el transporte de muestras de aguas residuales.

5.2 Trabajo de Laboratorio

- ❑ Las muestras compuestas y puntuales son sometidas a una caracterización fisicoquímica determinando el contenido de materiales orgánicos en términos de DBO, DQO y COT, nutrientes como fósforo, compuestos nitrogenados como amonio y nitratos y otros constituyentes. Se uso la modalidad de muestreo compuesto para el agua cruda y tratada de los sistemas de depuración y muestreo puntual para el cauce receptor.
- ❑ El análisis bacteriológico se basó en la determinación de los coliformes fecales.
- ❑ La certificación sobre la calidad de las muestras de agua se reportó en las hojas de informe respectivas debidamente selladas y firmadas por el profesional encargado de la sección de aguas residuales.
- ❑ Los resultados de los efluentes finales de los sistemas de tratamiento se utilizan para la confección de Reportes Operacionales que son remitidos al Ministerio de Salud.

- Las variables analizadas para confeccionar los reportes operacionales son aquellas establecidas en el Reglamento de Vertidos y Rehusos de Aguas Residuales, concretamente: Demandas Bioquímica y Química de Oxígeno, DBO y DQO, Grasas y Aceites, Sólidos Suspendedos Sedimentables, SSS, Sólidos Suspendedos Totales, SST, Materia Flotante, Potencial de Hidrógeno y pH.

Para los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos se siguieron las metodologías del **Standard Methods For The Examination of Water and Wastewater, 18 th Edition 1992**, de la APHA, AWWA and WEF.

5.3 Codificación holandesa por colores y clasificación de cuerpos de agua.

Las aguas superficiales analizadas durante este periodo 2003 fueron clasificadas de acuerdo al método holandés de valorización de la calidad del agua, el cual ha sido sometido a aprobación en la propuesta de Reglamentación de Calidad de Cuerpos de Agua impulsada por el MINAE. En el Cuadro 5.1 se dan los ámbitos de variación de los parámetros PSO, DBO y Nitrógeno de Amonio para obtención de puntos ponderados en cada variable. En el Cuadro 5.2 se puede obtener la clasificación una vez obtenida la sumatoria de puntos de acuerdo a la calidad del cuerpo de agua, permitiéndose asignar una de las 5 categorías de calidad a la masa de agua.

Cuadro 5.3.1 Sistema holandés de valorización de la calidad del agua para cuerpos receptores.

PUNTOS	PSO, %	DBO, mg/L	N-NH₄,mg/L
1	91 - 110	< = 3	< 0.50
2	71 - 90 111 - 120	3.1 - 6.0	0.50 - 1.0
3	51 - 70 121 - 130	6.1 - 9.0	1.1 - 2.0
4	31 - 50	9.1 - 15	2.1 - 5.0
5	< = 30 y > 130	> 15	> 5.0

Observaciones:

PSO: Porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, O.D. Se obtiene de la relación entre el O.D. real obtenido en el sitio de medición y el O.D. teórico correspondiente a la condición del agua limpia a la presión atmosférica y la temperatura en el mismo sitio de medición.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno, obtenida en condiciones estándar de 20 ° C e incubación durante 5 días.

Cuadro 5.3.2 Sistema holandés de codificación por colores, basado en valores de PSO, DBO y Nitrógeno de Amonio.

CLASE	SUMATORIA DE PUNTOS	CODIGO DE COLOR	INTERPRETACIÓN DE CALIDAD
1	3	AZUL	SIN CONTAMINACIÓN
2	4 – 6	VERDE	CONTAMINACIÓN INCIPIENTE
3	7 – 9	AMARILLO	CONTAMINACIÓN MODERADA
4	10 – 12	ANARANJADO	CONTAMINACIÓN SEVERA
5	13 - 15	ROJO	CONTAMINACIÓN MUY SEVERA

6. Presentación de los resultados de laboratorio

En los Cuadros del 6.1 al 6.6 se presentan los resultados analíticos para cada sistema de tratamiento administrado y operado por el instituto, realizados durante el periodo anual 2003, incluyendo los aforos, datos fisicoquímicos y bacteriológicos que permiten valorar el estado de funcionamiento actual de esos sistemas. Esta representa una importante recopilación y base de datos que se ha mantenido desde el año 2000 con lo cual hacer estudios retrospectivos de calidad, estimaciones de eficiencias en la depuración de los sistemas e impactos ambientales de las descargas del AyA.

