

Sección de Ingeniería Sanitaria

ESTUDIO SANITARIO PILOTO SOBRE REPRESA "LA FE"

I. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Por Departamento de Ingeniería U.N

Los objetivos del estudio se resumen así

- a. Conocer el estado sanitario actual (físico, químico, biológico y bacteriológico) de la represa con miras a establecer los orígenes de olor y sabor en el agua en ciertas épocas del año.
- b. Dar elementos de juicio a las Empresas Públicas para encontrar el tratamiento más adecuado y económico a que se debe someter el área de inundación de la segunda etapa de la represa La Fe.

II. JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

La experiencia de muchos países muestra hasta la saciedad que las medidas de protección sanitaria de represas de abastecimiento de agua potable se deben tomar antes de la inundación, puesto que se trata de evitar que las áreas que van a ser inundadas, contengan materia orgánica e inorgánica que dañen la composición del agua.

Las medidas preventivas que se tomen, así parezcan muy onerosas a corto plazo, significarán economías muy substanciales a largo plazo, puesto que evitan gastos que de otra manera tendrán que hacerse tal vez indefinidamente.

Las aguas destinadas al abastecimiento de poblaciones, en cuanto sea posible, deben estar exentas de materia orgánica sujeta a descomposición y deben ser también pobres en plancton por cuanto éste puede causar sabor, olor y aún substancias tóxicas ó provocar trastornos intestinales.

La calidad del agua almacenada en un embalse puede deteriorarse por los elementos orgánicos e inorgánicos que permanecen en el área inundada, ó por los elementos introducidos durante ó después de la inundación. Los caminos para este deterioro son: la descomposición de la materia orgánica presente, la disolución de elementos nutritivos o fertilizantes del plancton, y la introducción de elementos directamente nocivos a la calidad del agua v.g. substancias tóxicas ó patógenas u organolépticas.

La descomposición de la materia orgánica conlleva la reducción del oxígeno disuelto por acciones bioquímicas de estabilización. La depresión del oxígeno puede llevar, a su vez, al desarrollo de microorganismos anaerobios en el fondo con la producción de substancias orgánicas secundarias y gas sulfídrico, lo cual puede ser

causa de una impotabilidad temporal de la represa desde que no haya nuevos aportes de materia orgánica, ó una impotabilidad permanente cuando los haya. Se conocen varios casos del abandono de una represa durante años por ser su agua no aprovechable por las razones señaladas.

Como consecuencia de las acciones bioquímicas de estabilización se tiene, por otra parte, la fertilización de las aguas por la aparición de nitratos y fosfatos originando problemas permanentes ó de solución muy lenta de proliferación excesiva de microorganismos nocivos al tratamiento, problemas que pueden ser resueltos mediante métodos tales como precloración ó uso de carbón activado lo que redundaría forzosamente en el costo del agua tratada.

Ese proceso de fertilización puede también ser el resultado directo de la presencia de sales minerales provenientes de la solubilización de substancias del suelo ó de la ceniza originada en la quema de la vegetación dentro de la zona de influencia de la represa.

Finalmente, la fertilización de las aguas puede ser también el producto del aporte de materia orgánica ó nutrientes minerales traídos al embalse por sus afluentes.

Las Empresas Públicas, ante los problemas de calidad del agua que han afrontado y conscientes de la importancia de estos fenómenos solicitaron a la Universidad Nacional la ejecución del presente estudio.

III. PROGRAMA DE TRABAJO DESARROLLADO

a. Muestreo piloto—aguas represa La Fé y quebradas afluentes.

1. Tipo de análisis:

Los análisis a efectuar en las aguas de la represa y en las de las quebradas de alimentación (Potreros, Las Palmas y Río Pantanillo), cubren los siguientes aspectos:

1.1. Análisis biológicos:

Se determinarán:

- Macrínvertebrados de fondo (bentos)
- Fitoplancton
- Zooplancton

1.2. Análisis bacteriológicos:

- Coliformes N.M.P.
- Bacteria actinomicetales (detectar su presencia).

1.3. Análisis Físico—químico:

Se harán las siguientes determinaciones: Turbiedad, color, olor, sabor, alcalinidad.

nidad, temperatura, pH, dureza, DBO, OD, fenoles, fosfatos, nitrógeno (NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^-).

2. Estaciones de muestreo:

Se seleccionaron los siguientes puntos de muestreo como los más representativos: (Ver plano adjunto)

Estación No. 1. Situada en el Centro de la represa.

Estación No. 2. Situada cerca a la torre de captación.

Estación No. 3. Sobre la quebrada Potreros, antes de su desembocadura a la represa.

Estación No. 4. Sobre la quebrada Las Palmas, antes de desembocar a la represa.

Estación No. 5. Situada en la represa, frente a la desembocadura de la quebrada Potreros.

Estación No. 6. Situada en la represa, frente a la desembocadura de la quebrada Las Palmas.

Estación No. 7. Río Pantanillo en el pozo de succión de la estación de bombeo.

3. Análisis a efectuar en cada estación y su frecuencia.

Estación No. 1 y 2: Se harán los exámenes biológicos y físico-químicos antes enumerados, se muestrearan por tres veces.

Estación No. 3, 4 y 7: Se harán los exámenes bacteriológicos y físico-químicos antes enumerados, muestreo por una vez.

Estación No. 5 y 6: Se tomarán muestras de lodos con el fin de analizar sólidos volátiles y nutrientes (nitratos y fosfatos), se hará por una vez.

4. Consideraciones generales sobre Análisis Biológicos.

En cada estación donde se programa análisis biológico es necesario recoger en cada muestreo las siguientes muestras: dos muestras con muestreador Kemmerer, dos muestras con red de plancton y una muestra con draga para lechos bentales. En total serían cinco (5) muestras por estación y por cada muestreo. Teniendo en cuenta el número de estaciones donde se harán análisis biológicos y la frecuencia de muestreo, dará entre represa y quebradas, un total de 30 muestras.

Antes de iniciar el muestreo piloto, es necesario un muestreo preliminar el cual permitirá:

- Probar seguridad de equipo.

b. Reconocimiento de los organismos existentes para tener mayor seguridad en su conteo.

c. Conocer la profundidad de mayor concentración

El muestreo preliminar se llevará a cabo el 6 de diciembre de 1972

b. Estudio de suelos a inundar

5. Análisis de suelos – lugares de muestreo y frecuencia.

a. **Objetivos:** Determinar el potencial de nutrientes y de consumo de oxígeno

b. **Ánálisis:** Determinar C (materia orgánica), N, P, K, pH, Ca, Mg.

Se muestrearán las zonas 1 y 3 (ver plano) por considerarlas de condiciones más críticas. El muestreo se hará por una sola vez y se tomarán aproximadamente 30 muestras para analizar.

c. Experimento de Laboratorio.

6. Objetivos y ensayos:

El objetivo es el de observar la descomposición de la materia orgánica y la solubilización de los nutrientes del suelo. Se harán dos tipos de ensayo a saber:

a. Poner muestra del primer horizonte en contacto con el agua y medir parámetros.

b. Recubrir muestra del primer horizonte con suelo apropiado, ponerlo en contacto con el agua y medir parámetros. Se desea con esto simular condiciones de posible tratamiento del área del embalse.

7. Parámetros a analizar. Duración del ensayo. Frecuencia de análisis.

Se analizarán los siguientes parámetros: Salinidad DBO, OD, fosfatos, nitrógeno.

Los ensayos tendrán una duración entre 10 y 15 días y se harán análisis de agua en los días: 0, 1, 2, 4, 7 y 11, lo que daría un total aproximado de 12 muestras para los dos ensayos.

8. Duración global del estudio piloto:

Fecha de iniciación: diciembre 6/72

Fecha de terminación: febrero 15/73.

