

07.75.04

República Argentina

Comisión Nacional
de Energía Atómica

Estudio de factibilidad
de una planta de agua pesada
Volumen III

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
NO 1	AÑO 1975



Estudio de factibilidad de una planta de agua pesada

Comisión Nacional de Energía Atómica

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA

Estudio de factibilidad
de una
planta de agua pesada

VOLUMEN III

1975

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD
DE UNA
PLANTA DE AGUA PESADA

T E M A R I O

VOLUMEN I:

PROLOGO

- CAPITULO 1 - SINTESIS Y CONCLUSIONES
- CAPITULO 2 - MERCADO MUNDIAL
- CAPITULO 3 - DEMANDA EN LA REPUBLICA ARGENTINA
- CAPITULO 4 - METODOS DE PRODUCCION
- CAPITULO 5 - SATISFACCION DE LA DEMANDA
- CAPITULO 6 - ANALISIS DE LOCALIZACION
- CAPITULO 7 - PARTICIPACION NACIONAL
- CAPITULO 8 - CRONOGRAMAS
- CAPITULO 9 - ASPECTOS ECONOMICOS-FINANCIEROS
- CAPITULO 10 - MODALIDADES DE CONTRATACION

VOLUMEN II:

- ANEXO I - FUNDAMENTOS FISICOQUIMICOS DEL ENRIQUECIMIENTO ISOTOPICO
- ANEXO II - METODOS DE PRODUCCION

VOLUMEN III:

- ANEXO III - DESARROLLO DE UN METODO DE MEDICION, DEL CONTENIDO DE DEUTERIO EN AGUA NATURAL, MEDIANTE ABSORCION DIFERENCIAL INFRARROJA
- ANEXO IV - DETERMINACION DEL CONTENIDO DE DEUTERIO EN AGUAS SUPERFICIALES ARGENTINAS
- ANEXO V - ANALISIS QUIMICO DE AGUAS SUPERFICIALES ARGENTINAS
- ANEXO VI - ENTORNO FISIOGRAFICO-GEOLOGICO
- ANEXO VII - EVALUACION DE LOS EFECTOS POTENCIALES SOBRE EL MEDIO AMBIENTE
- ANEXO VIII - RIESGOS DE UNA PLANTA DE AGUA PESADA
- ANEXO IX - POSIBILIDADES DE PRODUCCION DE ACIDO SULFHIDRICO
- ANEXO X - INTERCONEXION DE UNA PLANTA DE AGUA PESADA A UN REACTOR NUCLEAR
- ANEXO XI - CONSUMOS DE COMBUSTIBLES Y COSTOS DE OPERACION
- ANEXO XII - CLIMATOLOGIA
- ANEXO XIII - TRANSPORTE

ANEXO III

Desarrollo de un método de medición del contenido de deuterio en agua natural, mediante absorción diferencial infrarroja

A N E X O I I I

I N D I C E

III.1.	FUNDAMENTO DEL METODO	III-1
III.2.	DESCRIPCION DEL EQUIPO	III-5
III.3.	MEDICIONES PRELIMINARES	III-8
III.4.	CONDICIONES DE TRABAJO	III-10
III.5.	USO DEL SISTEMA	III-12
III.6.	RESULTADOS	III-14

III.1. FUNDAMENTOS DEL METODO

El método de dosaje de agua pesada por absorción en el infrarrojo se basa en los cambios de transmisión de muestras de agua cuando esta varía su composición isotópica. Las frecuencias de medición útiles son aquellas en que el componente de mayor concentración (H_2O en este caso) transmite la mayor parte de la radiación electromagnética mientras que el componente a ser detectado ($HD0$) absorbe fuertemente la radiación.

En la Fig. 1 pueden observarse las longitudes de absorción (inversas de caminos ópticos específicos) para H_2O , $HD0$ y D_2O . Dichas longitudes se relacionan con la intensidad de radiación transmitida por la muestra mediante la ecuación:

$$I = I_0 \exp - \left(\frac{C_{H_2O}}{L_{H_2O}} + \frac{C_{HD0}}{L_{HD0}} + \frac{C_{D_2O}}{L_{D_2O}} \right) x$$

donde:

I = intensidad luminosa transmitida

I_0 = intensidad luminosa incidente

C_{H_2O} , C_{HD0} , C_{D_2O} = concentraciones respectivas presentes

L_{H_2O} , L_{HD0} , L_{D_2O} = caminos ópticos respectivos

x = espesor de la muestra de agua

Puede verse que la longitud de absorción es el camino óptico recorrido por la luz antes de atenuarse un factor e .