En el Cuadro 6.7 se calculan las eficiencias promedio anuales respectivas de remoción de materia orgánica en términos de las Demandas Química y Bioquímica de Oxígeno (DQO y DBO), Sólidos Suspendidos Sedimentables, SSS, Sólidos Suspendidos Totales, SST y coliformes fecales para cada sistema de tratamiento administrado y operado por AyA, así como los valores promedio anuales del agua cruda y tratada de esas variables.

Para el oxígeno disuelto la información se da en términos de concentración. El nivel mínimo de OD, en los cauces receptores, para sustentar la vida acuática es de 4 mg/L, concentraciones menores generan molestias ambientales por malos olores y condiciones insalubres. Para la utilización del código de colores el O.D debe pasarse a porcentaje de saturación, utilizando el valor del OD dado por la temperatura del agua en el sitio de estudio.

Se cuantifican otros parámetros de interés como la conductividad, Carbono Orgánico Total, pH, contenidos de nitrógeno orgánico y amoniacal, fósforo, gama de sólidos y coliformes fecales como MNP/100mL, los cuales permiten verificar el impacto ambiental de las descargas lagunares sobre el cauce receptor y mantener una adecuada caracterización de la calidad de las aguas.

En el Cuadro resumen E9 - 1 se presentan los resultados analíticos obtenidos, en el año 2003, en la novena etapa de monitoreo y aforo del subcolector Cucubres en Desamparados, incluyendo los caudales y datos fisicoquímicos.

En el Cuadro resumen E9 – 2 se presentan los resultados analíticos obtenidos, en el año 2003, en la novena etapa de monitoreo y aforo del subcolector Rivera A en Moravia, incluyendo los caudales y datos fisicoquímicos.

Para los colectores se calcula la carga de DBO y DQO transportada en el sitio de monitoreo, en kilogramos por día. La carga contaminante se expresa también en términos de población equivalente utilizando un factor estadístico para el DBO de 54 y para el DQO de 120 gramos / habitante / día.

El Cuadro 6.8 presenta la evaluación de una Planta de Depuración anaeróbica tipo R.A.F.A. en la Urbanización Los Cenizaros en Poas de Aserrí, utilizada como proyecto de estudio por estudiantes de tesis en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica. Este tipo de estudios contribuyen a la comparación de la operatividad y eficiencias entre sistemas depuradores de aguas servidas.

En el Cuadro 6.9 se presenta un registro interlaboratorial a partir de la cosecha 1999-2000 y hasta la cosecha 2002 – 2003, de análisis de efluentes tratados de beneficios de café entre los Laboratorios del CICAFFE y el LNA. En esta información se refleja los esfuerzos desarrollados por los laboratorios participantes para alcanzar confiabilidad y reproducibilidad de las metodologías de análisis. Asimismo se aprecian los esfuerzos de los beneficiadores de café para alcanzar los niveles de calidad de sus descargas líquidas al ambiente receptor.

En el Cuadro 6.10 se presentan los análisis fisicoquímicos de lodos de tanques sépticos transportados por camiones cisterna y que descargan normalmente en colectores sanitarios ó en aguas superficiales. Esta información será utilizada como base reciente de calidad para diseñar opciones de tratamiento privadas a este tipo de materiales. En el LNA se realizó un exhaustivo estudio en años anteriores sobre el tratamiento de lodos sépticos en depósitos abiertos excavados en el suelo, tipo lagunas, como parte de una Tesis de graduación en Ingeniería Civil de la UCR del Sr. Jesús Chinchilla.

En el Cuadro 6.11 se presenta la caracterización de la calidad del agua superficial de cinco ríos utilizada para el proyecto de Reglamentación sobre la Clasificación de cuerpos de Agua impulsado por el Ministerio del Ambiente, MINAE. Sobre estos sitios también fue realizado una caracterización biológica para obtener el índice biológico por macroinvertebrados.

