

CEER- T-53

**CONCENTRACION DE BACTERIAS COLIFORMES Y
CONTAJE TOTAL DE BACTERIAS DEL SISTEMA DE PURIFICACION
DE AGUAS DOMESTICAS BASADO EN LA
ASOCIACION DE JACINTOS DE AGUA**

P. ORONA Y J. VILLAMIL

DICIEMBRE 1979

Facultad de Ciencias Biosociales
Escuela Graduada de Salud Pública
Departamento de Salud Ambiental
Recinto de Ciencias Médicas
Universidad de Puerto Rico

Centro para Estudios Energéticos y Ambientales
Division de Ecología Terrestre
Universidad de Puerto Rico



CENTER FOR ENERGY AND ENVIRONMENT RESEARCH
UNIVERSITY OF PUERTO RICO — U.S. DEPARTMENT OF ENERGY

CONCENTRACION DE BACTERIAS COLIFORMES Y
CONTAJE TOTAL DE BACTERIAS DEL SISTEMA DE PURIFICACION
DE AGUAS DOMESTICAS BASADO EN LA
ASOCIACION DE JACINTOS DE AGUA

P. ORONA Y J. VILLAMIL
DICIEMBRE 1979

Facultad de Ciencias Biosociales
Escuela Graduada de Salud Pública
Departamento de Salud Ambiental
Recinto de Ciencias Médicas
Universidad de Puerto Rico

Centro para Estudios Energéticos y Ambientales
Division de Ecología Terrestre
Universidad de Puerto Rico

CENTER FOR ENERGY AND
ENVIRONMENT RESEARCH (CEEER)
READING ROOM
MAYAGUEZ, PUERTO RICO 00708

RESUMEN

La utilización del jacinto de agua como biofiltro para la clarificación de las aguas cloacales e industriales se encuentra en estos momentos en su fase de desarrollo.

Uno de los criterios a tomarse en cuenta en el diseño de un sistema de clarificación basado en los jacintos de agua es el de determinar la presencia de microorganismos fecales para el mantenimiento de la pureza del agua. Los parámetros a usarse son: fermentación de tubos múltiples (presuntiva, confirmada y completada), y conteo total de bacterias. Dichos parámetros reflejarán diseminación o reducción de microorganismos bajo el concepto del jacinto de agua.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
AGRADECIMIENTO	ii
RESUMEN	iii
LISTA DE TABLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vii
I INTRODUCCION.....	1
II MATERIALES Y METODOS.....	12
III RESULTADOS Y DISCUSION.....	18
IV RESUMEN.....	38
V CONCLUSIONES	39
BIBLIOGRAFIA	40

LISTA DE TABLAS

Página

Tabla I.- Necesidades Investigativas (de Robinson, 1976).....	6
Tabla II.- Hora y fecha en que se tomaron las 15 muestras de la investigación	16
Tabla III.- Relación de muestras tomadas en el sistema experimental de jacintos.....	17
Tabla IV.- Promedio de los resultados de las pruebas presuntiva, confirmada y completada para coliformes durante el mes de febrero, 1979.....	19
Tabla V.- Promedio muestreo No. 1, 2, 3, 4 para la prueba de NMP y el 95% de confiabilidad para varias combinaciones negativas y positivas en proporciones de 3-10 ml, 3-1 ml y 3.1 ml durante el mes de febrero	20
Tabla VI.- Contaje total del número de bacterias/ml durante el mes de febrero.....	22
Tabla VII.- Promedio de los resultados de las pruebas presuntiva, confirmada y completada para coliformes durante el mes de abril, 1979.....	25
Tabla VIII.- Promedio de muestreos #5-10 para la prueba de NMP y el 95% de confiabilidad para varias combinaciones de resultados negativos y positivos en proporciones de 3-10 ml, 3-1 ml, 3.1 ml durante el mes de abril.....	26
Tabla IX.- Contaje total del número de bacterias/ml durante el mes de abril	29
Tabla X.- Promedio de los resultados de las pruebas presuntiva, confirmada y completada para coliformes durante el mes de mayo.....	31

Cont. Lista de Tablas

Página

Tabla XI.- Promedio muestreo No. 11-#15 para la prueba de NMP y su 95% de confiabilidad para varias combinaciones de resultados negativos y positivos en proporciones de 3-10 ml, 3-1 ml, 3-.1 ml durante el mes de mayo.....	32
Tabla XII.- Contaje total del número de bacterias/ml durante el mes de mayo.....	35
Tabla XIII.- Promedio de los resultados de las pruebas de E. coli para determinar presencia de org. fecales de 3-10 ml, 3-1 ml, 3.1 ml durante los meses de abril y mayo.....	37

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1.- Planta de tratamiento de aguas negras en El Conquistador	3
Figura 2.- Volumen promedio de la planta de tratamiento por hora en El Conquistador	4
Figura 3.- Sistema de retención de aguas a tiempos de 1, 2, 4, 8 y 16 días.....	9
Figura 4.- Detalle de una piscina de retención.....	10
Figura 5.- Pruebas presuntiva, confirmada y completada.....	13
Figura 6.- Gráfica comparativa de los promedios y el 95% de confiabilidad para la prueba de NMP de bacterias/100 ml en el lugar de muestreo durante el mes de febrero.....	21
Figura 7.- Promedio del conteo total del número de bacterias/ml vs. lugar de muestreo durante el mes de febrero.....	23
Figura 8.- Gráfica comparativa de los promedios y el 95% de confiabilidad para la prueba de NMP de bacterias/100 ml en el lugar de muestreo durante el mes de abril	27
Figura 9.- Promedio del conteo total del número de bacterias/ml vs. lugar de muestreo durante el mes de abril	30
Figura 10.- Gráfica comparativa de los promedios y el 95% de confiabilidad para la prueba de NMP de Bacterias/100 ml en el lugar de muestreo durante el mes de mayo de 1979	33
Figura 11.- Promedio del conteo total del número de bacterias/ml vs. lugar de muestreo durante el mes de mayo.....	36

Cont. Lista de Tablas

Página

Tabla XI.- Promedio muestreo No. 11-#15 para la prueba de NMP y su 95% de confiabilidad para varias combinaciones de resultados negativos y positivos en proporciones de 3-10 ml, 3-1 ml, 3-.1 ml durante el mes de mayo.....	32
Tabla XII.- Contaje total del número de bacterias/ml durante el mes de mayo.....	35
Tabla XIII.- Promedio de los resultados de las pruebas de E. coli para determinar presencia de org. fecales de 3-10 ml, 3-1 ml, 3.1 ml durante los meses de abril y mayo.....	37

I INTRODUCCION

La utilización de los jacintos de agua, Eichhornia crassipes, como biofiltro para la clarificación de las aguas cloacales e industriales de comunidades y ciudades que se encuentran a lo largo del "cinturón de jacintos" localizado en la región tropical y subtropical aproximadamente dentro de los 33° de latitud del Ecuador (Joseph, 1976) se encuentra en estos momentos en su fase de desarrollo.

Los jacintos de agua, Eichhornia crassipes, figuran entre las plantas acuáticas vasculares pertenecientes a la familia Pontedericeae. Poseen estrecho parentesco con otras plantas vasculares como las nenúfares (compuestos por células tubulares capaces de conducir y almacenar). Por su alta productividad los jacintos son capaces de absorber grandes cantidades de nutrientes y también contaminantes (entre los constituyentes de las aguas cloacales y desechos industriales encontramos entre ellos metales pesados como el mercurio y plata, productos químicos tóxicos, como los fenoles y carcinógenos probados, como estroncio, níquel y cadmio) de su medio acuático. (Joseph, 1976).

Una vez absorbidos los nutrientes y contaminantes mediante los procesos metabólicos los transforma y almacena en forma diferencial en los extensos sistemas celulares a lo largo de su biomasa. Por lo tanto son capaces estas plantas de remover del agua altas concentraciones de contaminantes además de retener en su sistema de raíces gran cantidad de sólidos suspendidos.

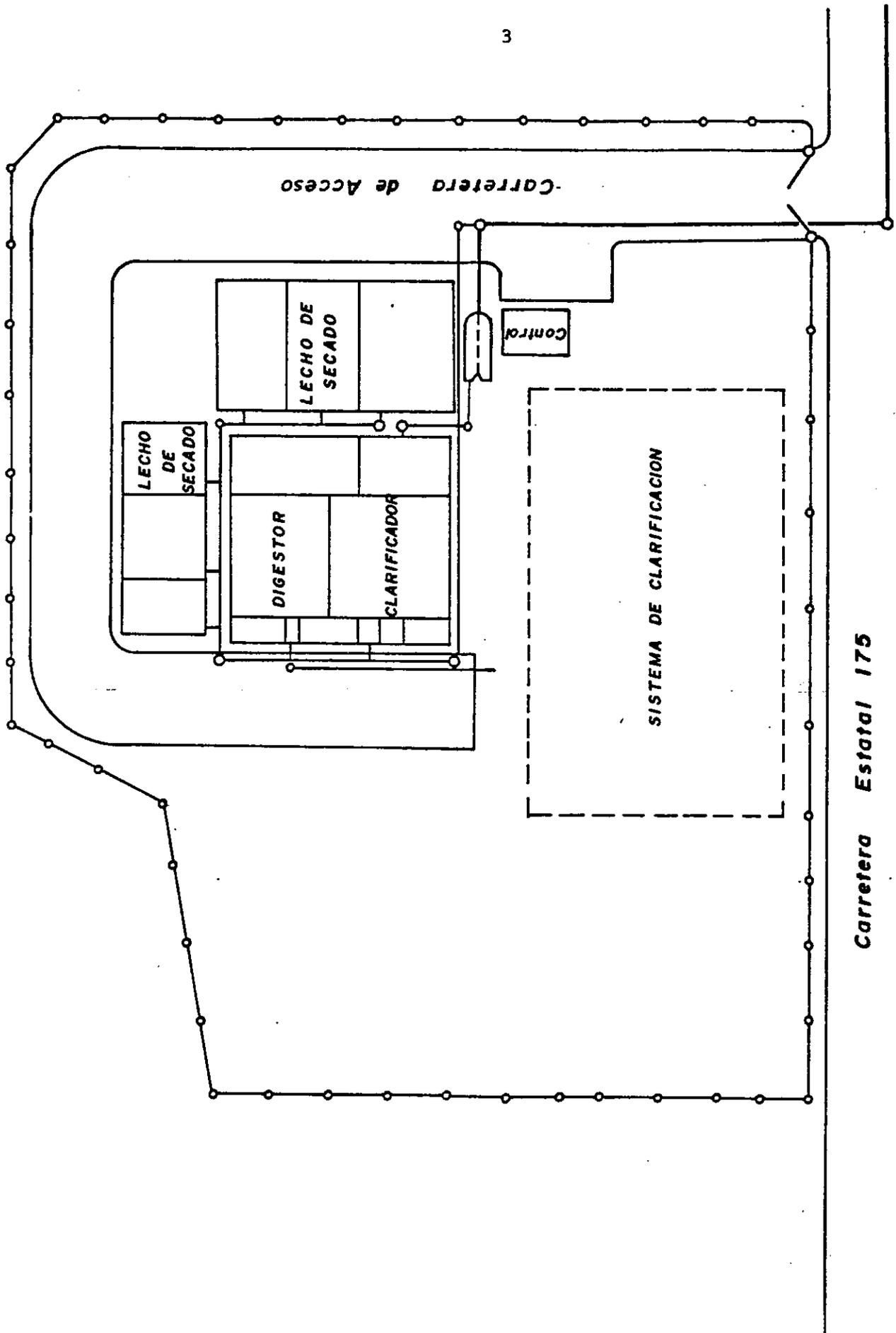
Wolverton, 1976 en un informe del Laboratorio Nacional de Tecnología Espacial (NSTL) de la NASA en la Bahía de St. Louis, Mississippi, presenta los resultados obtenidos en una instalación de prueba donde los jacintos depuran las aguas cloacales (tratamiento primario) de una comunidad de 5,000 residentes, y llega a la siguiente conclusión:

