

DISPOSICION DE RESIDUOS CIANURADOS Y CONTAMINACION HIDROLOGICA AMBIENTAL EN ZONAS ALEDAÑAS A LA PLANTA AURIFERA DE PUEBLO VIEJO

MIGUEL LAJARA P.

1. INTRODUCCION

La importancia de la explotación aurífera de la ROSARIO DOMINICANA puede estimarse adecuadamente, considerando que el oro que ella produce se ha comportado durante los últimos años como el segundo producto de exportación dominicano, solamente superado por el azúcar.

Es comprensible, en consecuencia, que los diversos aspectos de la actividad desarrollada por la empresa, desde los días en que inició sus operaciones (1975), hayan sido objeto del interés público: aspectos geológicos, económicos, ecológicos, etc.

En la perspectiva ecológica, el hecho de que la ROSARIO emplee en su proceso metalúrgico un método de cianuración (en la actualidad, el mejor conocido y más ampliamente adoptado para la extracción de oro y plata de sus menas) y siendo el ácido cianhídrico y sus sales, los cianuros, productos industriales altamente tóxicos, ha atraído la atención de políticos, periodistas, investigadores, etc., interesados legítimamente en conocer o evaluar o denunciar posibles situaciones de impacto ambiental perjudiciales a las comunidades aledañas a la planta.

La presente investigación, inspirada en el propósito de contribuir al esclarecimiento del controvertido tema, fue propuesta por el autor a la División de Estudios Especiales del Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC), siendo aprobada por la misma a principios del mes de noviembre de 1980.

Su realización ha sido posible, en primer término, por el patrocinio del INTEC, pero cooperaron con la misma en forma decisiva la Defensa

Civil, proporcionándonos amparo oficial, la sección de Química de los Laboratorios del INTEC con sus recursos, y la administración de la ROSARIO DOMINICANA, que no puso cortapisas de ningún género en los trabajos de observación y recolección de información en el recinto de la planta.

Asimismo, prestaron su ayuda los señores H. Balcácer e Ing. Domínguez de la ROSARIO, los técnicos analistas F. Peralta y W. Lajara y los señores Manzueta, chofer, y Bautista, muestrador, moradores de Las Lagunas.

Por supuesto, los resultados de los análisis y las conclusiones son responsabilidad exclusiva del autor.

II. OBJETIVOS

Desde su concepción, la investigación se planeó sobre la base de que sería exclusivamente química, cuantitativa y con amplia labor de campo.

Sus objetivos finales habrían de ser:

- 1.- Conocer y evaluar la eficiencia de los métodos de disposición de residuos de cianuro en la planta.
- 2.- Ejecutar durante un período de tres meses (ampliado luego a ocho meses) un monitoreo de la calidad de las aguas (específicamente, presencia de ion CN^- libre) en las áreas de acceso público, de zonas aledañas a la planta. (Ver mapa No. 1).
- 3.- Proveer al INTEC, la Defensa Civil, la Administración de la Rosario y a la ciudadanía interesada, los resultados de una investigación realizada por un grupo de trabajo independiente y que abarcase un período razonable.

III. PROCESO METALURGICO DE LA ROSARIO

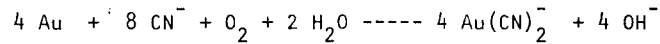
La ROSARIO DOMINICANA emplea en la extracción del oro y la plata un proceso de cianuración, así denominado porque uno de los agentes químicos claves del mismo es el ion CIANURO, CN^- , en forma de sal, generalmente alcalina, como el cianuro de sodio, $NaCN$.

El proceso o método de la cianuración es el mejor conocido y más ampliamente adoptado para la extracción del oro y la plata de sus menas (7) (8).

Inventado en 1887, el proceso es notable a causa de la naturaleza del disolvente (un compuesto altamente venenoso); la efectividad de soluciones relativamente débiles (0.01 a 0.10% de cianuro de potasio o su equivalente); y porque hizo posible el tratamiento económico de yacimien-

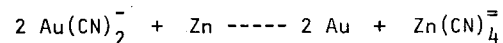
tos con mineral de bajo contenido metálico (0.8 oz/ton en R. D.; 0.2 oz/ton en Sud-Africa).