IV. ESTADO ACTUAL DE LA REPRESA

La represa La Fé situada a una altitud de 2.200 metros tiene una capacidad

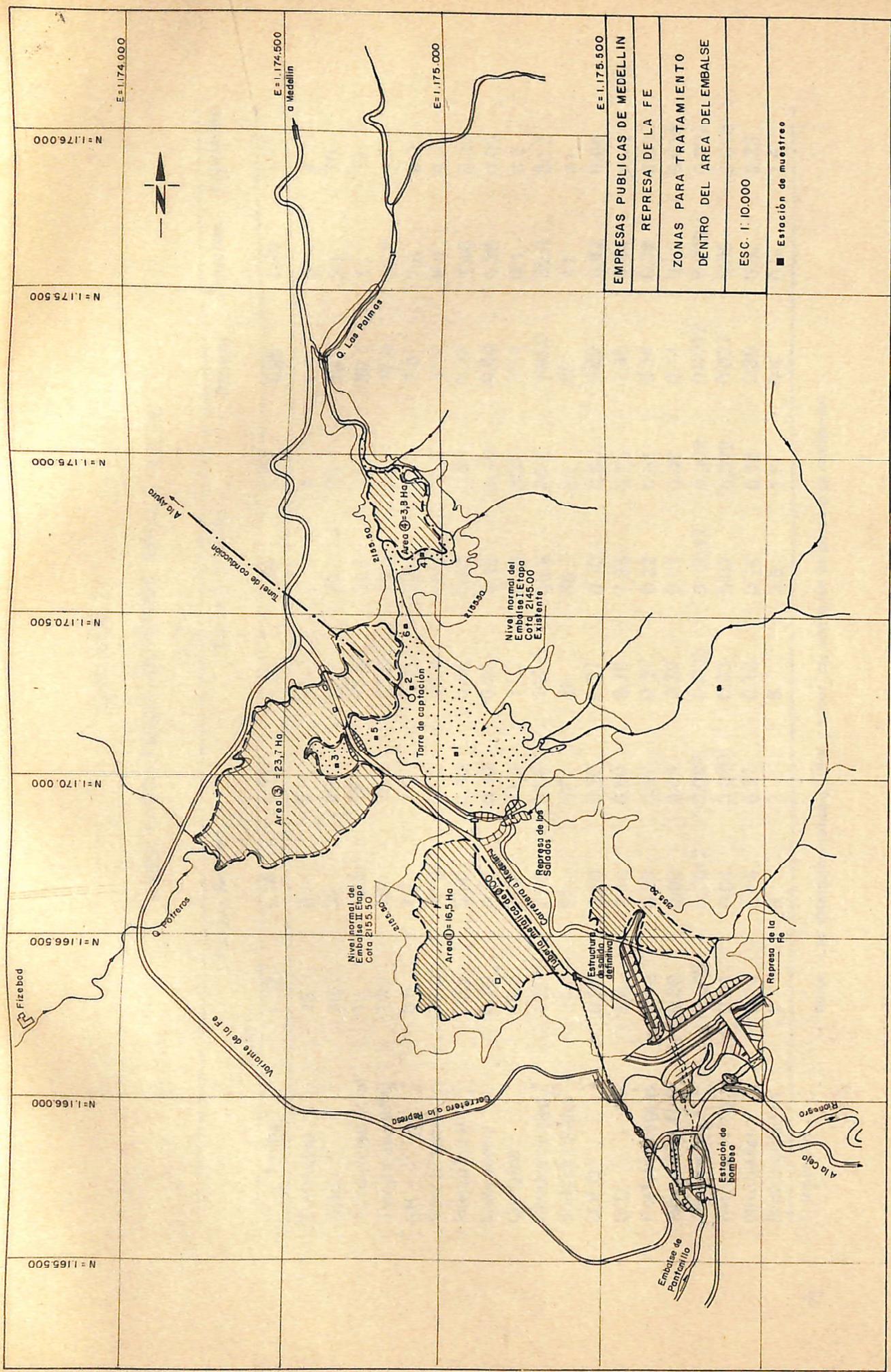


TABLA No. 1

RESULTADOS FISICO-QUÍMICOS, AGUA - "LA FE"
1973

Fecha	Centro Represa			Torre Captación			Palmas		Potreros		Pantanillo
	ppm	1.12	1.18	1.25	1.12	1.18	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25
Turbiedad	13	9	9	11	7	8	1	9	2		
Color	70	32	30	60	22	25	10	30	20		
Alcalinidad total	19	15.5	15	18.5	14.0	16	20	11	12		
Temperatura °C	17.2	18	18.7	17.5	18.7	18.7	19.8	19.8	17		
pH	8.0	7.7	7.7	7.9	7.5	7.7	7.6	7.8	8.0		
Dureza total	22.0	16.0	14.0	20.0	19.0	15.0	19.0	8.0	9.0		
Hierro total	0.96	0.66	0.40	0.86	0.54	0.68	0.28	1.46	0.38		
Manganese	0.50	0.15	0.10	0.50	0.15	0.10	0.00	0.20	0.00		
Cloruros	15.5	20.0	11.0	17.3	21.8	30.0	35.4	9.1	8.2		
Conductividad *	105.0	71.0	81.5	102.0	85.6	84.2	140.0	30.0	30.2		
Sólidos totales	77	52	57	85	56	63	80	41	41		
D.B.O.	0.35	0.70	0.70	0.37	0.70	0.80	0.65	0.83	0.64		
O.D.	5.5	7.15	6.50	6.16	7.35	6.30	7.15	6.54	6.40		
Fosfatos totales	0.42	0.29	0.42	0.52	0.22	0.55	0.34	0.38	0.30		
Ammoniacol N	0.06	0.00	0.04	0.22	0.01	0.08	0.14	0.02	0.035		
Nitritos N	0.006	0.0012	0.004	0.005	0.0012	0.002	0.0012	0.012	0.002		
Nitratos N	0.01	0.04	0.036	0.03	0.02	0.022	0.027	0.05	0.018		
Ortofosfatos	0.22	0.16	0.22	0.18	0.14	0.18	0.30	0.32	0.23		
Profundidad m	2	3	3	3	3.5	3.5	0.4	0.5	1.5		

* mhos/cm.

Nota: Las determinaciones de olor y sabor, así como los fenoles no se realizaron.

actual de 500 mil M³ con un período de detención de 4 días aproximadamente. La segunda etapa tendrá una capacidad de 15 millones de M³ con un período de detención de 40 días. Actualmente recibe 2.600 l/seg. de las Quebradas Las Palmas y Potreros en promedio. En el futuro recibiría aproximadamente 3.000 l/seg. del Río Pantanillo. La represa entrega a Medellín en la actualidad 120.000 M³/día y en el futuro aportará 430.000 M³/día.

El programa de trabajo enunciado atrás se cumplió entre el 12 y el 25 de enero de 1973, época de verano intenso, con la participación de ingenieros sanitarios, biólogos, ingenieros químicos, geólogos, ingenieros agrónomos y bacteriólogos.

Los resultados obtenidos son:

4.1 Análisis físico-químico de aguas.

Es importante observar en los resultados tanto de la represa como de los afluentes (Ver tabla No. 1) el bajo contenido de materia orgánica (baja demanda bioquímica de oxígeno DBO) y el buen nivel de oxígeno disuelto (OD).

En general estas aguas son de baja turbiedad y bajo color. El agua de la represa tiene alto contenido de hierro y manganeso los que son aportados principalmente por la Quebrada Potreros. Se encontró en todos los análisis un contenido relativamente alto de nitratos y fosfatos aprovechables como nutrientes de microorganismos, los que permiten esperar una proliferación indeseable de algas que producirán olor y sabor al agua.