"...basándonos en datos presentados en este informe preliminar, suponemos que ciudades situadas en regiones tropicales y subtropicales del mundo podrían utilizar el sistema de los jacintos de agua como tratamiento final de filtración...para reducir los niveles de sustancias contaminadoras de las aguas cloacales provenientes de fuentes domésticas, a niveles que satisfagan las normas de calidad para estas aguas".

En este estudio el lugar escogido para depurar las aguas cloacales bajo el concepto del jacinto de agua fue El Conquistador, una planta de tratamiento secundario localizada en la municipalidad de Trujillo Alto en el Barrio Carraizo, carretera 175 km. 9.7. (Figura 1). La planta está localizada a 1 km. del Lago Carraizo en el cual su superficie tiene abundancia de jacintos de agua. El influente de esta planta proviene de fuentes domésticas principalmente servidas por alcantarillas en el área de la Urbanización El Conquistador.

La planta del Conquistador es una facilidad pequeña designada para una capacidad de 0.500 MGD. En promedio la planta trata un volumen de 0.100 MGD. En la figura 2 podemos ver el volumen promedio de agua tratada por hora. Esta figura representa la relación entre el efluente de la planta y la actividad humana en el vecindario.

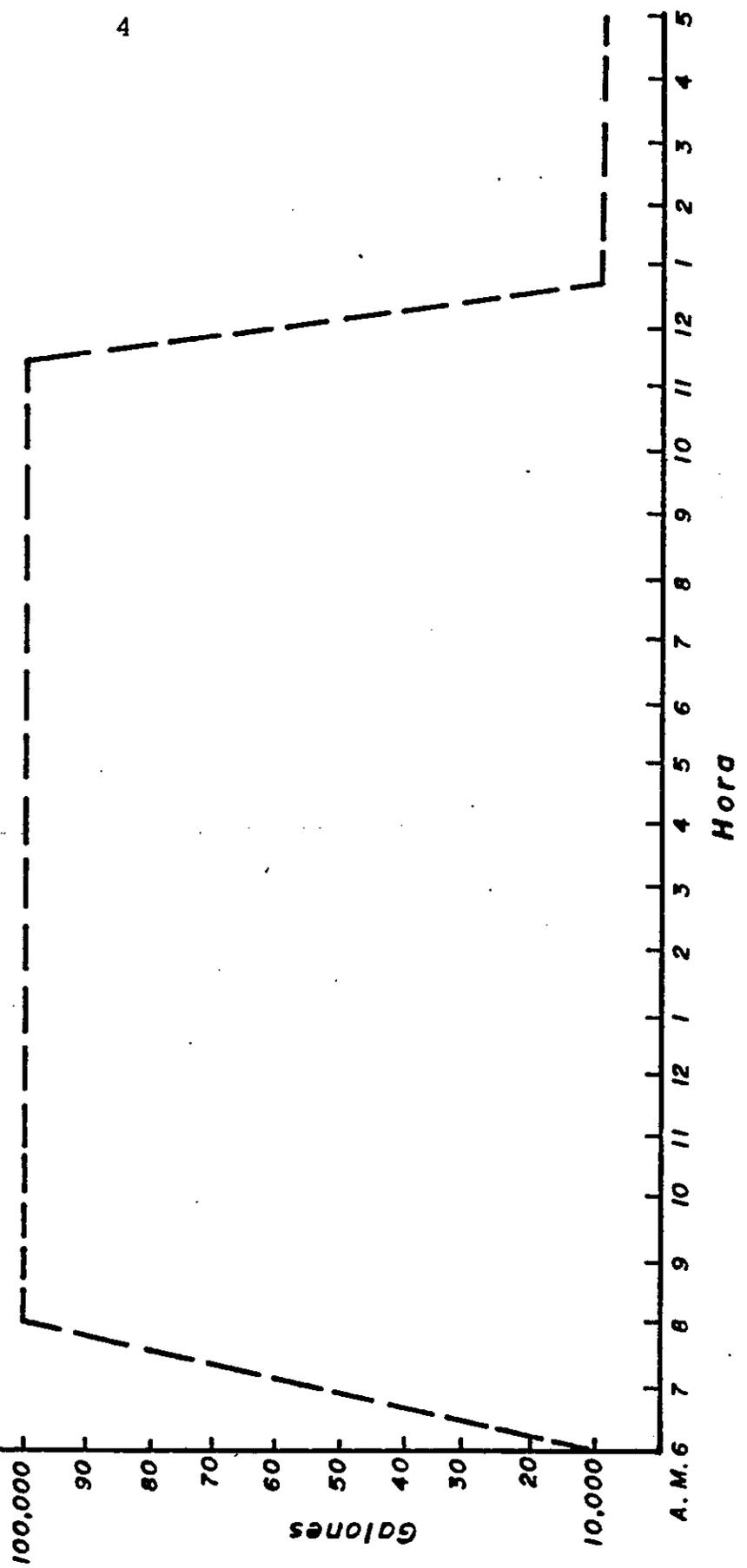
Durante el día hasta las 11:00 p.m. el cual comprende la mayor actividad humana, el volumen promedio del efluente recibido es de 100,000 galones



Carretera Estatal 175

Figura 1. Planta de Tratamiento de Aguas negras en El Conquistador

Figura 2. Volumen Promedio de la Planta de Tratamiento por Hora en El Conquistador



por hora. La cantidad de aguas cloacales baja a 10,000 galones por hora hasta las 7:00 a.m. Cuando comienza de nuevo la utilización de agua. (Villamil, 1979).

Uno de los criterios de diseño a tomarse en cuenta antes del diseño de un sistema de clarificación basado en los jacintos (Robinson, 1976, Tabla 1) es el de determinar la presencia de microorganismos fecales para el mantenimiento de la pureza del agua.

Por tal motivo para este estudio se consideró un sistema de retención de piscinas para estudiar la eficiencia del sistema bajo el concepto del jacinto de agua y próxima a la planta de tratamiento secundario se instalaron 15 piscinas a diferentes tiempos de retención 1, 2, 4, 8 y 16 días con tres réplicas cada una, en el cual cada piscina tenía su grifo para facilitar la toma de muestras (figuras 3 y 4). Ya que ha sido motivo de preocupación el hecho de que materia fecal humana sea llevada por las aguas a un sistema de tratamiento de aguas cloacales que luego terminan en los ríos o lagos el cual puede representar un problema a la salud ambiental.

Las bacterias son magníficas indicadoras de contaminación y muestras de ellas son fáciles de obtener, aunque su identificación sea algo laboriosa. Los bacilos coliformes son usados como indicadores de la presencia de patógenos en los cuerpos de agua contaminada.

Por coliforme entenderemos todos los aerobios y anaerobios facultativos capaces de fermentar lactosa con formación de gas dentro de las primeras 48 horas a una temperatura de 35°C, de tinción negativa y de forma no esporulada.