En el Cuadro 6.12 se presenta la caracterización y clasificación de la calidad del agua superficial del Río Naranjo en Puntarenas designado como futuro cauce receptor de la descarga del nuevo sistema de tratamiento de aguas residuales del Gran Puntarenas, esto con el fin de conocer la calidad actual y valorar el impacto ambiental futuro de dicha descarga.

En el Cuadro 6.13 se presenta la caracterización de la calidad de fuentes potenciales futuras de abastecimiento para la Planta de Potabilización de Guadalupe, como recursos alternos para reducir el uso de las aguas del Río Virilla a la altura de la captación de Coronado, fuertemente afectadas por mecanismos de contaminación urbana.

En los cuadros del 6.14 al 6.17 se presenta la caracterización y clasificación de la calidad del agua en cuatro sitios de monitoreo del Río Barranca, incluyendo el agua derivada hacia la planta potabilizadora de Barranca que abastece principalmente a Puntarenas. Se establece su clasificación actual con base en el sistema holandés de codificación.

En el Cuadro 6.18 se presenta la caracterización y clasificación de la calidad de las fuentes superficiales de abastecimiento a las principales plantas potabilizadoras del Valle Central del país, efectuados en dos periodos distintos. Se establece la clasificación actual de cada una de esas fuentes de abastecimiento a plantas potabilizadoras, con base en el sistema holandés de codificación.

En el Cuadro 6.19 se presenta la caracterización de la calidad del agua en 24 sitios de monitoreo de la Cuenca Virilla - Tárcoles como insumo principal para la “Modelación de la calidad del agua del Río Grande de Tárcoles”, utilizando el Modelo de Simulación QUAL 2K por el consultor Dr. Luis Alejandro Camacho.

En los cuadros del 6.20 y 6.21 se presenta la caracterización de la calidad del agua cruda y tratada de 8 sistemas de depuración de agua residuales en hoteles de playa en el Golfo de Papagayo, con esa información se hace un estimado de la eficiencia porcentual en términos de COT, DBO, DQO Grasa y aceites, SST y SSS.

7. Discusión de resultados

La caracterización realizada para los sistemas lagunares permitió cumplir para el año 2003 con los reportes operacionales correspondientes.

El sistema lagunar de Cañas fue ampliado de 2 a 4 lagunas de estabilización que entraron en operación a finales del año 2002. Se obtuvo en este año 2003 una mejor estabilidad de la calidad y una disminución sustancial de los niveles de contaminación. En general el cumplimiento a los criterios de calidad exigidos para la descarga de su efluente fueron aceptables para beneficio del Río Cañas.

El sistema más eficiente resultó el de Libería en razón de disponer de 4 lagunas maduras en operación, meta a la cual se espera llegar en todos los demás sistemas depuradores. Uno de los parámetros más relevantes a ser cumplido de acuerdo al Reglamento de Vertidos es un DBO menor de 50 mg/L en la descarga final, en el caso de Libería estos niveles siempre fueron muy inferiores a 50 mg/L, con promedio anual de 38 mg/L. Véase en el cuadro 6.7 las eficiencias respectivas por sistema depurador, en donde Libería tiene los más altos alcanzados en el año.

El sistema más ineficiente fue el de Pérez Zeledón en cuanto a la remoción del DQO, DBO y sólidos suspendidos totales. Presenta una eficiencia negativa en sólidos suspendidos totales producto de fallas en su operación relacionadas con ausencia de rejillas de pretratamiento, eliminación de natas sobrenadantes y/o sobrecarga por parte de los altos consumidores como lo es mercado central.

El sistema depurador de lodos activados en El Roble Puntarenas ha tenido un desempeño muy favorable en el período 2003, presentando niveles de DBO promedio anual de 33 mg/L, muy por debajo del nivel exigido de 50. La remoción de sólidos suspendidos totales resultando en el efluente final en 64 mg/L y sedimentables en 0.04 mL/L/hr se mejoro respecto a los últimos años de estudio como se puede constatar en los informes anuales anteriores.