En forma resumida, el procedimiento consiste en triturar y pulverizar el mineral y someterlo a la acción disolvente de la solución cianurada. La reacción de lixiviación se realiza conforme a la ecuación:



Para la completa extracción se requiere una aeración y agitación continuas por un período de a veces hasta 40 horas. Usualmente se añade cal para controlar el pH y reducir los efectos perjudiciales de ciertos minerales, notablemente sulfuros de cobre, hierro, antimonio y arsénico que suelen estar presentes y que consumen cianuro u oxígeno provocando una baja recuperación del oro.

Después de la disolución del oro y la plata la suspensión, que contiene un 50% de sólidos, es continuamente lavada, decantada a contracorriente y filtrada hasta tener una solución con 10 ppm de sólidos. Finalmente se elimina el oxígeno disuelto en torres de desaeración y el oro es precipitado mediante la adición de zinc en polvo, según la ecuación siguiente:



Mediante destilación se elimina el Hg, por fusión el zinc y finalmente se obtiene el doré (aleación de oro y plata). Posteriormente se requiere refinamiento.

IV. DISPOSICION DE RESIDUOS

Las aguas de lavado que contienen gangas en suspensión, complejos cianurados y cianuro libre, son embalsadas en la denominada Presa de Colas, construída sobre el antiguo cauce del riachuelo Mejiíta. (Ver Mapa No. 2).

Con el reposo, el líquido sobrenadante que contiene todavía concentraciones aprovechables de CN^- , es reutilizado mediante instalaciones al objeto.

En la planta de la ROSARIO no se someten a ningún tratamiento químico las aguas residuales.

Para la eliminación al exterior de líquidos desechables, en otra pequeña presa adjunta, Presa del Este, se aísla una porción de la masa líquida, se vigila la degradación del cianuro mediante análisis cuantitativos diarios, y cuando su concentración ya no es detectable (menor de 0.01 ppm, con el método de la Pridina-Pirazolona) se efectúa su derrame al exterior mediante un sifón, en una operación que dura unos 8-16 días.

Como se ve, se cuenta exclusivamente con la degradación espontánea

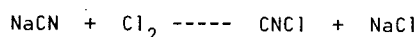
de los cianuros que, particularmente en las aguas naturales, se transforman en complejos de metales pesados, aniones complejos, etc., y, en general, en productos insolubles o no tóxicos. La acción atmosférica (CO₂) y la intensa radiación solar del trópico, aceleran el proceso, como puede apreciarse en la Gráfica de Degradación No. 1.

En la Presa del Este, donde se vigila la degradación del cianuro antes de su eliminación al exterior, los análisis iniciales muestran concentraciones de CN⁻ entre 4 y 7 ppm. Cabe señalar que, a tales concentraciones, la dosis tóxica para un adulto de unas 150 libras, requeriría el consumo de unos 23 litros del líquido (6 galones aproximadamente).

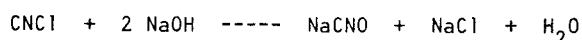
En la Presa de Colas, las concentraciones rara vez exceden los 40 ppm, siendo la dosis tóxica en este caso de unos 3 litros.

Las dos unidades anteriores se encuentran dentro del recinto de la planta y obviamente, en zona no accesible al público.

El tratamiento clásico para las aguas de desecho industrial contaminadas de cianuro es la clorinación alcalina:



El cloruro de cianógeno, CNCl, es aún más tóxico que el cianuro, pero a un pH alto, muy alcalino, se transforma en cianato, CNO⁻, que tiene una toxicidad limitada:



La clorinación alcalina de los compuestos de cianuro es relativamente rápida, pero depende igualmente de la Constante de Disociación de los complejos, y requiere un significativo exceso de cloro gaseoso, que es también un agente químico de manejo peligroso, y, en nuestro medio, caro.

V. TOXICOLOGIA DE LOS CIANUROS

Los cianuros solubles, al igual que el ácido cianhídrico son compuestos altamente tóxicos que inhiben la oxidación celular y causan la muerte por asfixia. Las sales alcalinas, debido a su alta solubilidad son sumamente tóxicas, en particular por la vía oral.