TABLA I.— NECESIDADES INVESTIGATIVAS (de Robinson, 1976)

Parámetros	Mecanismos	Racionalización/ Comentarios
1. Ecología del jacinto	<p>(a) razón de crecimiento/ nutriente/localización/ época (del año)</p> <p>(b) crecimiento/razón 1% de cobertura/razón de recolección/localiza- ción/época (del año)</p>	<p>La interacción laguna/ jacinto es basado en la remoción eficaz de nutriente. Los criterios de diseño no pueden ser evaluados a menos que las curvas de eficiencia temporal y espacial pueden ser establecidas.</p> <p>Esta información debe ser adquirida antes de que los esquemas de disposición puedan ser costeados.</p>
2. Consideraciones a la salud	<p>(a) Potencial para la transmisión de plagas al público en general.</p>	<p>La posible construcción de lagunas poco profundas pueden resultar en un lugar propicio para el desarrollo de plagas (e.g. mosquitos).</p>
3. Investigaciones Legales del estatus del jacinto de agua	<p>Opinión legal de las leyes federales y estata- les acerca de leyes de mala hierba el cual puede afectar el uso del jacinto en el municipio.</p>	<p>Desde que el jacinto ha sido declarado una mala hierba, los usuarios de estas podrían ser encau- sados legalmente por la introducción de la misma en áreas no infectadas.</p>
3. Eficiencia de mecanismos de tratamiento	<p>SS: razón de carga; Filtración/sedimentación/ Retro-alimentación; Pro- ductividad/Esquema de cosecha -0/0 de cober- tura/localización/Epoca (del año)</p>	<p>Estas relaciones deben ser establecidas antes de que los criterios de un diseño económica- mente viable pueda ser calculado. Al presente sólo se pueden dar estimados.</p>

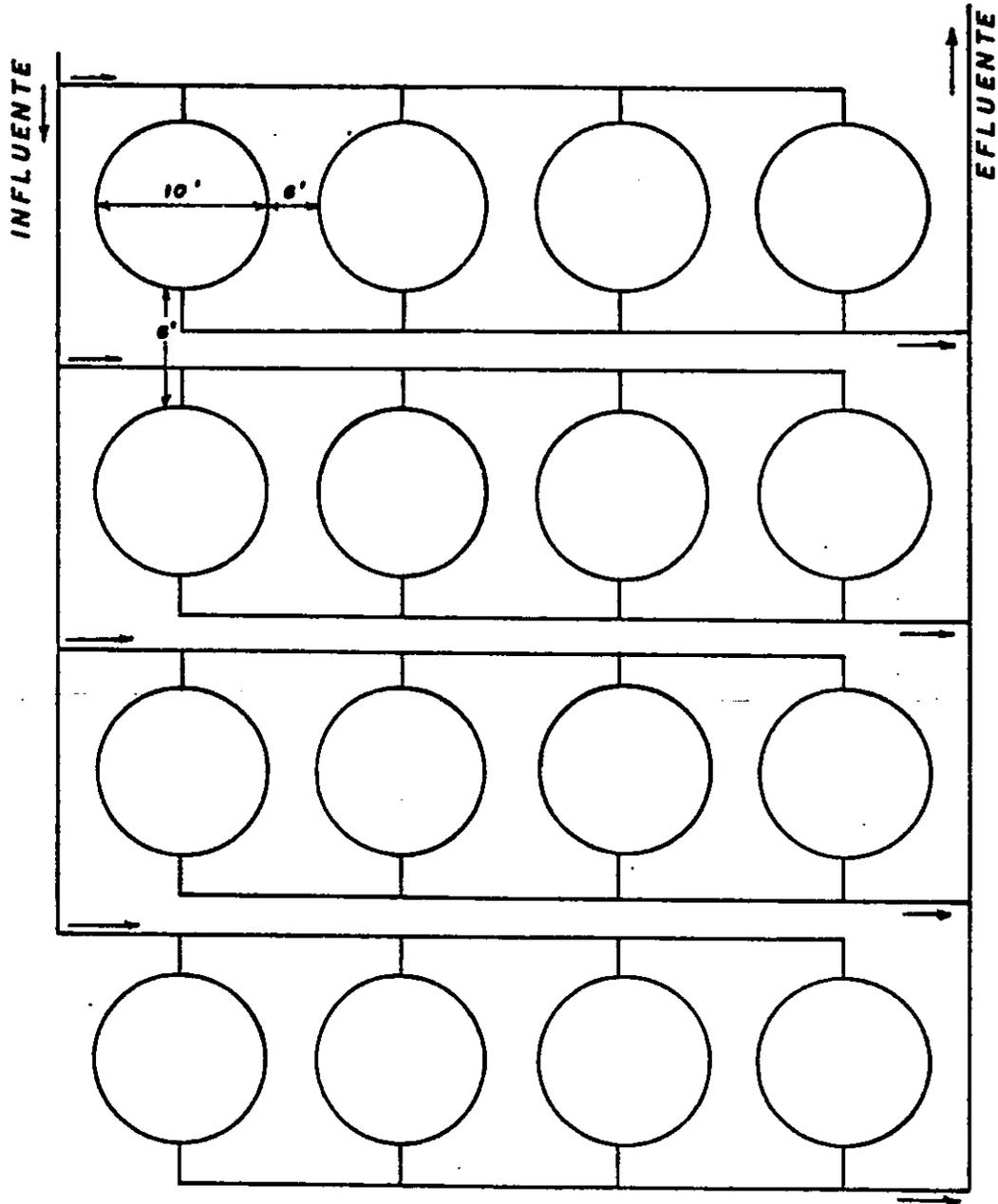
Cont. Tabla I.

Parámetros	Mecanismos	Racionalización/ Comentarios
	<p>DBO: razón de carga; Filtración/sedimentación/ Retro-alimentación; Pro- ductividad/Esquema de cosecha - o/o de cober- tura/localización/Epoca (del año).</p> <p>N: razón de carga; Filtración/sedimentación/ Retro-alimentación; Pro- ductividad/Esquema de cosecha - o/o de cober- tura/localización/Epoca (del año).</p> <p>Nitrificación-Dentrificación</p> <p>F: razón de carga; Filtración/sedimentación/ Retro-alimentación; Pro- ductividad/Esquema de cosecha - o/o de cober- tura/localización/Epoca (del año).</p>	
4. Fósforo	Mecanismos adicionales de tratamiento.	Remoción de fósforo no parece ser económicamente viable. Tratamiento adicional es requerido.
5. Oxígeno disuelto	Mecanismos adicionales de tratamiento.	Niveles de O.D. tiene que ser más bajos que los estándares. Algún tratamiento adicional podría ser necesario.

Cont. Tabla I.

Parámetros	Mecanismos	Racionalización/ Comentarios
6. Diseño de Laguna	Razón de carga; tiempo de retención; relación aeróbica/anaerobia con relación a la profundidad; profundidad de raíces (sustrato microbiano) Procedimiento de cosecha.	La eficacia del sistema ha de ser función de los 4 mecanismos presentados anteriormente. El costo del tratamiento puede ser optimizado por el diseño de laguna.
7. Uso del jacinto después de la recolección.	Materiales, aceites, sustancias químicas, energía, etc.	Puede reducir costo de operación.
8. Control de calidad para investigaciones presentes.		Mecanismos de clarificación en el existente diseño no parece ser adecuado para SS, DBO, N, F, y OD.

Figura 3. Sistema de Retencion de Aguas a tiempos de 1, 2, 4, 8 y 16 dias.



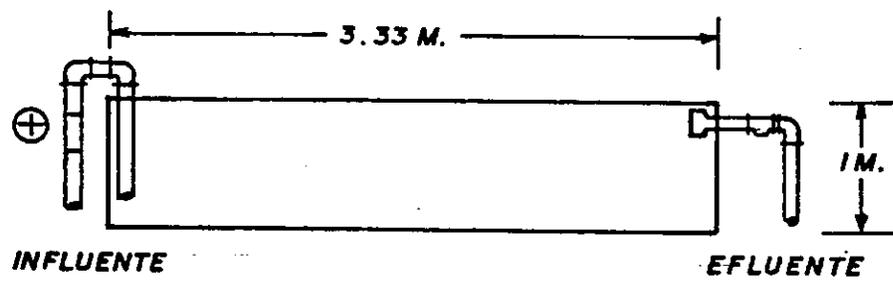


Figure 4. Detalle de una Piscina de retencion

Wolverton 1976, obtuvo los siguientes resultados en cuanto a los coliformes fecales: "El índice de coliforme fecal se redujo de un 121,000 NMP/100 ml a la entrada a un promedio de salida del sistema de 40,000 NMP/100 ml. A pesar de que en este estudio no se pudo hacer una correlación del efecto de los jacintos en el coliforme fecal y el efecto normal en una laguna sin plantas. Se pudiera sugerir un futuro proyecto para ver el posible efecto en un estanque con jacintos y sin jacintos como control.

Por eso sería más fácil demostrar la presencia de algunas cepas no-patogénicas que provienen del intestino tales como Escherichia coli y Streptococcus faecales. Estos organismos se encuentran en el intestino y normalmente no están presentes en el suelo o agua por consiguiente cuando se detectan en el agua se puede asumir que el agua está contaminada con materia fecal. Y de surgir un caso de enfermedad por patógenos entéricos esa agua podría transmitir la enfermedad a toda la comunidad.

Por eso los objetivos de este trabajo son los siguientes:

1. Verificar si la presencia de jacintos de agua en los tanques de retención favorece la diseminación de microorganismos o si por el contrario se nota una reducción de microorganismos.
2. Demostrar la presencia de coliformes utilizando como indicador Escherichia coli.
3. Determinar el número de coliformes totales.
4. Demostrar que las aguas usadas contienen contaminación de origen fecal.

II MATERIALES Y METODOS

Para determinar la presencia de coliformes se llevó a cabo la prueba de fermentación de tubos múltiples (presuntiva, confirmada y completada, figura 5) metodología de acuerdo a Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 14ta. edición. Cada parte de la prueba corresponde a las características del coliforme. La prueba presuntiva va a determinar el "número más probable de bacterias por mililitro". De esta forma se determina el número de coliformes totales.