Los resultados analíticos de la etapa 9 de colectores, cuadros E9-1 y E9-2 reflejan características típicas en aguas residuales domésticas. Este estudio deja una excelente caracterización de aguas servidas y conducidas por el alcantarillado sanitario en sectores específicos. Se efectuaron en total nueve estudios exhaustivos de caracterización sobre las aguas crudas de colectores metropolitanos permitiendo disponer de una excelente base de datos, disponible en el LNA.

La calidad determinada para el Río Naranjo en Puntarenas lo clasifica entre aguas con contaminación incipiente, clase 2, y moderada, clase 3. Es deseable que en el futuro la descarga potencial del efluente tratado del nuevo complejo de tratamiento para el Gran Puntarenas no modifique adversamente esta categoría. Se puede apreciar con base en las tres estaciones monitoreadas que esta cuerpo de agua posee pocos mecanismos de reaireación debido a su baja pendiente y por estar en áreas inundables y afectadas por el régimen maredal del estero.

Los recursos hídricos en especial el Río Durazno, Cuadro 6.13, son óptimos para ser utilizados como fuente para la potabilización en la Planta de Guadalupe. La Quebrada Venita por su parte no es adecuada para su utilización para consumo público debido a fuertes impactos por contaminación por porquerizas.

La calidad del Río Barranca en Puntarenas referido en el sitio de toma lo clasifica entre aguas sin contaminación, clase 1, Ligeramente contaminada, clase 2, y moderada, clase 3. Este amplio rango de variación se debe en parte a las actividades de extracción de materiales en el cauce arriba.

Las fuentes superficiales que abastecen las principales plantas del valle central del país varían estrechamente en su calidad entre las categorías clase 1 y 2, Cuadro 6.18, lo cual es muy favorable tomando en cuenta los crecientes mecanismos de alteración de las áreas superiores a los sitios de captación.

8. Recomendaciones

- ❑ El AyA no debe ser responsable del tratamiento en sus sistemas de depuración de los desechos industriales o de otro tipo diferentes al doméstico, sobre todo si estos no son compatibles con el mismo. En todos los sistemas de depuración se debe actualizar y determinar que tipo de descargas están llegando a las plantas de tratamiento administradas por AyA.
- ❑ No permitir en los sistemas de depuración del AyA la recepción de efluentes líquidos provenientes de sectores industriales, gasolineras, talleres mecánicos, hospitales y clínicas de la CCSS, industrias cárnicas, ya que estos deberán tener sus propias medidas de purificación de sus desechos y cumplir con la calidad exigida por ley.
- ❑ Caracterizar cualquier efluente diferente al doméstico previamente con el objetivo de determinar si se acepta o rechaza su conexión al alcantarillado sanitario.
- ❑ El AyA no puede permitir la descarga de los lodos de tanque sépticos en sus sistemas colectores y de tratamiento como lagunas facultativas. Mantener la prohibición rotunda sobre la recepción de los lodos de tanques sépticos por medio de camiones cisterna recolectores en las instalaciones del AyA.
- ❑ Ampliar todos los sistemas lagunares del AyA a nivel de segundo orden, tal y como se ha efectuado en Liberia y Cañas, para lograr una mayor reducción en los coliformes fecales, la DBO y los sólidos suspendidos totales. El valor de 1000 bacterias colifecales/100 mL no se alcanza prácticamente nunca en ninguno de los sistemas lagunares del AyA. Teóricamente, por cada nivel u orden de tratamiento en los sistemas lagunares se espera una reducción entre 10^5 y 10^3 . Con los sistemas actuales de primer orden es imposible llegar a cumplir bacteriológicamente con el Reglamento de Vertidos.