DLM = Dosis Letal Media

DLM en ratas (oral)	2.5 mg/kg
DLM en perros (oral)	1.6 mg/kg
DLM en conejos(oral)	2.2 mg/kg

En adultos humanos, la muerte ocurre con 50 mg del ácido o con

250 mg de la sal potásica. (13)

El envenenamiento puede ocurrir por ingestión, absorción a través de la piel herida, o por la acción del H liberado por la acción del ácido carbónico u otros ácidos.

Las soluciones concentradas actúan corrosivamente sobre la piel. Los trabajadores industriales expuestos diariamente a soluciones de cianuro pueden desarrollar una erupción "del cianuro", caracterizada por picazón, y eventualmente por máculas y ampollas. Frecuentemente hay infecciones secundarias. (9)

La exposición a pequeñas cantidades de cianuro por largos períodos se ha reportado que puede causar pérdida del apetito, dolor de cabeza, debilidad, náusea, tontera y síntomas de irritación en el tracto superior respiratorio y en los ojos.

El cianuro nunca está presente en forma natural en las aguas, sino que es el resultado de una contaminación. Aun a concentraciones sumamente bajas su efecto tóxico sobre la vida acuática ha sido comprobado. (4). A dosis de 0.1 ppm ya experimenta su acción tóxica algunos peces. Esta toxicidad depende también del pH, la temperatura y las especies afectadas. (4)

Es de notar aquí que la flora bacteriana no muere, sino que se inhibe mientras está presente este tóxico, volviendo a desarrollar su actividad normal cuando desaparece la causa que lo produjo, es decir, el cianuro.

En las aguas naturales los cianuros rápidamente forman complejos con los metales pesados, cuya toxicidad es debida al HCN molecular liberado por la disociación del ciano-complejo.

La constante de disociación de los complejos de cianuro con los diversos metales, es diferente para cada uno de ellos, y, por tanto, se aprecian grandes diferencias en la toxicidad de los mismos. Los complejos de zinc, cadmio y plomo se disocian rápidamente. La disociación del cobre es menor; aún menor es la disociación en los complejos de plata, oro, níquel y cobalto.

No hay disociación detectable en los complejos de cianuro y hierro. Esto se refleja en los resultados de los estudios toxicológicos, que muestran la reducida toxicidad para el níquel y el cobalto y la ausencia de toxicidad en los complejos de hierro. (2)

Es oportuno citar que (5) "la luz solar, aunque fundamental para la actividad biológica de la mayoría de los ecosistemas acuáticos, no se considera usualmente un factor importante en cuanto a efectuar la toxicidad de las sustancias hacia los peces. Sin embargo, se ha reportado que soluciones acuosas de ferro y ferricianuros de potasio se hicieron altamente tóxicas para los peces en días muy soleados, debido a la liberación de los cianuros a través de la fotodescomposición de comple

jos, por otra parte estables".

En cuanto a la utilización doméstica de las aguas contaminadas con trazas de cianuro, las normas vigentes son las siguientes:

La OMS en su BOLETIN DE NORMAS INTERNACIONALES PARA EL AGUA POTABLE, recomienda un límite de concentración máxima de 0.05 mg/litro.
(15)

La legislación de USA establece un "límite recomendado" de 0.01 mg/litro y un "límite de tolerancia" de 0.2 mg/litro.

Límite recomendado = Concentración que no debe ser excedida cuando están disponibles otras fuentes más adecuadas.

Límite de tolerancia = Concentración por encima de la cual, la fuente debe ser rechazada.

VI. PROGRAMA DE ANALISIS

a) *Calendario*

Los análisis comprendidos en este trabajo se realizaron entre los días 3 de noviembre de 1980 y el 13 de junio de 1981. Originalmente se planteó un monitoreo de 3 meses en la zona; posteriormente se decidió ampliar el programa para incluir los meses lluviosos de mayo y junio (esperanza plenamente lograda).

Los puntos de mayor interés fueron muestrados con mayor frecuencia. Las interrupciones, las más de las veces, fueron provocadas por la escasa y precaria transportación de que se dispone en el área.