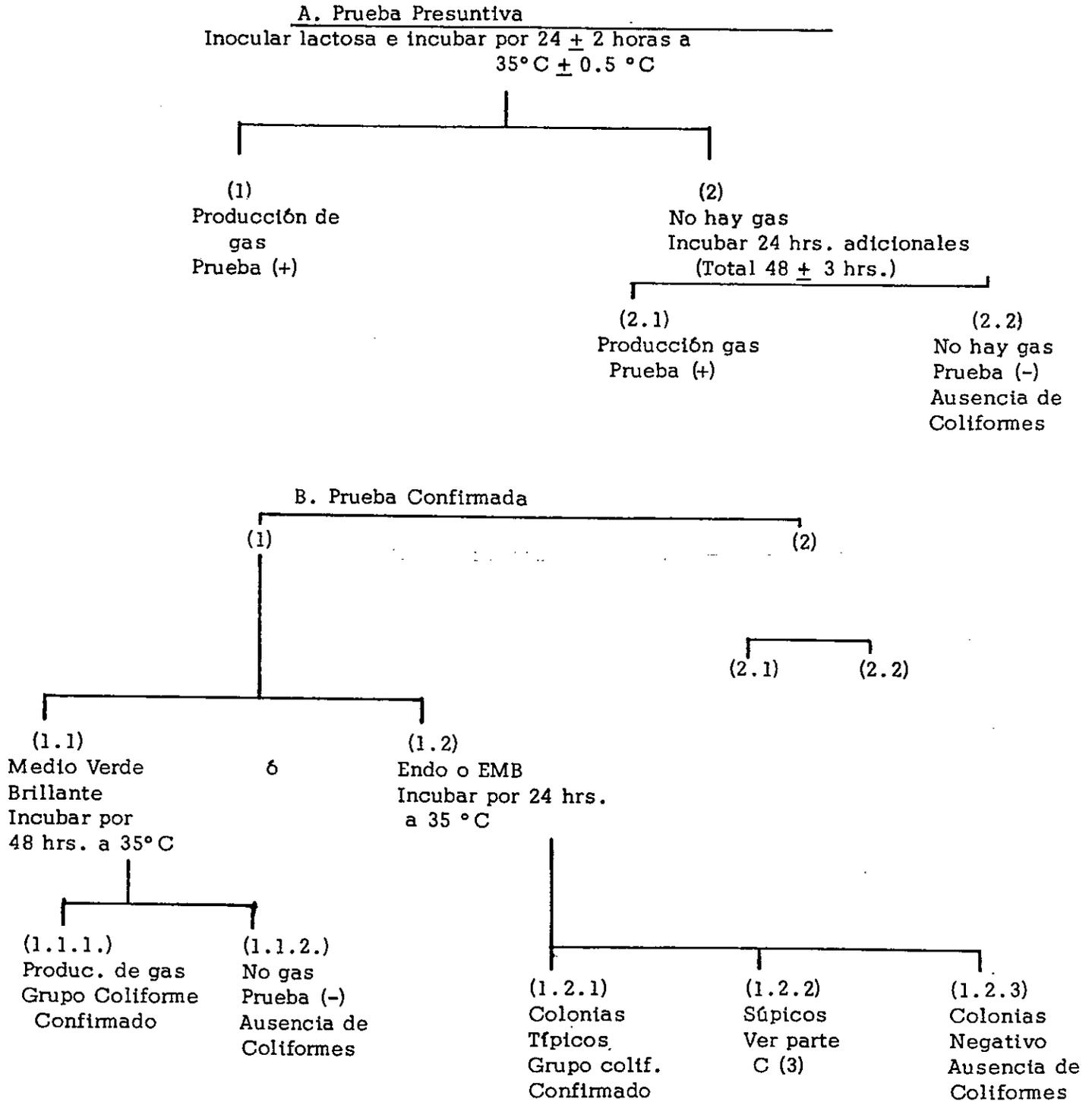
En la prueba confirmada además del medio de verde-brillante se utilizó un medio selectivo de E. coli a una temperatura de 113.9° F para hacer la prueba de coliformes fecales para así demostrar que las aguas usadas contienen contaminación de origen fecal.

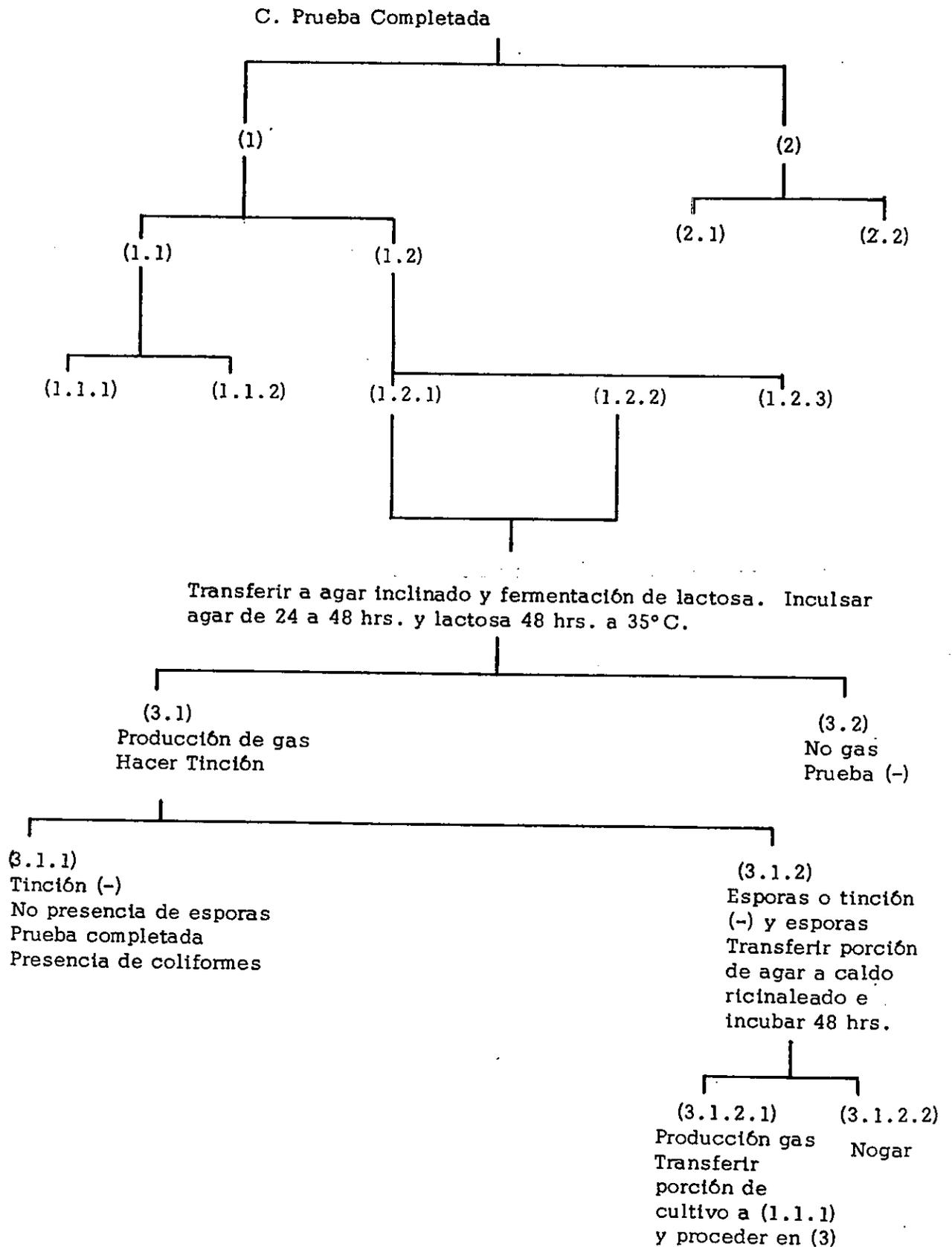
Se utilizó la prueba del conteo total de bacterias por placas para determinar la cantidad estimada de bacterias en la muestra, esto se llevó a cabo según Standard Methods for Examination of Water and Wastewater, 14ta. edición.

El periodo del estudio comprendió desde el mes de febrero hasta mayo. Durante el mes de febrero se tomaron muestras los días 15, 16, 26 y 28 bajo las siguientes condiciones: Piscinas con diferentes tiempos de retención 1, 2, 4, 8 y 16 días, la planta se encontraba trabajando en condiciones normales, a pesar de que el efluente secundario no se estaba clorinando.

Entre el 18 de abril y 16 de mayo se tomaron once muestras cada una replicada ocho veces bajo las siguientes condiciones:

Figura 5. Pruebas Presuntiva, Confirmada y Completada





De la planta sólo estaban funcionando los aereadores, las piscinas tenían el mismo tiempo de retención (1 día); pero se estaba clorando. Referirse a la Tabla II el cual nos demuestra la hora y fecha en que se tomaron las muestras de la investigación.

Al tomar las muestras se dejaba correr un poco el agua, se llenaba el frasco e inmediatamente se tapaba y se ponía en hielo para inhibir multiplicación o muerte de bacterias.

La Tabla III resume la relación de muestras a tomarse en el sistema experimental de jacintos para el estudio de la concentración de bacterias coliformes y contaje total de bacterias del sistema de purificación de aguas domésticas basados en la Asociación de Jacintos de Agua.

TABLA II. HORA Y FECHA EN QUE SE TOMARON LAS 15 MUESTRAS DE LA INVESTIGACION

Muestreo Número	Fecha - 1979	Número de muestras tomadas	Hora
1	Febrero 15	18	8:00 a.m.
2	16	18	11:30 p.m.
3	26	18	9:20 a.m.
4	28	18	10:15 a.m.
5	Abril 18	10	1:40 p.m.
6	20	10	1:30 p.m.
7	23	10	9:15 a.m.
8	25	10	9:00 a.m.
9	27	10	10:30 a.m.
10	30	10	9:00 a.m.
11	Mayo 7	9	9:00 a.m.
12	9	9	9:10 a.m.
13	11	9	9:30 a.m.
14	14	9	8:30 a.m.
15	16	9	9:20 a.m.

TABLA III. RELACION DE MUESTRAS TOMADAS EN EL SISTEMA EXPERIMENTAL DE JACINTOS

Lugar	Muestras de 100 ml
Triturador	1 muestra
Salida del efluente secundario	1 muestra
Piscinas (+) jacinto	1 muestra por piscina (total 15 muestras)
Efluente sistema jacintos	1 muestra

III RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos durante el mes de febrero fueron los siguientes:

1. La tabla IV resume los resultados de las pruebas que determinan la presencia o ausencia de coliformes en las piscinas de clarificación, las mismas demuestran que se encuentran bacterias fermentadoras de lactosa, que producen ácido, las cuales son típicas (nucleadas y de un verde metálico), de tinción negativa y de forma no-esporulada.

2. El recuento de organismos coliformes expresados en "número más probable" de bacterias por 100 ml con un 95% de confiabilidad (Tabla V, figura 6) resultó en la entrada de la planta en más de 1100 bacterias/100 ml. A medida que pasa por el sistema de jacintos se refleja un aumento durante el segundo día de retención. Los resultados demuestran que la tendencia es a disminuir hasta alcanzar en la salida del sistema de jacintos un total de 150 bacterias/100 ml. Esta prueba nos demuestra una condición de contaminación por bacterias coliformes y nos resume el número total de coliformes presentes en la muestra.