Sin embargo, a pesar de que los análisis de agua muestran bajo contenido de materia orgánica, de la observación directa de los sedimentos arrastrados a lo largo del fondo de las Quebradas, especialmente la Potreros se verifica la llegada de una cantidad apreciable de materia orgánica en forma de partes de hojas descompuestas y partículas leñosas conjuntamente con una notable cantidad de sedimentos que se están aportando al embalse.

4.2 Análisis químico de lodos y análisis microscópico de sedimentos.

El análisis químico de lodos (ver tabla No. 2) reportó mucha materia volátil (materia orgánica) y alto contenido de nutrientes de microorganismos. De las observaciones de campo se puede resaltar la gran cantidad de sedimento que presenta la represa en las zonas de entrada de los afluentes, en especial de la Quebrada Potreros, sedimento compuesto por arena, materia orgánica en cierto grado de descomposición, hojas, partículas leñosas, etc., material que constituye una alimentación alarmante a la represa de materia orgánica y otros nutrientes y que a la vez está produciendo una disminución gradual de la capacidad del embalse.

Del análisis microscópico de los sedimentos se saca en claro que el aporte de la Quebrada Las Palmas corresponde a erosión superficial, en tanto que el de Potreros es primordialmente una erosión de masa que muestra sin lugar a dudas un tipo de erosión profunda cuyo origen puede ser una deforestación reciente de la hoya.

TABLA No. 2
ANALISIS QUIMICO DE LODOS

Item	L-1*	L-2*
Densidad gr/cm ³	1,38	1,14
Sólidos totales mg/gr lodo	272	300
Sólidos volátiles mg/gr lodo	40,4	51,0
Sólidos fijos mg/gr lodo	231,6	249,0
Nitratos N mg/litro de lodo	1,12	1,2
Fosfatos solubles PO ₄ mg/litro de lodo	11,4	8,0

L-1: Lodos de fondo represa lodo entrada Q. Potreros.

L-2: Lodos de fondo represa lodo entrada Q. Las Palmas.

4.3 Análisis bacteriológico.

Los análisis muestran que las aguas del Río Pantanillo son las más contaminadas, presentando un contenido de coliformes con NMP de 24.000 por 100 ml., como era de esperarse por las descargas de El Retiro, y la menos contaminada la Quebrada Potreros con un NMP de 360 por 100 ml.

Los análisis de aguas del Río Pantanillo y los de lodos en la represa a la entrada de la Quebrada Potreros (no así los de Las Palmas) revelaron la presencia de Actinomyces.

Los Actinomyces son organismos unicelulares microscópicos filamentosos, clasificados como bacterias, muchos de los cuales producen esporas, semejantes a las de los hongos, las que debido a su tamaño tan pequeño pueden atravesar los filtros de las plantas de tratamiento pasando a los tanques del sistema de distribución donde se desarrollan formando nuevas células. Esto puede ser una de las causas de olor y sabor desagradable que a veces aparece en el agua distribuida, a pesar de que sale de la planta exenta de gusto y olor. El sabor producido por estos organismos es conocido como "sabor de tierra".

Los actinomyces por lo general no se encuentran en el agua en gran número sino en los depósitos de lodo, en el fondo de lagos ó ríos, pero sí hay una disolución en toda el agua de los productos odoríferos de su metabolismo.

Cabe destacar que es la primera vez que en nuestro medio se realiza identificación de Actinomyces en fuentes de agua.

4.4 Análisis biológicos.

Las tablas No. 3 y 4 muestran tanto los organismos planctónicos como de fondo (bentales), identificados en el embalse durante los períodos de muestreo de acuerdo al programa.

Se observa que la gran mayoría de las algas presentes son cualitativa y cuantita-

TABLA No. 3
CONTAJE DE PLANCTON EN LOS DOS SITIOS SELECCIONADOS

Sitio	Centro			Toma	
	12-I-73	18-I-73	25-I-73	18-I-73	25-I-73
Fecha Muestreo	273	1.365	1.456	546	1.911
No. Org./c.c.					
Organismos Identificados	Scenedesmus Synedra	Synedra Pinnularia Mougeotia Closterium Navicula Oscillatoria Euglena	Synedra Closterium Oscillatoria Spirogyra Cyclops	Mougeotia Scenedesmus Navicula Synedra	Mougeotia Navicula Synedra Closterium Spirogyra Desmidium Oscillatoria Cyclops

TABLA No. 4
ORGANISMOS BENTONICOS O DE FONDO CORRESPONDIENTES A
LOS TRES PERIODOS DE MUESTREO

1973

Organismo	Centro			Toma	
	Enero 12	Enero 18	Enero 25	Enero 12	Enero 25
Anelida (Tubificidae)	400	310	350	402	163
Anelida (Glossiphonidae)	13	20	22	7	5
Díptero (Chironomus)	0	3	5	5	21
Pelecypoda (Ostra)	1	0	1	4	3
Total organismos	414	333	378	418	192
Total org/M²	10.350	8.320	9.450	10.450	4.800

tivamente normales, es decir, no representan problemas a la calidad del agua.

Sin embargo, en el muestro del 25 de enero se encontró una cantidad apreciable de algas verde azules *Oscillatoria* sp en el fondo de la represa cuya presencia es muy inconveniente. Se encontró un número alto de organismos de fondo, típicos de zonas de gran acumulación de materia orgánica. Las muestras de fondo estudiadas muestran gran cantidad de material vegetal reciente y en proceso avanzado de descomposición.

Como el estudio se realizó en verano intenso, sería recomendable estudiar el embalse en invierno para comparar su comportamiento.

Se cree que durante el verano las capas inferiores de agua están en estado de relativa quietud y bajo esas condiciones se va acumulando en ellas mayor cantidad de alimento, el cual es aprovechado, cuando el embalse entra en períodos de mayor circulación, por el plancton en presencia de luz y oxígeno produciéndose crecimientos notables de algas con sus lógicas consecuencias para la calidad del agua.

Se observó, en el reconocimiento previo a principios de diciembre, gran cantidad

de algas (masas) superficiales las cuales fueron desapareciendo a medida que avanzaba el verano, lo que podría ser una consecuencia del fenómeno descrito.

V. TRATAMIENTO AL AREA DE FUTURA INUNDACION.

Los tratamientos posibles al área de inundación de un embalse van desde la remoción completa de la vegetación aérea y del primer horizonte de materia orgánica (descapote) hasta la inundación dejando el área intacta pasando por varias posibilidades intermedias. Otra alternativa que se usaba era la quema de la vegetación y el descapote, alternativa que es desde luego la más costosa. Sin embargo la firma proyectista de la obra INTEGRAL LTDA. propuso se estudiara la posibilidad de recubrir el área de inundación, después de removida la vegetación mayor, con suelo de zonas de préstamo vecinas, lo que puede representar una solución más barata.

Por otra parte al iniciarse esta investigación se planteó la hipótesis de que los problemas de fertilización del agua de la represa podrán tener sus causas más fuertes no en el área de inundación misma sino en los aportes de las fuentes al embalse y que posiblemente la magnitud del daño dejando la zona sin ningún tratamiento fuera despreciable frente al que puedan causar los aportes de las fuentes.

Planteadas las cosas de esa manera, se diseñó un experimento en el laboratorio que consistió en poner en contacto agua de la represa y suelo no alterado del futuro embalse y analizar los resultados sobre el agua a lo largo del tiempo.

Se procedió así:

- a. Un recipiente con la grama directamente en contacto con una columna de agua (E2).
- b. Un recipiente con la grama recubierta con una pulgada del suelo de préstamo, apisonado, y sobre éste la columna de agua (E1).

El experimento fue duplicado por razones de seguridad en otros dos recipientes de mayor área de contacto, que son (E4) para la grama sola en contacto con el agua y (E3) para la grama recubierta con suelo.