De las tres especies moleculares presentes, a la concentración natural (aprox. 0,015% de D) prácticamente todo el deuterio se halla presente en la especie molecular $HD0$. Ello puede deducirse de las condiciones de equilibrio del sistema, tal como puede observarse en la Fig. 2. En el origen, la derivada del contenido de D_2O en función del contenido total de deuterio es nula, con lo que esta especie molecular puede considerarse no existente para todos los propósitos prácticos.

Una inspección de las curvas correspondientes a H_2O y $HD0$ en un entorno del origen muestra que el incremento de $HD0$ y el decremento de H_2O son, en primera aproximación, lineales con la concentración total de deuterio; como todo el deuterio presente se halla unido a átomos de oxígeno, la absorción de la vibración de estiramiento O-D debe ser aproximadamente pro-

porcional a la concentración total de deuterio presente.

Una inspección de la Fig. 1 muestra que a la longitud de onda de 3,98 micrones ($\nu=2502\text{ cm}^{-1}$) existe un máximo de absorción para las moléculas D_2O y HDO mientras que la longitud de absorción para H_2O es 100 veces mayor. Esta absorción es la cola de la banda del OH en 4,7 micrones. Por lo tanto este es un punto óptimo para detección de deuterio. A pesar de ello, como la concentración de H_2O es alrededor de 7000 veces mayor que la de HDO , en el punto óptimo, la absorción específica del agua liviana es 70 veces mayor que la producida por el contenido natural de agua pesada.

Ello introduce dos efectos experimentales que deben ser señalados:

- 1) La energía disponible en un sistema doble haz se ve fuertemente reducida.
- 2) Pequeñas variaciones del contenido de agua pesada dan como resultado pequeñas variaciones de absorción "montadas" sobre un fondo de apreciable absorción.

Como ejemplo basta señalar que para un espesor de agua de 250 micrones la absorción de agua liviana es del 97% y la variación de absorción por un incremento de 10 partes por millón de deuterio es del orden de 0,2%. Ello obliga a trabajar en un sistema doble haz fuertemente compensado y con expansión de la escala de transmitancia.

El hecho que la mayor parte de la energía sea absorbida introduce serias dificultades desde el punto de vista térmico. Tanto en el agua liviana como en las especies deuteradas los espectros de absorción son sensibles a variaciones de temperatura; la causa no es bien conocida pero se supone que está relacionada con la tendencia del agua a formar moléculas complejas de la forma H_4O_2 , H_6O_3 , etc.; el efecto resultante es que la absorción del OH cercana a 4,7 micrones se debilita y se desplaza hacia mayores longitudes de onda a medida que la temperatura aumenta. La absorción en la zona de 3,98 micrones correspondiente a la vibración OD también se debilita aunque su desplazamiento no es significativo. Para agua cercana a la composición natural un aumento en la temperatura de 1°C produce aproximadamente el mismo cambio en el espectro a 3,98 micrones que el descenso de 110 partes por millón en el contenido nominal de agua pesada. Este efecto es en la misma dirección pero alrededor de

40 veces mayor que el que debe esperarse de un cambio de densidad por efecto térmico.

En un sistema diferencial deberá asegurarse que la muestra y referencia difieren en menos de $0,01^{\circ}\text{C}$ para poder asegurar resolución del orden de 1 ppm en el método.

Asimismo, para que la curva de calibración se mantenga dentro de límites aceptables y para que las variaciones de la línea de base sean compensables, el valor absoluto de la temperatura deberá mantenerse dentro del $0,1^{\circ}\text{C}$.

Pueden diseñarse varios métodos diferenciales para introducir la muestra y la referencia alternativamente frente al haz infrarrojo. Ellos pueden resumirse básicamente en tres:

- a) Celda de dos cámaras de igual espesor en que la muestra y la referencia circulan por circuitos independientes. Cada cámara se interpone alternativamente en el camino del haz, deslizando la celda mediante un sistema mecánico apropiado.
- b) Un sistema en que los circuitos de circulación de muestra y referencia se juntan en una válvula que alternativamente permite el paso de una y otra hacia una única celda enfrentada al haz infrarrojo.
- c) Un sistema en el que se trabaja con una sola celda y se introducen la muestra y la referencia alternativamente varias veces por segundo, produciéndose directamente en el detector una señal alternada proporcional a la diferencia de concentraciones de deuterio.