3. El conteo total de bacterias por placas nos revela que el número de bacterias es mayor a la entrada de la planta de tratamiento secundario, 50,000 bacterias (figura 7, tabla VI) Al recibir un tratamiento primario y secundario sin llevarse a cabo clorinación en las aguas notamos una leve disminución, 30,000 bacterias por placa. Pero una vez las aguas entran al sistema de jacintos las bacterias disminuyen por placa al primero, segundo y cuarto día de retención. En el octavo día de retención el total de bacterias por placas

TABLA IV. — PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PRESUNTIVA, CONFIRMADA Y COMPLETADA PARA COLIFORMES DURANTE EL MES DE FEBRERO, 1979

Días de Retención		Lactosa			Verde Brillante			EMB o Endo Agar			Lactosa		Tinción	
		48 hrs.			48 hrs.			T A N			48 hrs.		Tinción	
	Triturador	3	3	3	3	3	3				+	-	+	-
	Efluente secundario	3	3	3	3	3	3				✓			✓
	Piscina + sistema de jacintos													
8	1	3	2	2	3	2	2				✓			✓
16	2	3	2	1	3	2	1				✓			✓
2	3	3	3	3	3	3	3				✓			✓
4	4	3	3	0	3	3	0				✓			✓
8	5	3	2	2	3	2	2				✓			✓
1	6	3	3	1	3	3	1				✓			✓
8	7	3	2	2	3	2	2				✓			✓
2	8	3	3	3	3	3	3				✓			✓
4	9	3	3	0	3	3	0				✓			✓
16	10	3	2	1	3	2	1				✓			✓
4	11	3	3	0	3	3	0				✓			✓
1	12	3	3	1	3	3	1				✓			✓
16	13	3	2	1	3	2	1				✓			✓
2	14	3	3	3	3	3	3				✓			✓
1	15	3	3	1	3	3	1				✓			✓
	Efluente sistema de jacintos	3	2	1	3	2	1				✓			✓

TABLA V. — PROMEDIO MUESTREO NO. 1, 2, 3, 4 PARA LA PRUEBA DE NMP Y EL 95% DE CONFIABILIDAD PARA VARIAS COMBINACIONES DE RESULTADOS NEGATIVOS Y POSITIVOS EN PROPORCIONES DE 3-10 ml, 3-1 ml y 3.1 ml DURANTE EL MES DE FEBRERO

		Número de tubos que dieron positivo 48 horas			NMP por 100 ml.	95% de Confiabilidad		
		3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de .1 ml		(-) Bajo	(+) Alto	
Triturador		3	3	3	+ 1,100	+ 150	+ 4,800	
Salida efluente secundario		3	3	3	+ 1,100	+ 150	+ 4,800	
Piscina + sistema de jacintos								
Días de retención	8	1	3	2	2	210	35	470
	16	2	3	2	1	150	30	440
	2	3	3	3	3	+1100	150	4,800
	4	4	3	3	0	240	36	1,300
	8	5	3	2	2	210	35	470
	1	6	3	3	1	460	71	2,400
	8	7	3	2	2	210	35	470
	2	8	3	3	3	+1100	150	4,800
	4	9	3	3	0	240	36	1,300
	16	10	3	2	1	150	30	440
	4	11	3	3	0	240	36	1,300
	1	12	3	3	1	460	71	2,400
	16	13	3	2	1	150	30	440
	2	14	3	3	3	+1100	150	4,800
	1	15	3	3	1	460	71	2,400
Efluente Sistema de jacintos		3	2	1	150	30	440	

FIGURA 6. GRAFICA COMPARATIVA DE LOS PROMEDIOS Y EL 95% DE CONFIABILIDAD PARA LA PRUEBA DE NMP DE BACTERIAS/100 ML EN EL LUGAR DE MUESTREO DURANTE EL MES DE FEBRERO

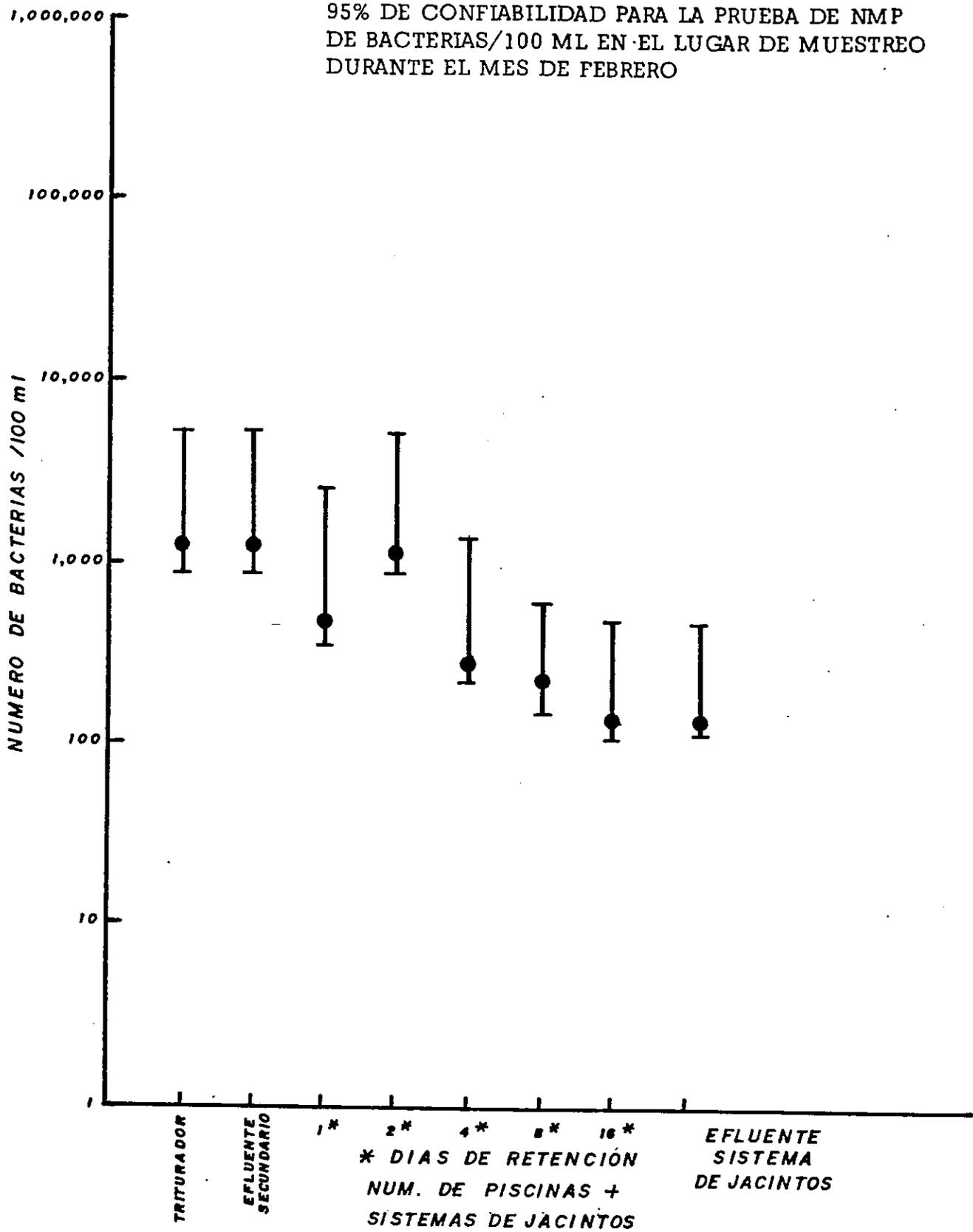
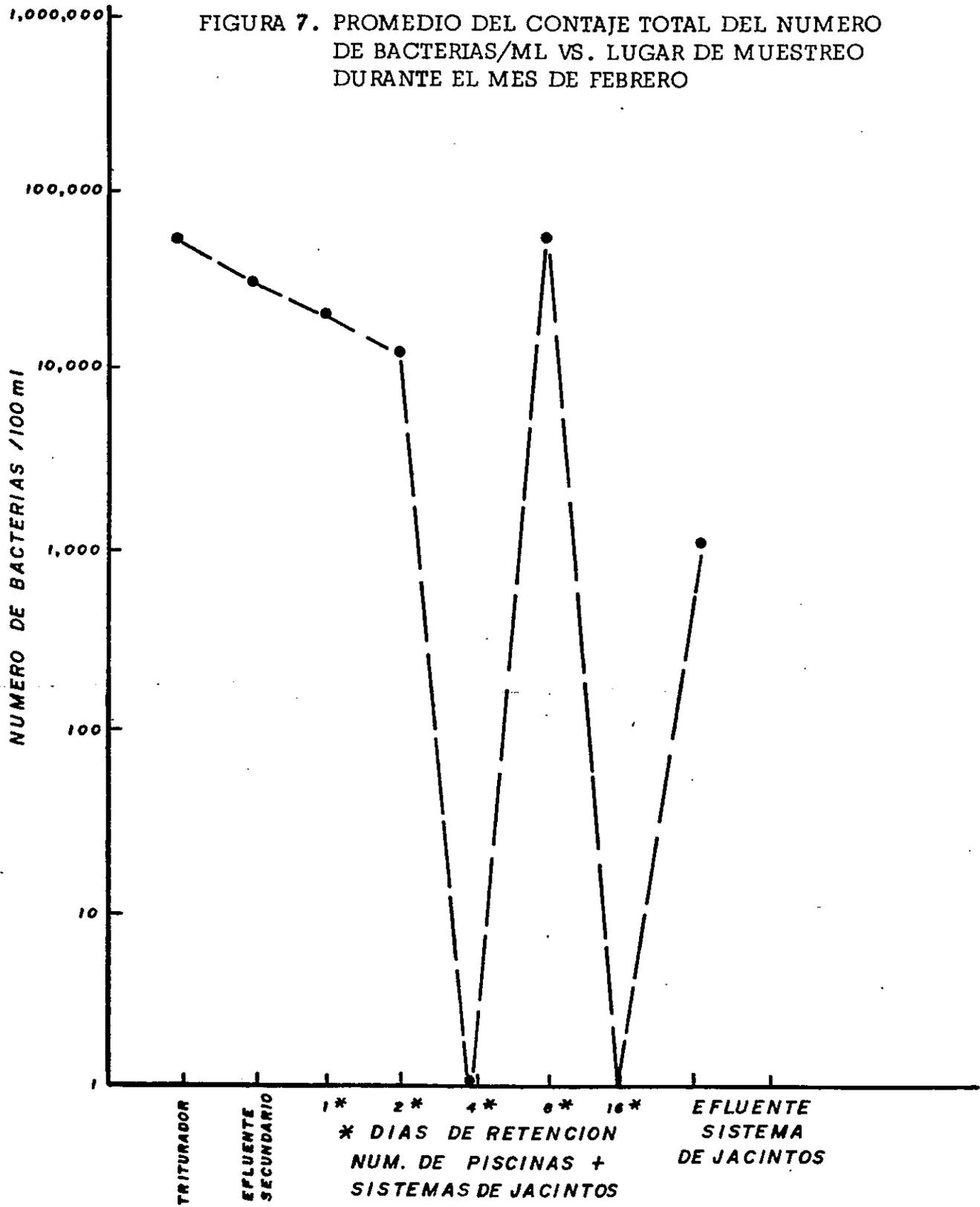