Personalmente realizamos muestreos ampliados en áreas no necesariamente cercanas a la planta, pero denunciadas por los lugareños como sitios de contaminación. En estas ocasiones se incluyeron métodos de ensayos cualitativos, acompañándolos con pruebas de testigos preparados con las mismas aguas naturales.

b) *Puntos de Muestreo*

Los puntos escogidos en la zona exterior de la planta, de acceso público, para la toma de las muestras y su envío al laboratorio, fueron seleccionados en base a los siguientes criterios:

1. Proximidad de la zona de desecho de la industria.
2. Cauces naturales de posibles filtraciones o desbordamientos.
3. Areas denunciadas por los lugareños como contaminadas .

(Ver Mapa No. 2)

c) *Muestras*

Salvo en los análisis de campo, todas las muestras tomadas fueron mayores de 500 ml, preservadas con NaOH hasta un pH= 12, envasadas y transportadas en recipiente plástico y analizadas en un intervalo no mayor de 10 horas. Las muestras no fueron refrigeradas. (3)

VII. METODOS DE ANALISIS EMPLEADOS

Los métodos de análisis empleados fueron preferentemente los colorimétricos y los ensayos a la gota, dados su gran sensibilidad y especificidad y el nivel de contaminación esperado.

No. 1 *Método de la Piridina-Benzidina* (6)

Fue utilizado en la rutina diaria por su sensibilidad notable. Generalmente se pasaron testigos por el tren de análisis a una concentración de 0.05 ppm de CN^- , con resultados claramente positivos. Se basa el método en hacer reaccionar el ion CN^- con bromo, Br_2 , para formar bromuro de cianógeno, el cual forma un complejo con la piridina que da una reacción coloreada con la benzidina. Concentración límite = 0.02 ppm.

No. 2 *Método de la Piridina-Pirazolona* (2) (3)

Su empleo se limitó a algunos análisis de campo. Envuelve convertir el CN^- en cloruro de cianógeno por reacción con la cloramina-T y formación de un colorante al reaccionar con el reactivo piridina-pirazolona. Concentración límite = 0.01 ppm.

No. 3 *Reacción con Acetato de Cobre-Acetato de Benzidina* (11-12)

Método cualitativo realizable en pocillo de porcelana.

La reacción dependen de la producción de oxígeno nascente en la descomposición intermedia del cianuro cúprico; el oxígeno nascente oxida la benzidina a un compuesto azul. Se empleó en pruebas de campo. Sensibilidad = 0.25 ug de CN^- .

No. 4 *Reacción con Sulfuro de cobre* (11) (12)

Método cualitativo.

Las soluciones de cianuro disuelven fácilmente el sulfuro cúprico negro, formando cupricianuro de potasio incoloro. La técnica es la gota.

Sensibilidad = 2.5 ug de CN^- .

VIII. RESULTADOS DE LOS ANALISIS

NOTA: En el Mapa No. 2 se señalan los puntos de muestreo.
En la TABLA DE RESULTADOS se emplean para identificarlos, las siguientes siglas:

MEJ = Riachuelo Mejiña
MAG I = Rio Maguaco antes de la confluencia
MAG II = Rio Maguaco después de la confluencia
ALC = Riachuelo Al Caballo
PIM = Charco Piedra Imán
MAR = Rio Margajita
CDC = Cañada de Don cándido
AHO = Arroyo Hondo

N.D. = NO DETECTABLE

Resultado negativo con el método empleado

<u>MES</u>	<u>DIA</u>	<u>PUNTO DE MUESTREO</u>	<u>METODO</u>	<u>RESULTADO</u>
Nov. 80	3	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	4	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	5	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	6	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	7	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	8	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	10	MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
		MEJ	1	N.D.
11	MEJ	1	N.D.	
	MAG I	1	N.D.	
	MAG II	1	N.D.	

Nov. 80	12	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	14	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	15	MEJ	1-3	N.D.
		MAR	1-3	N.D.
		ALC	1-3	N.D.
	17	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	18	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	19	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	20	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	21	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	22	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	24	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
26	MEJ	1	N.D.	
	MAG I	1	N.D.	
	MAG II	1	N.D.	
27	MEJ	1	N.D.	
	MAG I	1	N.D.	
	MAG II	1	N.D.	
28	MEJ	1	N.D.	
	MAG I	1	N.D.	
	MAG II	1	N.D.	
29	MEJ	1	N.D.	
	MAG I	1	N.D.	
	MAG II	1	N.D.	
30	MEJ	1	N.D.	
	ALC	1-3-4	N.D.	
	PIM	1-3-4	N.D.	
	MAR	1-3-4	N.D.	
	CDC	1-3-4	N.D.	
	MEJ	1	N.D.	
Dic. 80	1	MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
		MAG III	1	N.D.