El método a) evita la contaminación entre los dos canales pero requiere una cuidadosa construcción para igualar dentro del 1% el espesor entre ambas cámaras. Además, toda partícula de polvo u otra suciedad que se deposite en las ventanas alteraría las medidas, con la consiguiente necesidad de recalibrar el equipo después de cada medida.

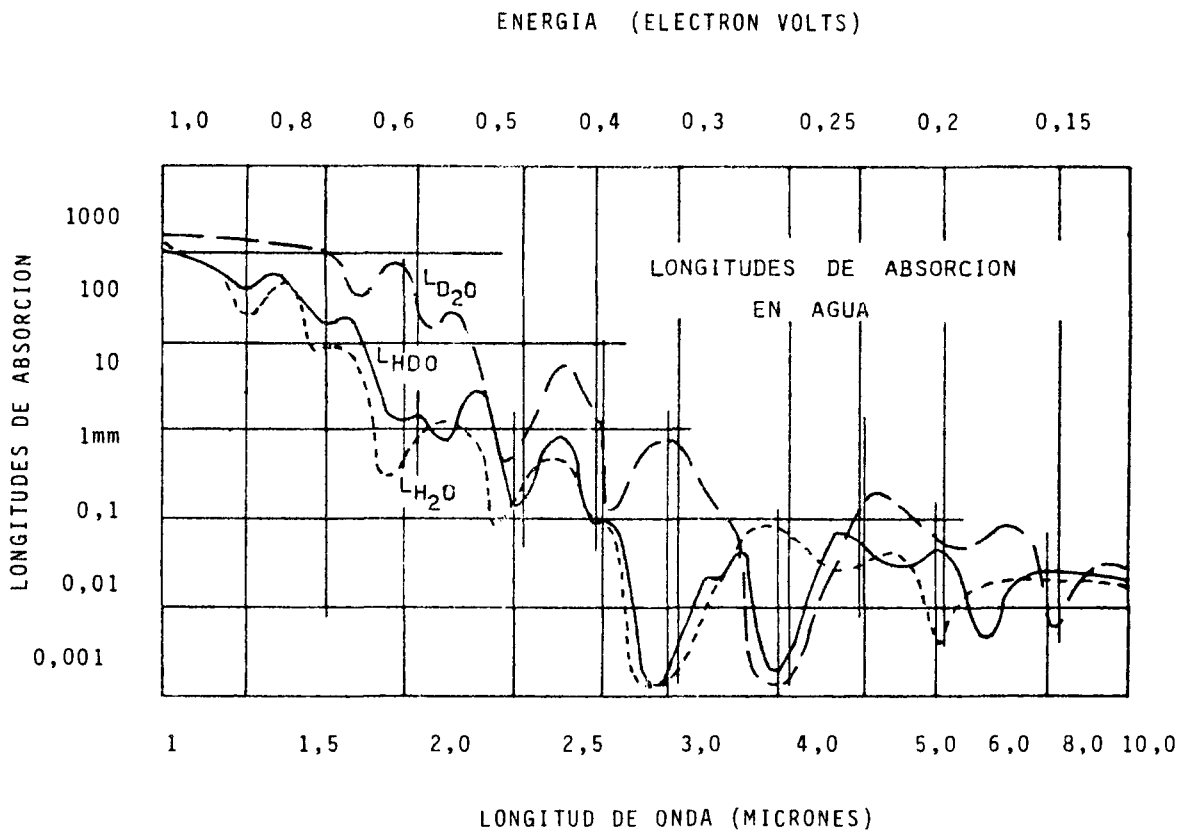
El método c) implica un considerable desarrollo tecnológico para poder "choppear" agua a alta frecuencia. Dicho sistema se halla actualmente en realización en los laboratorios de la CNEA.

El sistema b) ha sido adoptado en el presente trabajo. Un cuidadoso análisis de la contaminación entre canales en experiencias que se detallan

más adelante muestra que, eligiendo parámetros adecuados de operación, puede llegarse con este método a resultados satisfactorios.