Las dos variantes del experimento son reportadas en la literatura, ya que este es un experimento de aplicación normal para este tipo de investigaciones.

Los resultados de los análisis del agua tomada de los recipientes en muestreos de acuerdo al programa se presentan en la tabla 5 y en los gráficos Nos. 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7.

Los gráficos 1 y 2 muestran unos resultados de OD y DBO sumamente elocuentes:

En los recipientes cubiertos de suelo el oxígeno disuelto permaneció en niveles altos muy aceptables en tanto que en los de grama sola, el oxígeno disuelto rebajó



TABLA No. 5

RESULTADOS ENSAYO DE LABORATORIO ANALISIS QUIMICO DEL AGUA

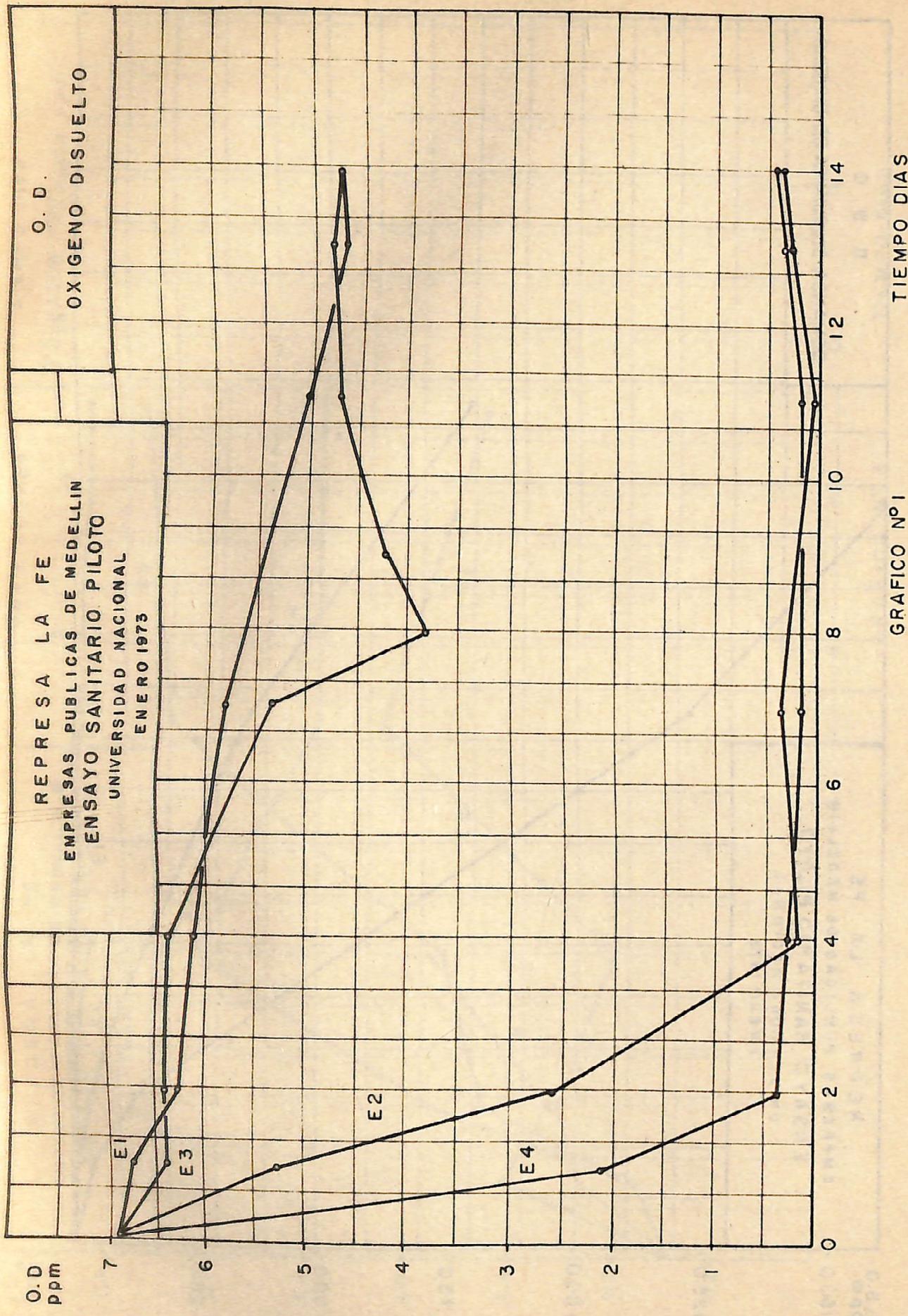
Fecha	Muestra	Conductividad mhos/cm	OD ppm	DBO ppm	ppm N. amoniacal	N. Nitritos	N. Nitratos	Fosfatos totales	Temperatura
Enero 18	Agua Original	99.3	6.90	0.30	0.00	0.003	0.040	0.24	22.5
Enero 19	E-1	100.0	6.70	0.63	0.02	0.0048	0.048	0.33	23.5
	E-2	98.0	5.22	0.81	0.05	0.0036	0.031	0.28	23.2
	E-3	74.0	6.40	0.80	0.00	0.0028	0.100	0.40	22.0
	E-4	93.0	2.05	2.1	0.10	0.0048	0.003	0.28	22.0
Enero 20	E-1	97.0	6.27	0.45	0.10	0.0072	0.033	0.35	23.5
	E-2	102.5	2.55	1.80	0.14	0.0026	0.000	0.42	23.2
	E-3	69.5	6.40	0.72	0.04	0.0048	0.070	0.36	21.0
	E-4	101.0	0.36	12.7	0.38	0.0008	0.009	0.48	21.0
Enero 22	E-1	96.5	6.14	0.50	0.02	0.0046	0.010	0.30	23.0
	E-2	102.5	0.10	15.2	0.06	0.0024	0.010	0.46	23.5
	E-3	69.5	6.40	1.5	0.00	0.0048	0.050	0.47	21.0
	E-4	14.0	0.20	57.5	0.50	0.0000	0.035	0.72	21.5
Enero 25	E-1	90	5.80	0.50	0.024	0.0036	0.026	0.52	24.5
	E-2	110	0.30	35.2	0.14	0.0010	0.014	0.74	24.3
	E-3	—	5.30	—	—	—	—	—	22.0
	E-4	200	0.10	121.6	0.44	0.0036	0.032	0.58	21.5
Enero 29	E-1	97.5	5.00	1.7	0.06	0.0008	0.010	0.42	25.0
	E-2	120.0	0.00	81.0	0.30	0.0000	0.035	0.76	24.5
	E-3	—	4.70	—	—	—	—	—	22.0
	E-4	330.0	0.10	189	0.86	0.0040	0.043	0.58	21.5

muy rápidamente y permaneció muy cercano a cero, (Gráfico No. 1).

En cuanto a la demanda bioquímica de oxígeno, en los recipientes recubiertos con suelo permaneció prácticamente inalterada en el nivel básico que tiene el agua afluente al embalse. En cambio en los recipientes en grama la demanda bioquímica de oxígeno tuvo una tendencia muy marcada a crecer hacia niveles inconvenientes.

La interpretación de estos resultados, conjuntamente con los demás parámetros analizados, nos lleva a concluir que el recubrimiento del área del embalse con suelo de las zonas de préstamo vecinas da unos resultados sumamente ventajosos para la calidad del agua del embalse, en comparación con la grama sola, por lo menos en las etapas iniciales de la inundación. Es de esperarse que estas tendencias se mantengan durante un período más o menos largo.