TABLA VI. — CONTAJE TOTAL DEL NUMERO DE BACTERIAS/ML DURANTE EL MES DE FEBRERO

		# de bacterias/ml	
		10 ² 50,000	10 ⁴ 3,000,000
Triturador			
Efluente secundario		30,000	1,000,000
Días de Retención	Piscinas + sistema de jacintos		
8	1	30,000	150,000
16	2	0	0
2	3	12,000	8,000
4	4	0	0
8	5	30,000	150,000
1	6	20,000	100,000
8	7	30,000	150,000
2	8	12,000	80,000
4	9	0	0
16	10	0	0
4	11	0	0
3	12	20,000	100,000
16	13	0	0
2	4	12,000	80,000
1	15	20,000	100,000
Efluente sistema de jacintos		1,000	150,000

FIGURA 7. PROMEDIO DEL CONTAJE TOTAL DEL NUMERO DE BACTERIAS/ML VS. LUGAR DE MUESTREO DURANTE EL MES DE FEBRERO



tienden a aumentar lo cual podría deberse a la acumulación de sólidos en las extensas raíces de las plantas, al cieno depositado al fondo de los tanques de clarificación o a los sólidos suspendidos los cuales contienen materia orgánica e inorgánica y estos son un medio propicio de alimento para los microorganismos.

Al décimo sexto día (16) de retención las bacterias disminuyen considerablemente lo cual podría deberse a que con el tiempo las bacterias tienden a morir al cambiar las condiciones químicas del agua, teniendo a la salida del efluente del sistema de jacintos un total de 1000 bacterias/ml.

Esta prueba nos refleja la efectividad en la purificación de las aguas para remover o no propiciar la reproducción de las bacterias.

Resultados del mes de abril:

1. La tabla VII resume los resultados de las pruebas que determinan la presencia o ausencia de coliformes en las piscinas de clarificación, las mismas demuestran que se encuentran bacterias fermentadoras de lactosa, que producen ácido, las cuales son típicas (nucleados y de un verde metálico), de tinción negativa y de forma no esporulada.

2. El "número más probable" de bacterias por 100 ml a la entrada de la planta fue de 1100 bacterias/100 ml. Se refleja una disminución en el efluente secundario de 93 bacterias/100 ml. En el sistema de jacintos notamos una serie de fluctuaciones de aumento y disminución de bacterias (Tabla VIII, figura 8) que posiblemente se deba a las condiciones ya expuestas en los resultados

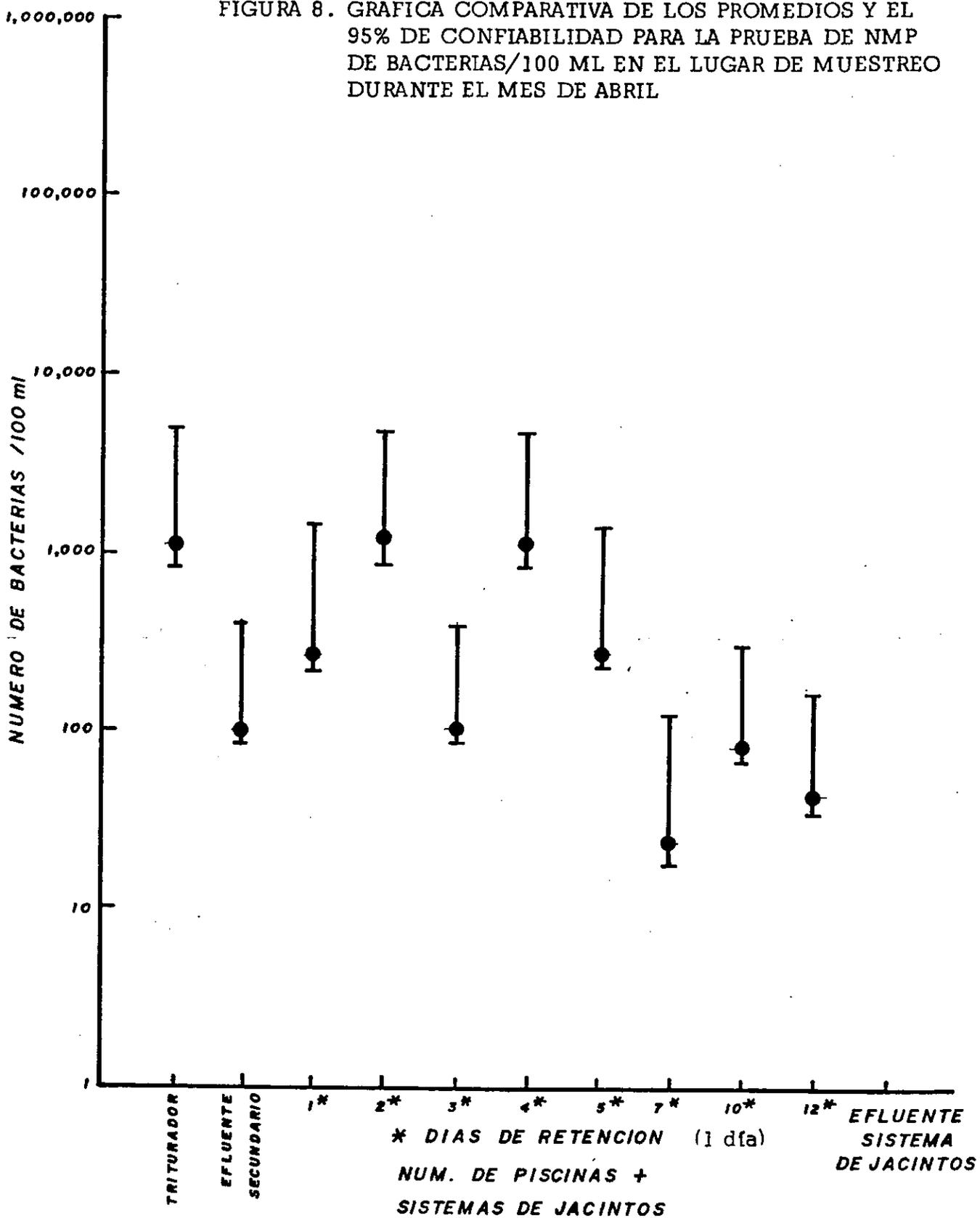
TABLA VII.— PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PRESUNTIVA, CONFIRMADA Y COMPLETADA PARA COLIFORMES DURANTE EL MES DE ABRIL, 1979

	Lactosa			Verde Brillante			EMB o Endo Agar T A N	Lactosa		Tinción	
	48 hrs.			48 hrs.				48 hrs.			
Triturador	3	3	3	3	3	3	✓	+	1	+	-
Salida Efluente Secunario	3	2	0	3	2	0	✓	✓			✓
Días de Retención 1 dfa	Piscinas + sistema de jacintos							✓			✓
	1	3	3	0	3	3	0	✓			✓
	2	3	3	2	3	3	2	✓			✓
	3	3	2	0	3	2	0	✓			✓
	4	3	3	2	3	3	2	✓			✓
	5	3	3	0	3	3	0	✓			✓
	7	3	0	0	3	0	0	✓			✓
	10	3	1	2	3	1	1	✓			✓
12	3	1	0	3	1	0	✓			✓	
Efluente del sistema de jacintos	3	0	0	3	0	0	✓	✓			✓

TABLA VIII.— PROMEDIO DE MUESTREOS #5 - #10 PARA LA PRUEBA DE NMP Y EL 95% DE CONFIABILIDAD PARA VARIAS COMBINACIONES DE RESULTADOS NEGATIVOS Y POSITIVOS EN PROPORCIONES DE 3-10 ML, 3-1 ML; 3.1 ML DURANTE EL MES DE ABRIL

	Número de Tubos que dieron positivo en 48 horas			NMP por 100 ml	95% de Confiabilidad	
	3 de 10 ml	3-1 ml	3-.1 ml		Bajo (-)	Alto (+)
Triturador	3	3	3	+ 1100	150	4800
Salida efluente secundario	3	2	0	93	15	380
Piscinas + 1	3	3	0	240	36	1300
Sistema de jacintos 2	3	3	2	1100	150	4800
3	3	2	0	93-	15	380
4	3	3	2	1100+	150	4800
5	3	3	0	240+	36	1300
7	3	0	0	23-	4	120
10	3	1	1	75-	14	230
12	3	1	0	43-	7	210
Efluente sistema jacintos	3	0	0	23	4	120

FIGURA 8. GRAFICA COMPARATIVA DE LOS PROMEDIOS Y EL 95% DE CONFIABILIDAD PARA LA PRUEBA DE NMP DE BACTERIAS/100 ML EN EL LUGAR DE MUESTREO DURANTE EL MES DE ABRIL



del mes de febrero, teniendo una salida del sistema de jacintos de 23 bacterias por 100 ml.

3. El contaje total de bacterias por placas fue de un total de 50,000 bacterias en el triturador, pero al llevarse a cabo un tratamiento primario y secundario más la adición de cloro refleja una disminución en el efluente secundario de 4,000 bacterias/ml, debido a que se estaban clorinando las aguas. Una vez entran al sistema de jacintos el número de bacterias por placa aumenta, saliendo un efluente del sistema de jacintos de 30,000 bacterias/ml, posiblemente debido a los nutrientes disponibles en los sustratos y a la disminución de la concentración del cloro al pasar de los días y a las aguas estar en contacto con la atmósfera (Tabla IX, figura 9).