- ❑ Contratar personal suficiente para optimizar la operación y mantenimiento de las lagunas y zonas aledañas.
- ❑ Mantener el presupuesto suficiente y permanente para la operación y mantenimiento de los sistemas de depuración.
- ❑ Rehabilitar los sistemas de pretratamiento y mantener su repotenciación permanente.
- ❑ Construir vertederos ó dispositivos hidráulicos donde se pueda medir el caudal de entrada y de salida de las lagunas con la finalidad de cumplir con los reportes operativos.
- ❑ Mantener en optimo estado los taludes en las lagunas y rehabilitarlos periódicamente sin permitirse llegar a su total colapso.
- ❑ Conducir las salidas de las lagunas en forma apropiada y no por canal abierto tipo zanjón o desagüe.
- ❑ Colocar rótulos de advertencia y realizar una campaña de alerta a la población indicando el tipo de contaminación que se encuentra en los ríos Liberia, San Isidro, Diría y Grande.
- ❑ Tener dispositivos indicadores de los sitios en donde se requiere la recolección de muestras en los monitoreos programados, de tal modo que esas labores sean sistemáticas.
- ❑ Equipar como parte de los insumos necesarios de las plantas depuradoras la adquisición de equipo básico de laboratorio como instrumentos analíticos para variables de medición directa ó In Situ tales como pHmetro, conductímetro, oxímetro, termómetro.

ANEXOS

Anexo 1: Cronogramas de monitoreos para el año 2004

Cronograma 1: Cronograma de monitoreo para Lagunas de Estabilización.

Cronograma 2: Cronograma de monitoreo para la Planta de Lodos Activados de El Roble Puntarenas.

Cronograma 3: Cronograma de monitoreo para el estudio de las masas de agua en la Cuenca 24: Virilla - Tárcoles.

CRONOGRAMA 1
PROGRAMA DE MONITOREO PARA LAGUNAS DE ESTABILIZACION.
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS.
AREA FISICOQUIMICA, SECCION DE AGUAS RESIDUALES.
UNIDAD DE MUESTREO.
PERIODO 2004.

Año Mes	2004											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Sistema lagunar												
Libería (Hasta 8 muestras)	19 - 20		1 - 2		3 - 4		5 - 6		6 - 7		1 - 2	
Cañas (Hasta 8 muestras)	19 - 20		1 - 2		3 - 4		5 - 6		6 - 7		1 - 2	
Pérez Zeledón (Hasta 6 muestras)	26 - 27		22 - 23		17 - 18		19 - 20		20 - 21		15 - 16	
Nicoya (Hasta 6 muestras)		2 - 3		12 - 13		7 - 8		9 - 10		4 - 5		
Santa Cruz (Hasta 6 muestras)		2 - 3		12 - 13		7 - 8		9 - 10		4 - 5		

OBSERVACIONES:

- Las 8 muestras comprenden: agua sin tratar, salida de lagunas 1, 2, 3, 4 y mezcla de efluentes 3 y 4, río receptor aguas arriba y abajo.
- Las 6 muestras comprenden: agua sin tratar, salida de lagunas 1 y 2, y mezcla de efluentes 1 y 2, río receptor aguas arriba y abajo.
- En estos monitoreos se realizarán muestreos compuestos en el agua cruda, salidas de laguna y mezcla de efluentes tratados. Para esto se destinará un período de cuatro horas en cada sistema lagunar, recolectándose cuatro fracciones una a cada hora. No se efectuarán muestreos compuestos recolectando cuatro fracciones parciales en una hora.
- En el cauce receptor aguas arriba y abajo el muestreo será puntual instantáneo.
- Siempre se recogerá información de campo necesaria y básica como la medición de la altura de agua en la canaleta Parshall, fijación del oxígeno disuelto por el método de Winkler, temperatura ambiente y del agua en todos los sitios, observaciones de color, natas, olores, etc.
- El agua de la mezcla de las lagunas que corresponde al vertido al cauce receptor se utiliza a su vez como reporte operacional para ser presentado ante el Ministerio de Salud, con una frecuencia trimestral.