Quedaba sin embargo por ver si el suelo utilizado para préstamo podría aportar nutrientes que vinieran a fertilizar las aguas por disolución de sales contenidas en él. Los análisis químicos de este suelo (no incluidos aquí), conjuntamente con consideraciones de tipo geológico y mineralógico permiten afirmar que no habrá aportes



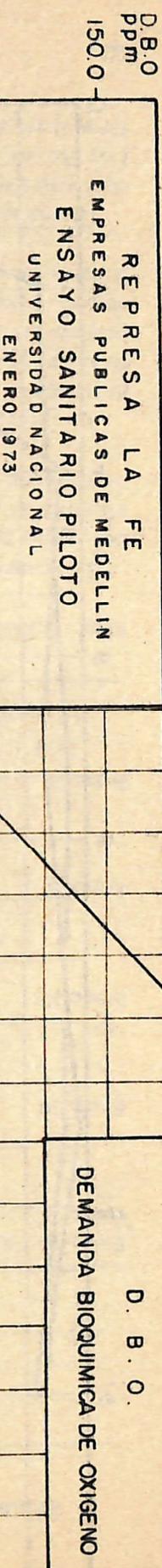


GRAFICO N°2

TIEMPO DIAS

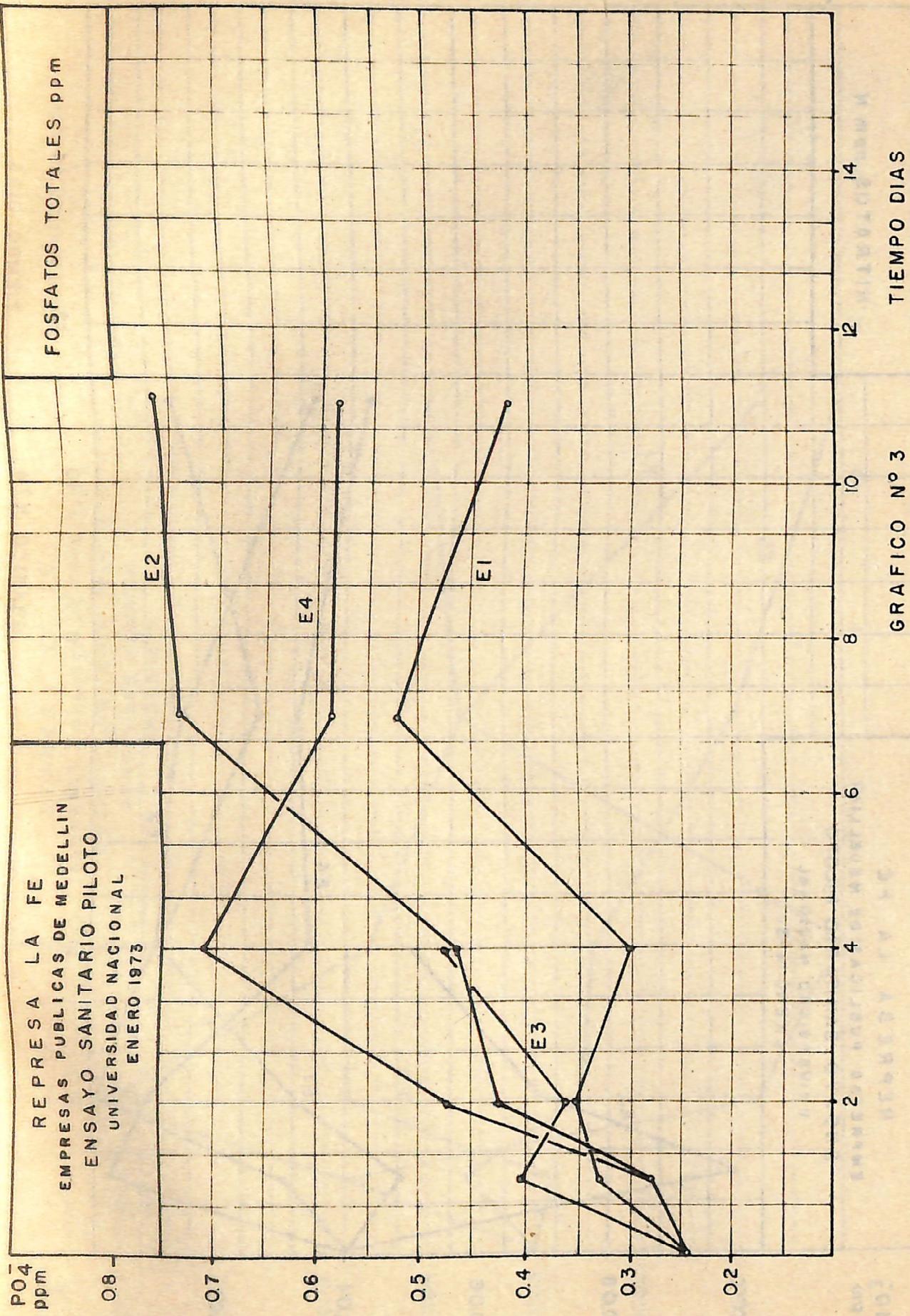


GRAFICO N° 3

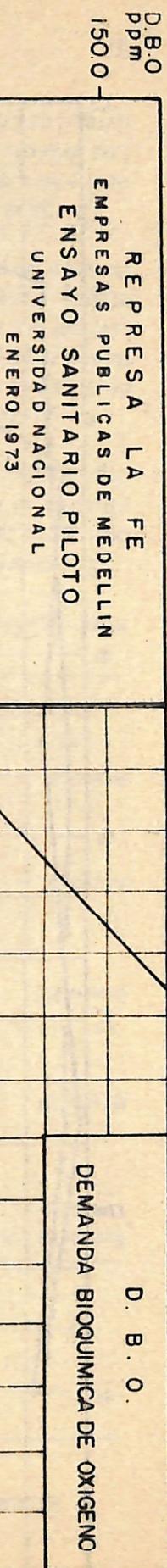


GRAFICO N°2

TIEMPO DIAS

REPRESA LA FE
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN
ENSAYO SANITARIO PILOTO
UNIVERSIDAD NACIONAL
ENERO 1973