Dic.80	2	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
	3	MAG II	1	N.D.
		MEJ	1	N.D.
	4	MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	6	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
	9	MAG II	1	N.D.
		MEJ	1	N.D.
	10	MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	12	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
	15	MAG II	1	N.D.
		MEJ	1	N.D.
	16	MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	17	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
18	MAG II	1	N.D.	
	MEJ	1	N.D.	
19	MAG I	1	N.D.	
	MAG II	1	N.D.	
20	MEJ	1	N.D.	
	MAG I	1	N.D.	
Ene.81	2	MAG II	1	N.D.
		MEJ	1	N.D.
3	MAG I	1	N.D.	
	MAG II	1	N.D.	
5	MEJ	1	N.D.	
	MAG I	1	N.D.	
6	MAG II	1	N.D.	
	MEJ	1	N.D.	
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.

Ene.81	7	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	8	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	9	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	10	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	11	MEJ	1-3	N.D.
		ALC	1-3-4	N.D.
		MAR	1-3-4	N.D.
	12	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	13	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	16	MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
		MEJ	1	N.D.
	20	MEJ	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
		MEJ	1	N.D.
Feb.81	14	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	22	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	28	MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
		MEJ	1	N.D.
Mar.81	7	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	14	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	15	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	28	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
Abr.81	4	MEJ	1	N.D.
		MEJ	1	N.D.

Abr. 81	25	MEJ	1	N.D.
May. 81	2	MEJ	1	N.D.
	10	MEJ	1	N.D.
	16	MEJ	1-3	N.D.
		ALC	1-3	N.D.
		MAR	1-3	N.D.
		CDC	1-3	N.D.
	23	MEJ	1-3-4	N.D.
		ALC	1-3-4	N.D.
		MAR	1-3-4	N.D.
	30	MEJ	1-3-4	N.D.
		ALC	1-3-4	N.D.
		PIM	1-3-4	N.D.
		MAR	1-3-4	N.D.
		CDC	1-3-4	N.D.
Jun. 81	2	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	3	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	6	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	8	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	9	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	10	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	11	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	12	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.
	13	MEJ	1	N.D.
		MAG I	1	N.D.
		MAG II	1	N.D.

IX. CONCLUSIONES

1. Durante el período NOV-80 a JUN-81, no se detectó en ninguno de los puntos de muestreo (8) la presencia de ion cianuro libre, CN^- , en concentraciones hasta 0.02 ppm, que es el límite de sensibilidad del método analítico utilizado preferentemente.