Preparado por: José Miguel Ramírez Corrales
 Sección de aguas residuales

CRONOGRAMA 2

**PROGRAMA DE MONITOREO PARA LA PLANTA DE LODOS ACTIVADOS DE EL ROBLE PUNTARENAS.
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS.
AREA FISICOQUÍMICA, SECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES.
REGIÓN PACÍFICO CENTRAL
UNIDAD DE MUESTREO.
PERÍODO AÑO 2004.**

Año	2004											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Mes												
Acciones												
Aforos, recolección de muestras compuestas, y análisis de agua en 2 sitios de muestreo: cruda y tratada	K 27	M 4	J 25	L 19	K 18	M 23	J 29	L 16	K 21	M 20	J 18	M 1

OBSERVACIONES:

- Las 2 muestras comprenden: una para el agua cruda antes del tamizado y otra para el efluente final.
- Para este programa los aforos y la recolección de muestras se realizan por parte del personal de la Región Pacífico Central, así como la determinación de las variables de campo (ph, temperatura ambiental y del agua, conductividad eléctrica, medición del oxígeno disuelto electrométrico y fijación del oxígeno disuelto por el método de Winkler). Finalmente los análisis se efectuarán en la Sección de Aguas Residuales del Laboratorio Nacional de Aguas.
- La fecha indicada corresponde al día del muestreo compuesto, por lo que al día siguiente las muestras deberán estar a las 8:00 a.m en el Laboratorio Nacional de Aguas.
- Nótese que en el año se tendrán datos de 2 diferentes lunes -L-, 3 martes -K-, 4 miércoles -M- y 3 jueves -J-.
- El agua de la salida que corresponde al efluente final de la Planta de Lodos Activados se utiliza como reporte operacional, mediante muestreo compuesto, para ser presentado ante el Ministerio de Salud con una frecuencia trimestral.

Preparado por: José Miguel Ramírez Corrales
Sección de aguas residuales

CRONOGRAMA 3

**PROGRAMA DE AFOROS Y MUESTROS PARA LA CUENCA 24: VIRILLA - TÁRCOLES.
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS, LNA.
AREA FISICOQUÍMICA, SECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES.
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS BÁSICOS
PERÍODO AÑO 2004.**

Año	2004											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Mes												
Acciones												
Aforos, recolección de muestras compuestas, y análisis de agua en sitios de muestreo en la Cuenca 24: Virilla - Tárcoles		23 24 25	29 30 31	26 27 28	24 25 26	28 29 30	26 27 28	30 31	27 28 29	25 26 27	29 30	

OBSERVACIONES:

- Para este programa los aforos y la recolección de muestras se realizan por parte del personal de Estudios Básicos, así como la determinación de las variables de campo (ph, temperatura ambiental y del agua, conductividad eléctrica, medición del oxígeno disuelto electrométrico y fijación del oxígeno disuelto por el método de Winkler). Finalmente los análisis se efectuarán en la Sección de Aguas Residuales del Laboratorio Nacional de Aguas.
- Las estaciones de monitoreo se dan en un cuadro aparte y han sido propuestas entre funcionarios del LNA y del MINAE.

Preparado por: José Miguel Ramírez Corrales
Sección de aguas residuales

CRONOGRAMA 3

**PROGRAMA DE AFOROS Y MUESTROS PARA LA CUENCA 24: VIRILLA - TÁRCOLES.
LABORATORIO NACIONAL DE AGUAS, LNA.
AREA FISICOQUÍMICA, SECCIÓN DE AGUAS RESIDUALES.
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS Y PROYECTOS DEPARTAMENTO DE ESTUDIOS BÁSICOS
PERÍODO AÑO 2005.**

Año	2005											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Mes												
Acciones												
Aforos, recolección de muestras compuestas, y análisis de agua en sitios de muestreo en la Cuenca 24: Virilla - Tárcoles		21 22 23	28 29 30	25 26 27	23 24 25	23 24 25	18 19 20	22 23 24	26 27 28	24 25 26	28 29 30	5 6 7

OBSERVACIONES:

- Para este programa los aforos y la recolección de muestras se realizan por parte del personal de Estudios Básicos, así como la determinación de las variables de campo (ph, temperatura ambiental y del agua, conductividad eléctrica, medición del oxígeno disuelto electrométrico y fijación del oxígeno disuelto por el método de Winkler). Finalmente los análisis se efectuarán en la Sección de Aguas Residuales del Laboratorio Nacional de Aguas.
- Las estaciones de monitoreo se dan en un cuadro aparte y han sido propuestas entre funcionarios del LNA y del MINAE.

Preparado por: José Miguel Ramírez Corrales
Sección de aguas residuales