FOSFATOS TOTALES ppm

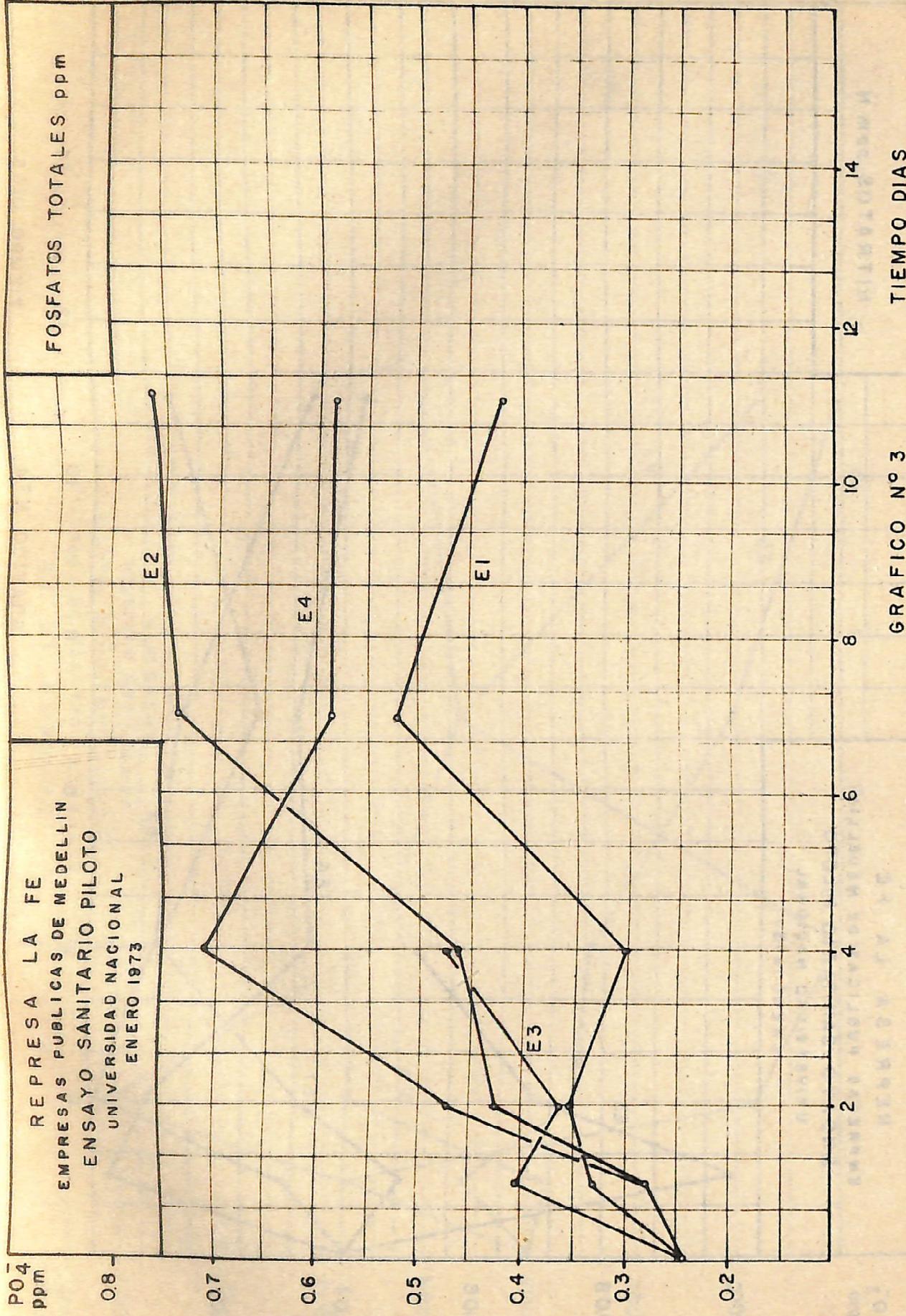


GRAFICO N° 3

Nº3
ppm

REPRESA LA FE
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN
ENSAYO SANITARIO PILOTO
UNIVERSIDAD NACIONAL
ENERO 1973