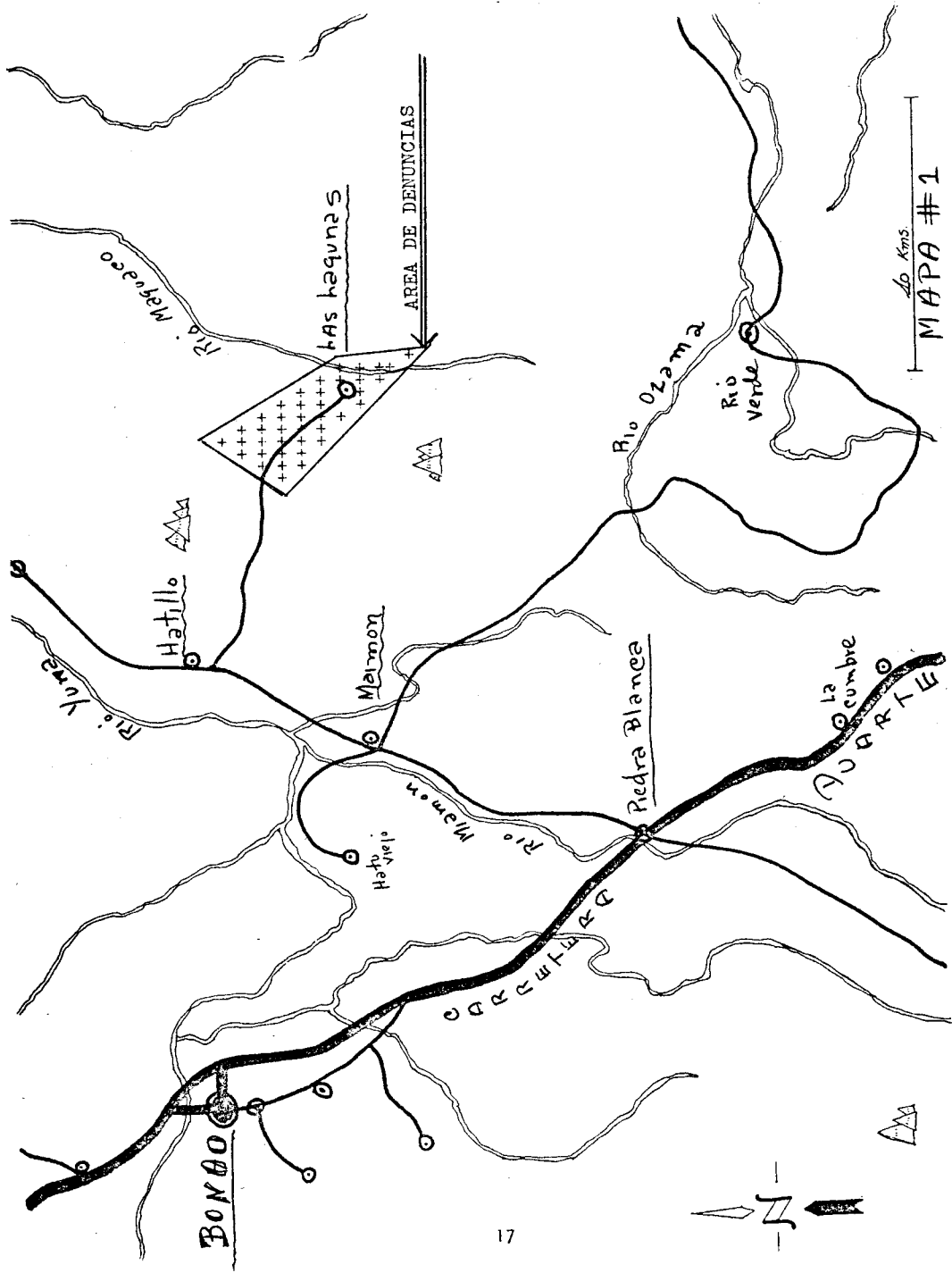
2. Durante el mismo período y, no obstante ser una denuncia frecuente, no se pudo comprobar personalmente algún episodio de impacto ambiental agudo (muerte de aves, ganado, peces, etc.). Sin embargo, teniendo en cuenta la referencia (5) transcrita en la página 7, sobre el efecto en la vida acuática, tal posibilidad no puede ser descartada. Una investigación bioquímica es recomendable.