Resultados para el mes de mayo:

1. La tabla X resume los resultados de las pruebas que determinan la presencia o ausencia de coliformes en las piscinas de clarificación, los mismos demuestran que se encuentran bacterias fermentadoras de lactosa, que producen ácido: las cuales son típicas (nucleados y de un verde metálico), de tinción negativa y de forma no esporulada.

2. El NMP de bacterias/100 ml fue a la entrada de la planta de 1100 bacterias/100 ml, observandose una disminución en el efluente secundario de 43 bacterias/100 ml y resultando a la salida del sistema de jacintos de 9 bacterias /100 ml (Tabla XI, figura 10).

Durante este periodo de muestreo la planta se encontraba operando en condiciones normales.

TABLA IX. — CONTAJE TOTAL DEL NUMERO DE BACTERIAS/ML DURANTE EL MES DE ABRIL

		# BACTERIAS/ML	
		10^2	10^4
	Triturador	50,000	3000000
	Salida Efluente Secundario	4,000	10000
Días de Retención	Piscinas + sistema de jacintos		
1 día	1	4,000	10000
	2	10,000	640000
	3	30,000	50000
	4	50,000	590000
	7	10,000	30000
	10	16,000	180000
	12	40,000	200000
	Efluente sistema de jacintos	30,000	70,000

FIGURA 9. PROMEDIO DEL CONTAJE TOTAL DEL NUMERO DE BACTERIAS/ML VS. LUGAR DE MUESTREO DURANTE EL MES DE ABRIL

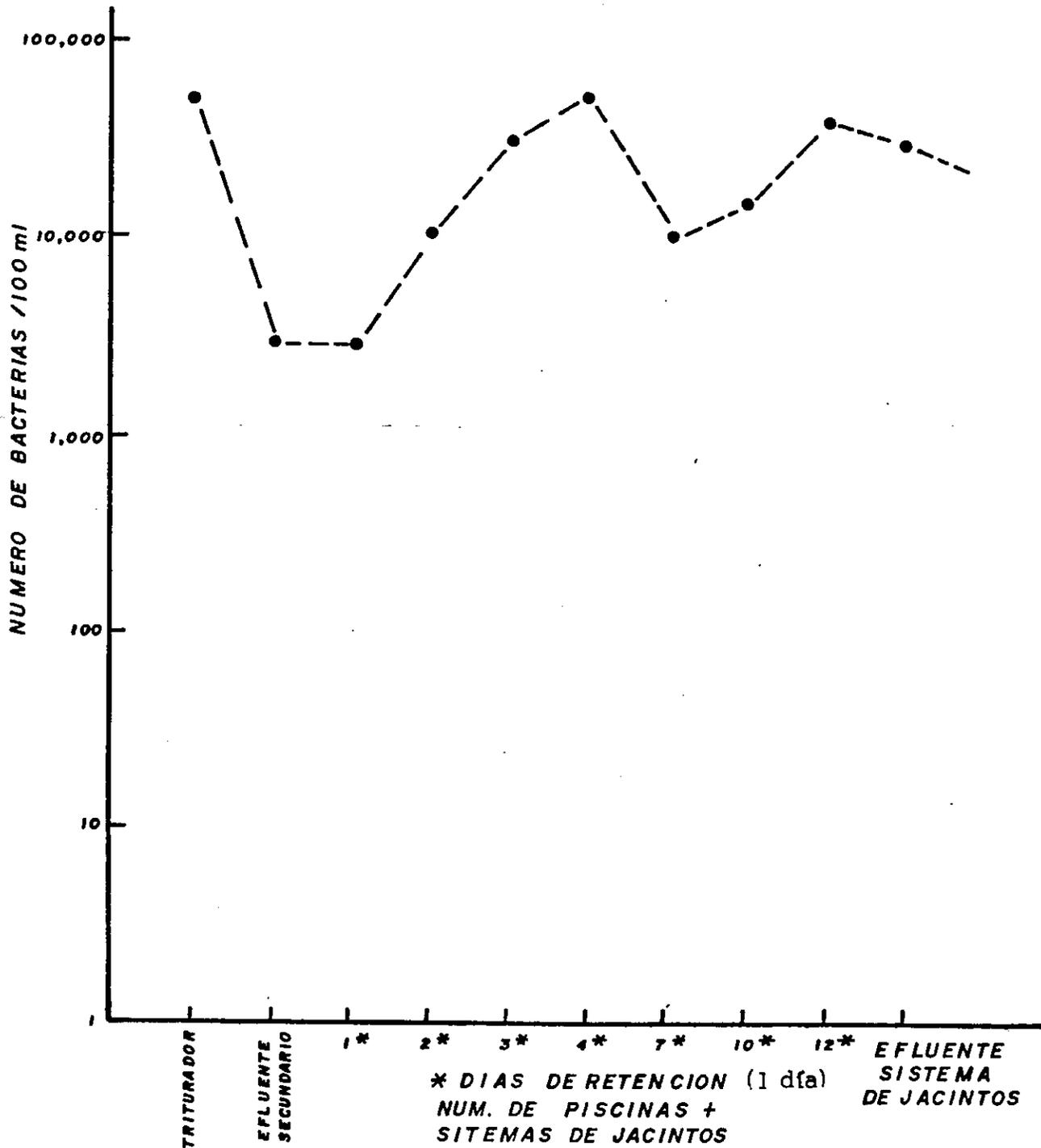


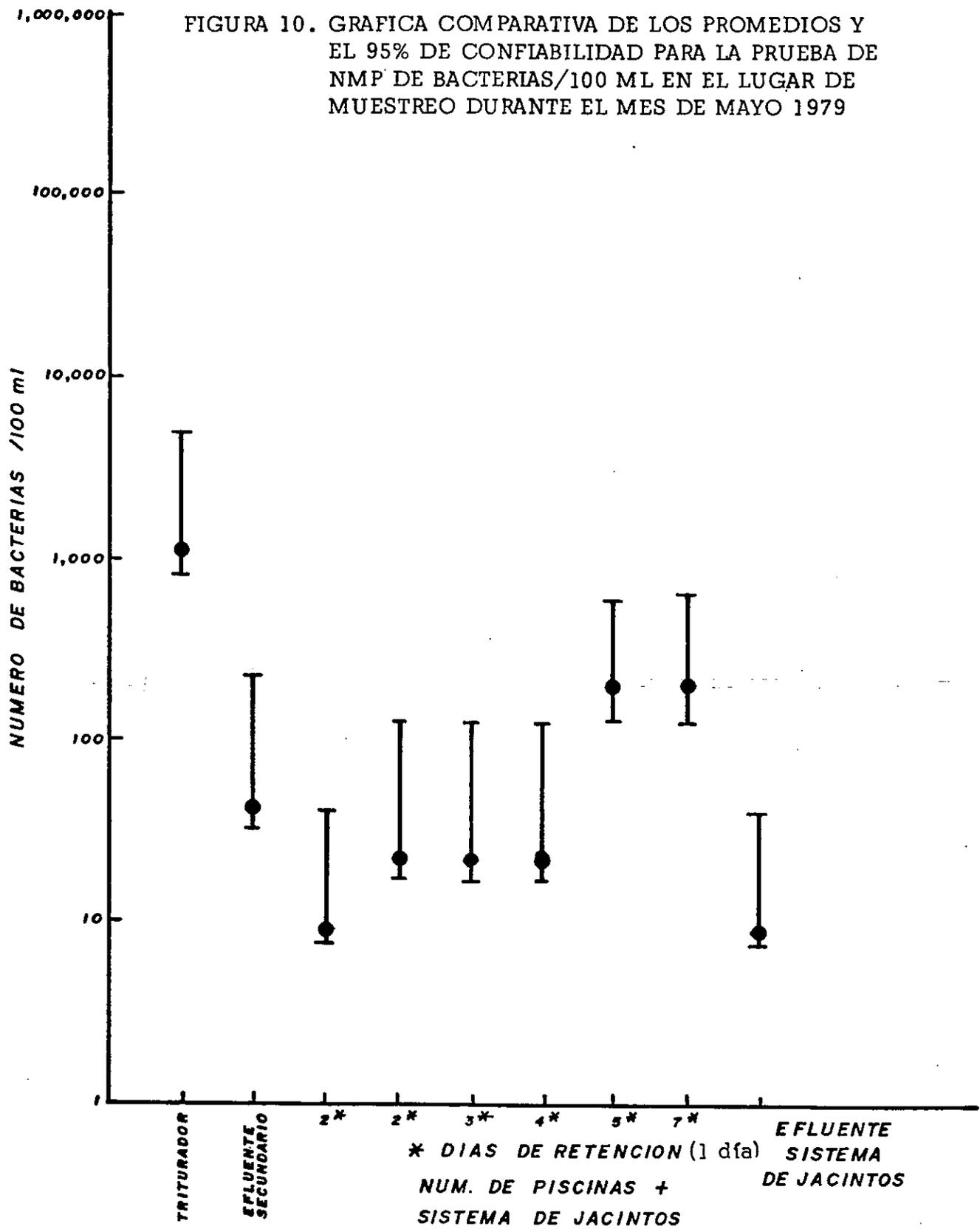
TABLA X. — PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS PRESUNTIVA, CONFIRMADA Y COMPLETADA PARA COLIFORMES DURANTE EL MES DE MAYO

		Lactosa 48 hrs.			V B 48 hrs.			EMB o Endo Agar T A N	Lactosa + -		Tinción - +		
Días de retención 1 día	Triturador	3	3	3	3	3	3	✓	✓		✓		
	Salida efluente secundario	3	2	0	3	1	0	✓	✓		✓		
	Piscinas + sistema de jacintos	1	2	0	0	2	0	0	✓	✓		✓	
		2	3	0	0	3	0	0	✓	✓		✓	✓
		3	3	0	0	3	0	0	✓	✓		✓	✓
		4	2	0	0	2	0	0	✓	✓		✓	✓
		5	3	2	2	3	2	2	✓	✓		✓	✓
		7	3	0	0	3	0	0	✓	✓		✓	✓
	Efluente sistema de jacintos	2	0	0	2	0	0	✓	✓		✓	✓	