NITRATOS ppm N

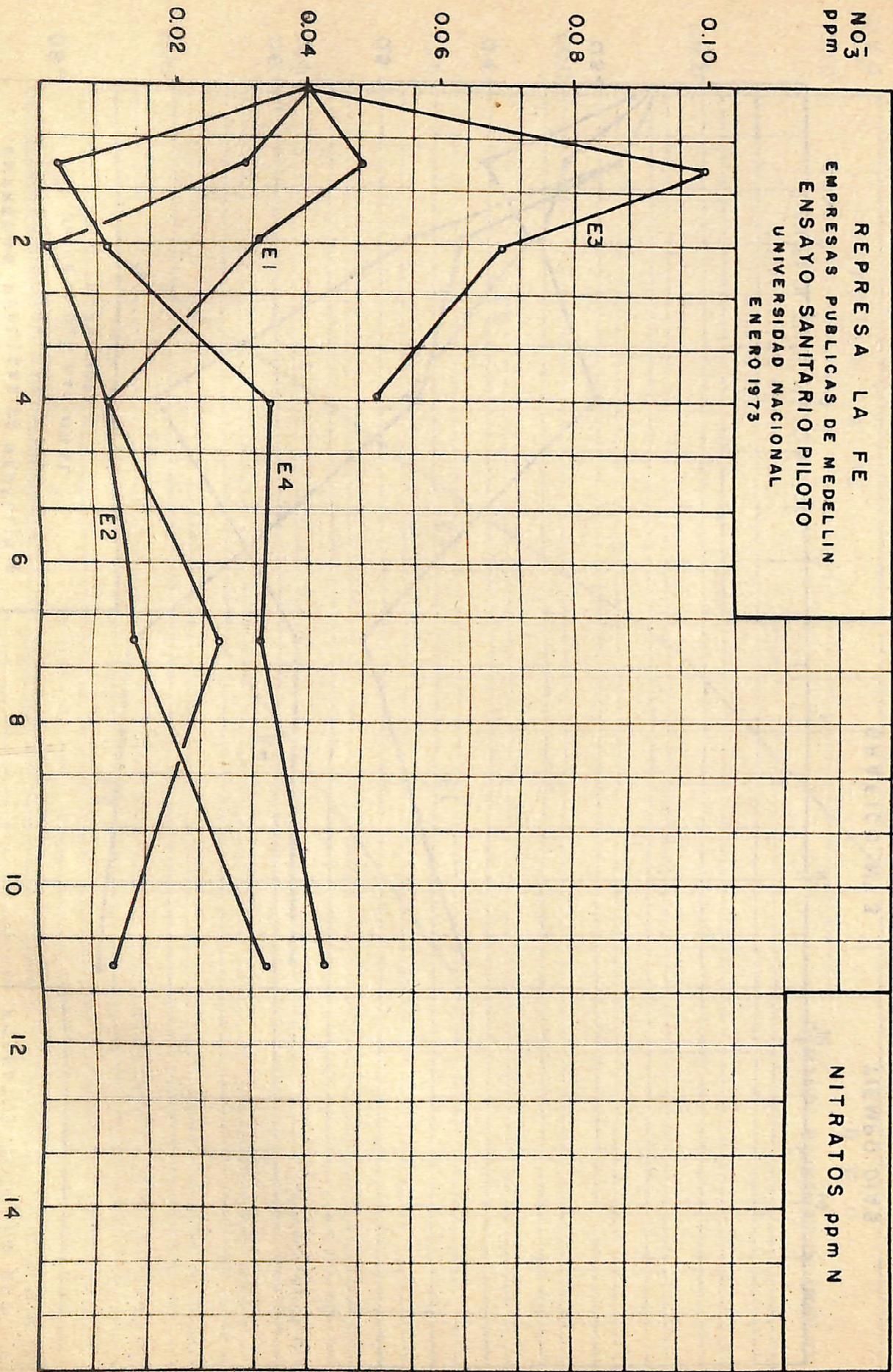


GRAFICO Nº4

TIEMPO DIAS

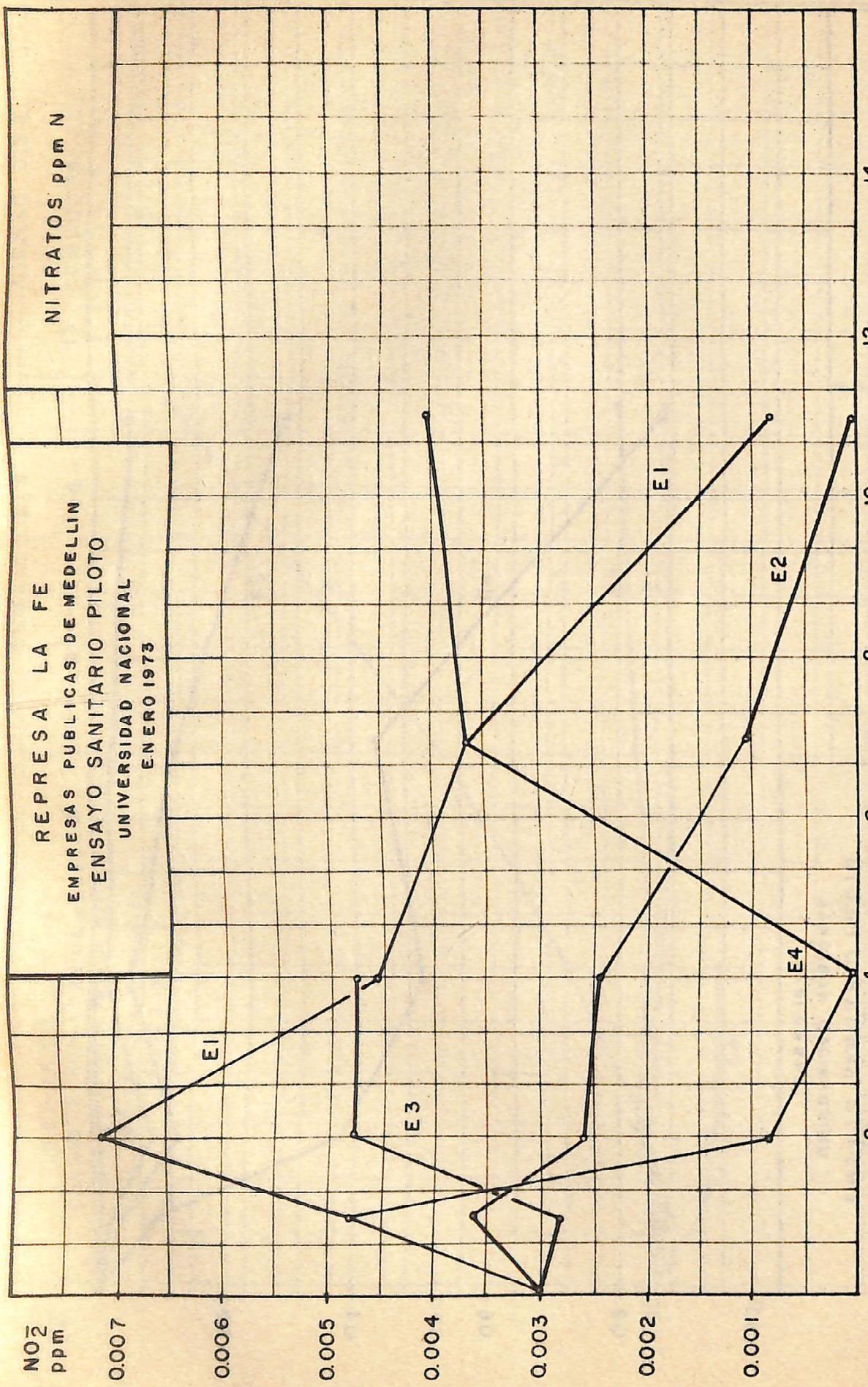


GRAFICO N°5

NH₃
ppm

REPRESA LA FE
EMPRESAS PÚBLICAS DE MEDELLIN
ENSAYO SANITARIO PILOTO
UNIVERSIDAD NACIONAL
ENERO 1973

N. AMONIACAL ppm N

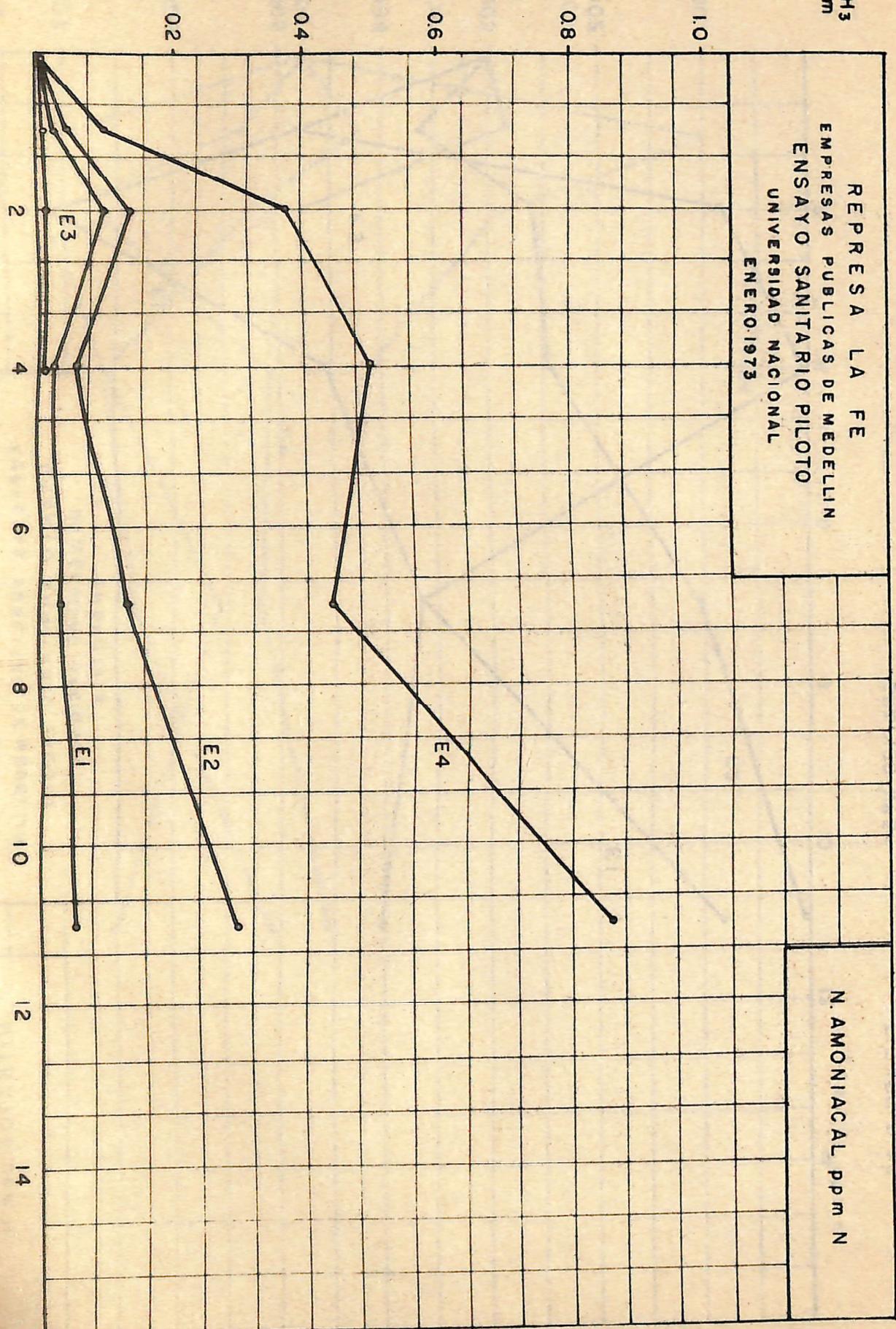
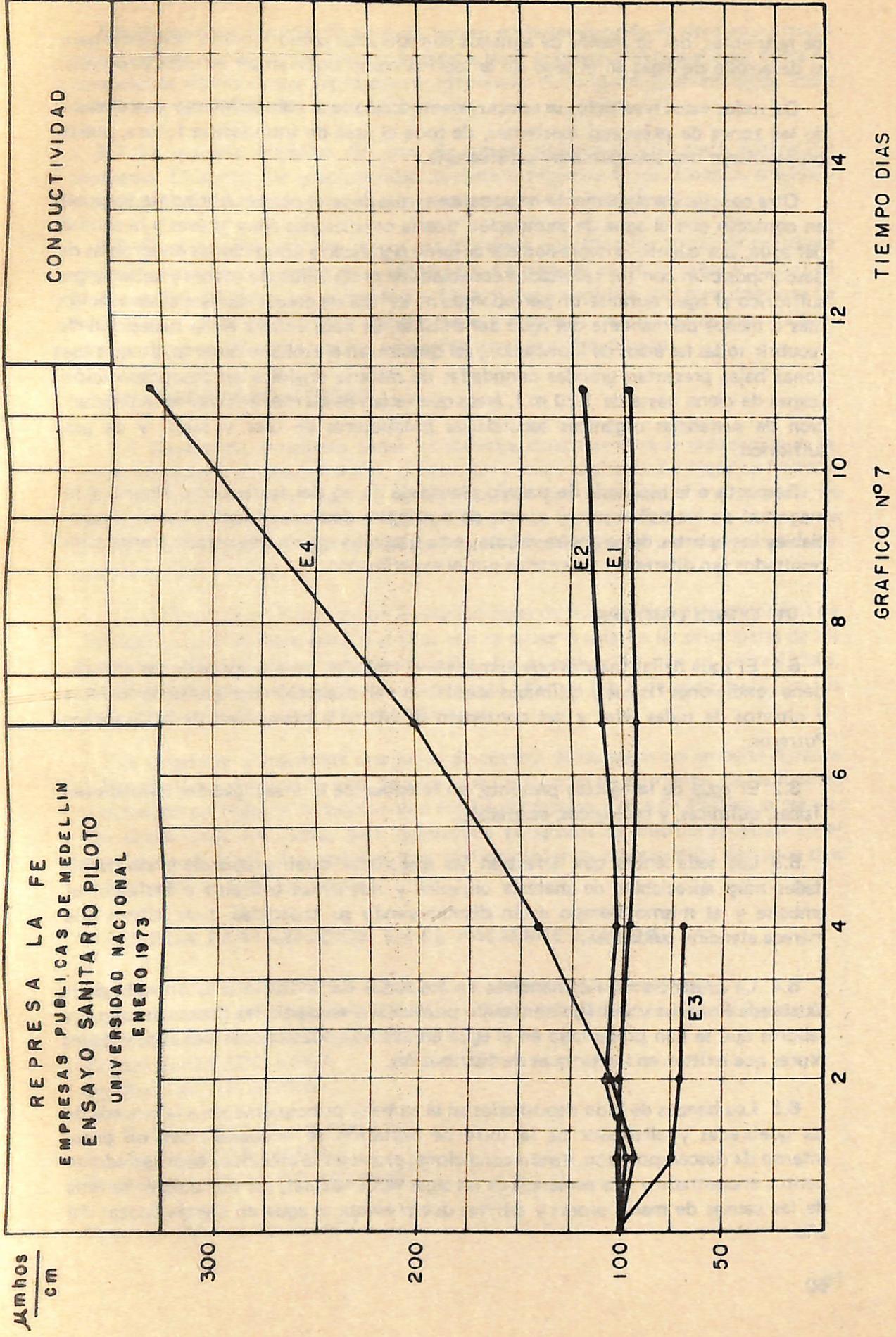