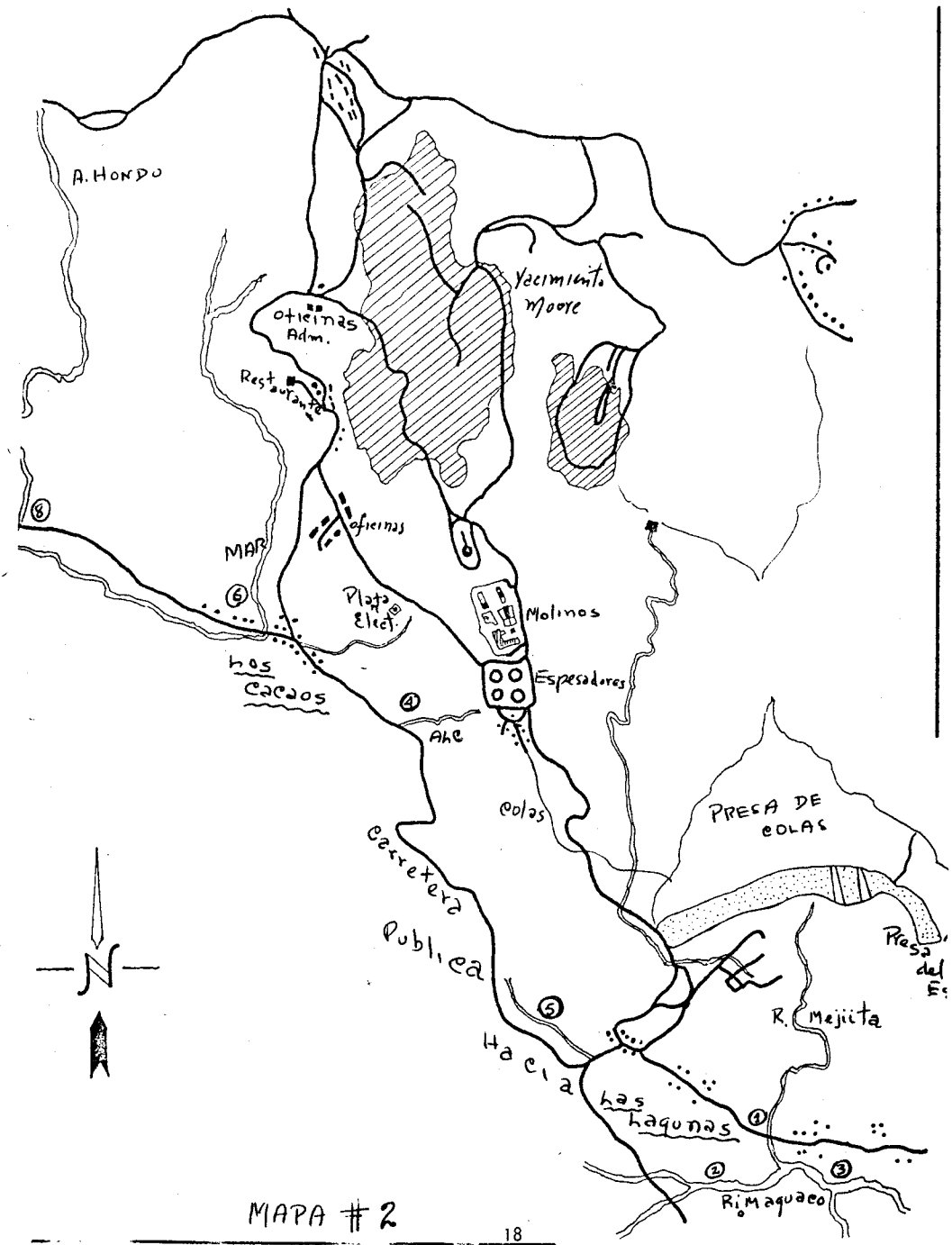
3. El procedimiento actual para la disposición de residuos en la ROSARIO, no obstante su relativa simplicidad, demuestra ser efectivo, en cuanto a la contaminación hidrológica se refiere.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Manual de Aguas para uso Industrial, 3ra. Edición. EPA, 1976.
- 2.- Standard Methods for the Examination of Water and Waste-Water, 14th Ed., APHA, 1976.
- 3.- Methods for Chemical Analysis of Water and Waster. EPA, 1971. Sample preservation.
- 4.- Catalán La Fuente, Química del Agua, 1ra. Ed., 1969, p. 272-3.
- 5.- Ciaccio L., Water and Water Pollution Handbook, 4 Vol. "Cap. 6, Effect of pollution on aquatic life."
- 6.- Snell-Hilton, Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis, Volumen No. 13, "Fumigants, Cyanide", p. 177.
- 7.- Kirk-Othmer, Encyclopedia of Chemical Technology, Vol. 10, GOLD.
- 8.- Considine, I.N. Chemical Process Technology Encyclopedia, 1976.
- 9.- Sax, I.N. Dangerous Properties of Industrial Materials, 4th. Ed., 1975.
- 10.- Sunshine I., CRC Handbook Series in Analytical Toxicology, 1977, "Water Analysis", CRC Press.
- 11.- Meites L. Handbook of Analytical Chemistry, 1st. Ed., 1963.
- 12.- Vogel, A. Micro and Semimicro Cualitative Inorganic Analysis, 3rd. Ed., 1969.

- 13- *The Merck Index of Chemicals and Drugs*, 8th. Ed. 1970.
- 14- *U.S. Public Health Service Drinking Water Standards. Bulletin.* 1978.
- 15- *Normas Internacionales para el Agua Potable.* 3ra. Ed., Ginebra, 1970, Organización Mundial de la Salud.