TABLA XI.— PROMEDIO MUESTREO NO. 11 - #15 PARA LA PRUEBA DE NMP Y SU 95% DE CONFIABILIDAD PARA VARIAS COMBINACIONES DE RESULTADOS NEGATIVOS Y POSITIVOS EN PROPORCIONES DE 3-10 ml, 3-1 ml, 3-.1 ml DURANTE EL MES DE MAYO

	Número de tubos que dieron positivo en 48 horas			NMP por 100 ml	95% de Confiabilidad	
	3 de 10 ml	3 de 1 ml	3 de 1/ml		(-) Baja	(+) Alta
Triturador	3	3	3	+ 1100	150	4800
Salida efluente secundario	3	1	0	43	7	210
Piscinas	2	0	0	9	1	36
+ Sistema de jacintos	3	0	0	23	4	120
Días de Retención	3	0	0	23	4	120
4	2	0	0	23	4	120
1 día	5	2	2	210	35	470
7	3	2	2	210	35	470
Efluente del sistema de jacintos	2	0	0	9	1	36

FIGURA 10. GRAFICA COMPARATIVA DE LOS PROMEDIOS Y EL 95% DE CONFIABILIDAD PARA LA PRUEBA DE NMP DE BACTERIAS/100 ML EN EL LUGAR DE MUESTREO DURANTE EL MES DE MAYO 1979



3. El conteo total de bacterias fue de 50,000 bacterias/ml en la entrada de la planta, el efluente secundario resultó con una concentración de 100 bacterias/ml debido posiblemente a que se estaba clorando el efluente de la planta de tratamiento secundario. (Tabla XII, figura 11).

Una vez el efluente secundario entra al sistema de jacintos observamos una disminución y aumento, pero que no sobrepasa las 100 bacterias/ml una vez se llevó a cabo la clorinación aunque notamos que en las piscinas #5 y #7 hay un aumento sustancial en cuanto al conteo total de bacterias por placa pues en dichas piscinas se percibía mal olor, descomposición de materia orgánica resultando un efluente del sistema de jacintos de 200 bacterias/ml.

Las pruebas realizadas con el medio selectivo de E. coli (Tabla XIII) demuestran que las bacterias son de origen fecal.

Con los análisis bacteriológicos se comprueba la evidencia de contaminación por excreta las cuales son de origen intestinal.

Además la cantidad de bacterias nos da un indicio de que a mayor número de bacterias, mayor ha de ser posiblemente la cantidad de materia orgánica en proceso de descomposición.

A mayor número de bacterias de origen intestinal se puede presumir mayor número y/o concentración de especies "patógenas" entre ellos.

TABLA XII. — CONTAJE TOTAL DEL NUMERO DE BACTERIAS/ML DURANTE EL MES DE MAYO

	# BACTERIAS/ML	
	10^2	10^4
Triturador	50,000	300,000
Salida efluente secundario	100	20,000
Piscina + Sistema de jacintos		
# 1	0	0
2	0	0
3	100	0
4	0	0
5	15,000	27,000
7	6,800	20,000
Efluente sistema de jacinto	200	0

FIGURA 11. PROMEDIO DEL CONTAJE TOTAL DEL NUMERO DE BACTERIAS/ML VS. LUGAR DE MUESTREO DURANTE EL MES DE MAYO

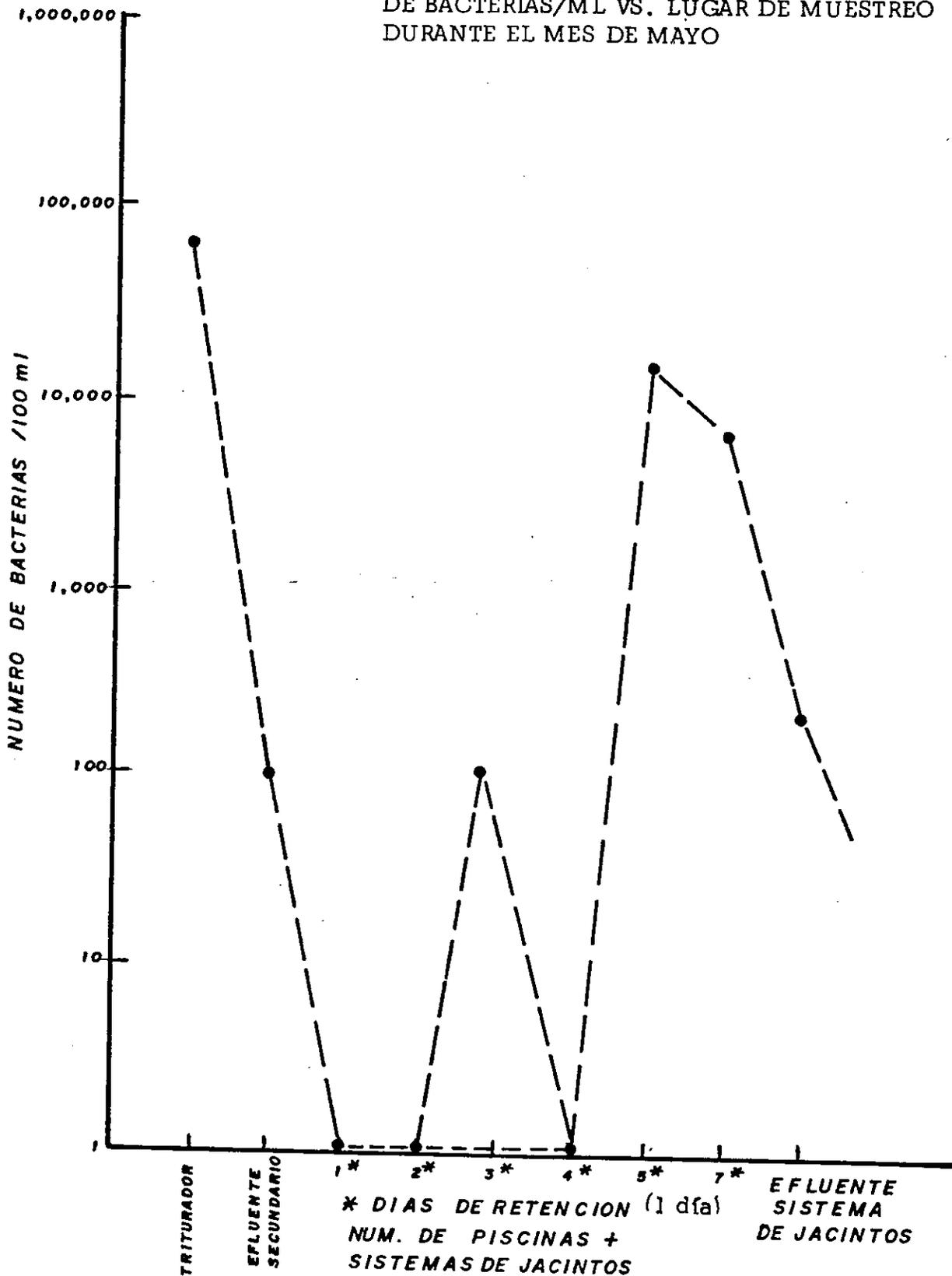


TABLA XIII.— PROMEDIO DE LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS DE E. COLI PARA DETERMINAR PRESENCIA DE ORG. FECALES DE 3-10 ML, 3-1 ML, 3.1 ML DURANTE LOS MESES DE ABRIL Y MAYO

		3-10 ML	3-1 ML E. Coli	3.1 ML
Triturador		3	3	3
Salida efluente secundario		2	1	0
Piscinas + sistema de jacintos	1	2	0	0
	2	3	3	0
	3	1	1	0
	4	3	2	0
	5	1	1	0
	7	2	0	0
	10	2	0	0
12	0	0	0	
Efluente sistema de jacintos		0	1	0

IV RESUMEN

El estudio de la diseminación de microorganismos o reducción de microorganismos bajo el concepto del jacinto de agua se realizó utilizando los siguientes parámetros: a) técnica de fermentación de tubos múltiples (presuntiva, confirmada y completada), b) contaje total de bacterias.

En general el comportamiento de la concentración de las bacterias coliformes demuestran que ocurre una disminución en la concentración total de bacterias luego de entrar el efluente secundario al sistema de jacintos. Pero a partir del cuarto día de retención ocurre un aumento en la concentración de bacterias. Esto, posiblemente a la alta concentración de materia orgánica en los tanques y al desarrollo consecuente de condiciones anaeróbicas.

Durante la clorinación y con tanques con un solo día de retención, el aumento en la concentración de bacterias es debido a la gran acumulación selectiva en el fondo y en el sistema de raíces en algunos de los tanques.

V CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del experimento se concluye lo siguiente:

1. Para que el sistema de clarificación de jacintos de agua lleve a cabo su máxima función es necesario que se clorinen las aguas después de pasar por el sistema de jacintos para así obtener una reducción considerable de microorganismos.

2. El sistema de jacintos de agua no representa ningún problema a la salud ambiental ya que el producto final en cuanto a contaminación fecal no es significativa.

BIBLIOGRAFIA

Joseph, J., 1976. Tratamiento Barato de Aguas Cloacales, Servicios Públicos/ Desarrollo Nacional, Vol. 23 No. 8, p. 52-58.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 14th. edition, 1975, APHA - AWWA - WPCF.

Robinson, A.C., H.J. Gormon, M. Hillman, W.T. Lawlon, D.L. Maase and T.A. McClure, 1976. An analysis of the Market Potential of Water Hyacinth - Base System for Municipal Wastewater Treatment. BatteUe's Columbus Laboratories, Report No. BCL - OA - TFR - 76 R.

Villamil, J., and A. McB. Block, 1979. Analysis and Selection of Study Site Location, CEER Sewage Management Research Program, p. 1-19.

Wolverton, B. and R.C., McDonald, 1976. Water Hyacinths for Upgrading Sewage Lagoons to meet Advanced Wastewater Treatment Standards. Part II, NASA Technical Memorandum TM-X-72730.