GRAFICO N° 6

TIEMPO DIAS



de nutrientes, por lo menos de aquellos considerados como factores limitantes para el desarrollo de algas en el seno de la represa como podrían ser nitratos y fosfatos.

De todos estos resultados se concluye entonces que el recubrimiento con el suelo de las zonas de préstamo existentes, de toda el área de inundación futura, puede proporcionar una solución muy satisfactoria.

Otra conclusión sumamente importante es que dejar el primer horizonte (capote) en contacto con el agua de inundación traería condiciones muy graves a la calidad del agua, por cuanto la depresión del oxígeno significaría condiciones anaerobias de descomposición con los resultados conocidos de producción de olores y sabor y gas sulfídrico al agua durante un período que no es fácil de prever, así haya renovación más o menos permanente del agua del embalse. Se hace énfasis en la necesidad de recubrir todas las áreas de inundación, así queden en el embalse muerto, ya que esas zonas bajas presentan grandes cantidades de materia orgánica en descomposición (capas de cieno hasta de 1.20 m.), áreas que serían de las más críticas en la producción de sustancias orgánicas secundarias productoras de olor y sabor y de gas sulfídrico.

Respecto a la hipótesis de trabajo planteada de no dar tratamiento alguno si la magnitud de los daños por el aporte de nutrientes desde las fuentes hacen despreciables los aportes del embalse mismo, esta hipótesis queda descartada frente a los resultados tan diferentes mostrados por el experimento.

VI. CONCLUSIONES

6.1 El agua de las fuentes que alimentan el embalse, para la época de los análisis, tiene condiciones físicas y químicas aceptables con excepción del aporte de fosfatos y nitratos de todas ellas y del contenido de hierro y manganeso de la Quebrada Potreros.

6.2 El agua de la represa presenta, en la época de la investigación, condiciones físicas, químicas, y biológicas, aceptables.

6.3 Los sedimentos que arrastran las quebradas están proporcionando cantidades muy apreciables de materia orgánica y nutrientes (nitratos y fosfatos) al embalse y al mismo tiempo están disminuyendo su capacidad a un ritmo que merece atención cuidadosa.

6.4 La presencia de *Actinomyces* en los lodos del embalse a la entrada de la Quebrada Potreros y del Río Pantanillo pueden ser, en parte, las causas de olores y sabores que se han presentado en el agua en determinadas épocas del año, y de los olores que existen en los tanques de distribución.

6.5 Los bancos de lodo depositados en el embalse principalmente a la entrada de las quebradas y alrededor de la torre de captación se encuentran en un grado intenso de descomposición, dando condiciones propicias al crecimiento exagerado de bentos encontrado y a la presencia de las algas verde-azules, los que pueden ser una de las causas de malos olores y sabores que presenta el agua en ciertas épocas del año.

6.6 No se debe inundar la zona de futuro embalse dejando el agua en contacto con el primer horizonte de materia orgánica, pues se comprobó que el agua entra en condiciones sépticas muy rápidamente (depresión de oxígeno, producción de ácido sulfídrico), cuya duración no es fácil prever.

6.7 La materia orgánica del área de futuro embalse es una parte apenas del problema. El aporte de gran cantidad de materia orgánica de los afluentes al embalse constituye otro aspecto al que hay que prestar atención inmediata.

6.8 El recubrimiento del área a ser inundada con suelo de zonas de préstamo vecinas, presenta resultados muy aceptables. La capa de suelo sería de 0.10 a 0.15 m. Se curbrirán todas las zonas donde haya materia orgánica inclusive donde se ha quemado, y con mayor razón aquellas bajas pantanosas que muestran espesos bancos de cieno en descomposición, así queden en el embalse muerto.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 Abocar de inmediato todas las medidas conducentes a la ordenación de la hoya en cuanto a rehabilitación, protección y mejoramiento del régimen hidrológico. Se trata de enmendar los daños causados por el sobrepastoreo, la tala en terrenos de fuerte pendiente y las quemas, y de aplicar medidas de control de erosión. Las Empresas Públicas cuentan ya con estudios que les permiten emprender esta labor desde ahora.

7.2 Aplicar en la Planta de La Ayurá métodos de tratamiento para el control de *Actinomyces*, si se demuestra que ellos son la causa ó una de las principales de los brotes de olor y sabor en la distribución. La investigación que se ha realizado, dentro de plazos tan angustiosos, no permite afirmar fuera de toda duda que los *Actinomyces* sean la causa de esos problemas.

7.3 Organizar y mantener una labor de control de las aguas del embalse durante la inundación y después de ella. Se teme que los aportes de nutrientes de las fuentes y el mayor período de detención que tendrá el embalse, cerca de 45 días, presentarán condiciones favorables para desarrollos peligrosos de microorganismos en el agua ó en el fondo del embalse, que podrán dañar la composición del agua que actualmente es de buena calidad.

TUVIERON PARTICIPACION EN EL PRESENTE ESTUDIO

Ingeniero JAIRO RAMIREZ MEDINA

Jefe de la Investigación

Ingeniero LUIS HERNANDO GIL V.

Jefe Laboratorio Ingeniería Sanitaria.

Ingeniero HORACIO MUÑOZ AHMED

Biólogo EDUARDO VEGA

Ing. Agr. OSCAR OSPINA L.

Ing. Geólogo MICHEL HERMELIN

Ing. Agr. HECTOR MEDINA

Bacterióloga ROCIO DE ARANGO

Medellín, Febrero 13 de 1973