MAPA # 2

CURVAS TÍPICAS DE DEGRADACION DEL CN^-
EN LA PRESA DEL_ ESTE.

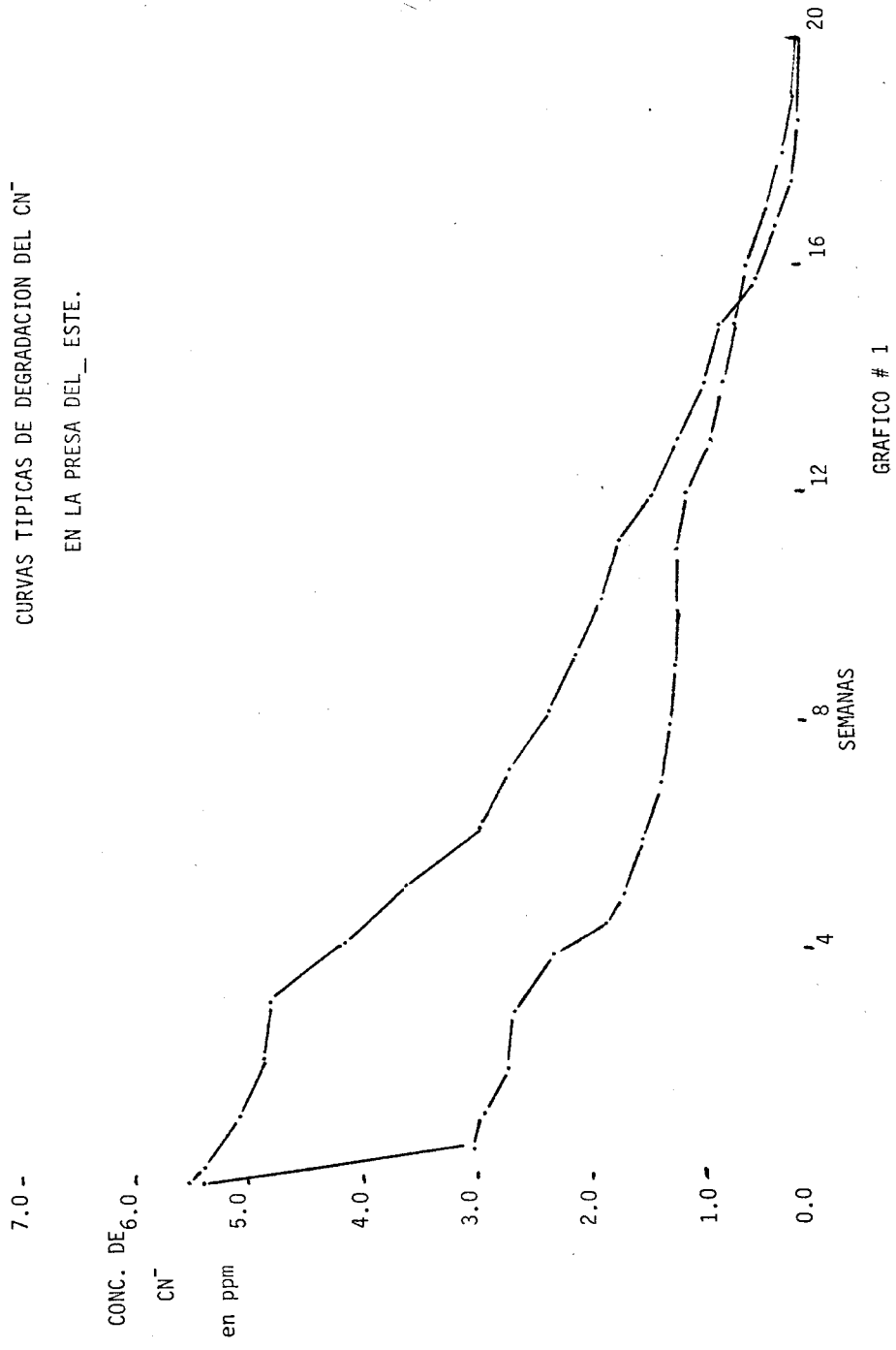


GRAFICO # 1