La alternancia de muestra y referencia en una única celda produce una señal alterna de período largo, capaz de ser registrada por un espectrofotómetro convencional que cumpla determinadas condiciones que se discutirán más adelante.

La duración de cada período deberá ajustarse de acuerdo a los tiempos de respuesta del espectrómetro y al grado de contaminación admisible entre ambas aguas.



$$I = I_0 \exp - \left[\frac{C_{H2O}}{L_{H2O}} + \frac{C_{HDO}}{L_{HDO}} + \frac{C_{D2O}}{L_{D2O}} \right] X$$

I = INTENSIDAD
C = CONCENTRACION
X = ESPESOR DE AGUA

Figura 1

III.2. DESCRIPCION DEL EQUIPO

El equipo utilizado puede dividirse en tres partes principales: espectrofotómetro, expansor de escala y sistema de muestreo.

Los problemas que se presentan para la elección del espectrofotómetro son bastante inusuales: se debe efectuar una medición a frecuencia fija y con ancho de banda apreciable, pero en un rango pequeñísimo ($\sim 10^{-4}$) de la escala fotométrica, con muy poca ($\sim 3\%$) energía disponible, y con gran estabilidad y reproducibilidad. Estos últimos aspectos excluyen los espectrofotómetros pequeños de rutina.

La C.N.E.A. posee un espectrofotómetro Beckman IR 12, con expansor de escala incorporado, que se intentó utilizar. Desgraciadamente este equipo posee servomecanismos separados de peine y de registrador, accionados por reóstatos de alambres. Al ser los movimientos angulares muy pequeños ($0,1^\circ$) los saltos entre espiras se hacen notar, por lo cual se descartó dicho instrumento.

El aparato finalmente elegido es un Perkin-Elmer 225 perteneciente al grupo Laser de CITEFA, que es utilizado mediante un convenio firmado entre esta Institución y la C.N.E.A.. En este instrumento los servomecanismos de peine y de registrador están conectados solidamente al motor del circuito de cero, de recorrido continuo, y su alta disponibilidad de energía lo hace sumamente adecuado para nuestros propósitos, aún cuando no posee expansor de escala.

Este accesorio se construyó uniendo rigidamente al eje del compensador un reóstato de pista de carbón montado sobre rulemanes, alimentado por un acumulador y conectando la salida a un registrador XY Hewlett Packard 7000 A con expansión de escala variable. El efecto es multiplicar la escala original por un factor de aproximadamente 70. Lamentablemente el escaso recorrido angular hace que la pista se gaste, por lo cual debe cambiarse con bastante frecuencia el punto de trabajo del reóstato y, eventualmente, el mismo reóstato. No es conveniente ampliar el recorrido mediante una multiplicación mecánica ya que ésta por un lado introduce irregularidades y por el otro el aumento de resistencia mecánica provoca puntos muertos del sistema.

El sistema de muestreo puede verse en las figuras 3 y 4 y en los esquemas de las figuras 5 y 6.

Se construyó una celda de infrarrojo de tapas huecas termostatizable con ventanas de F_2Ca y separador de plomo de 250 μ pegado con resina epoxi.

El agua circula respectivamente desde los frascos de muestra y referencia por tubos flexibles hacia la cámara de termostatización. Poco antes de llegar a esta ambos tubos se conectan a dos tubos de cobre continuos de 2 mm de diámetro interior soldados entre sí, de 1,5 m de longitud y arrollados helicoidalmente dentro de la cámara de termostatización, con lo que se logra una perfecta igualación de las temperaturas de ambos canales. En el extremo opuesto, ambos tubos se separan para conectarse a las entradas de una llave de tres vías que también se halla dentro de la cámara de termostatización y cuya salida está conectada mediante un tubo de plástico fino a la celda. La salida de esta está conectada a un tubo flexible de descarga que tiene intercalada una llave de paso fino para regular el flujo y un medidor del mismo.

La llave de tres vías es de tipo cónico, sellada en los extremos con o-rings y se construyó de modo tal de conectar cada una de las entradas durante medio giro; se unió a un motor que hace girar el émbolo a razón de una vuelta por minuto, de modo de permitir el paso alternativo del agua de muestra y de referencia.

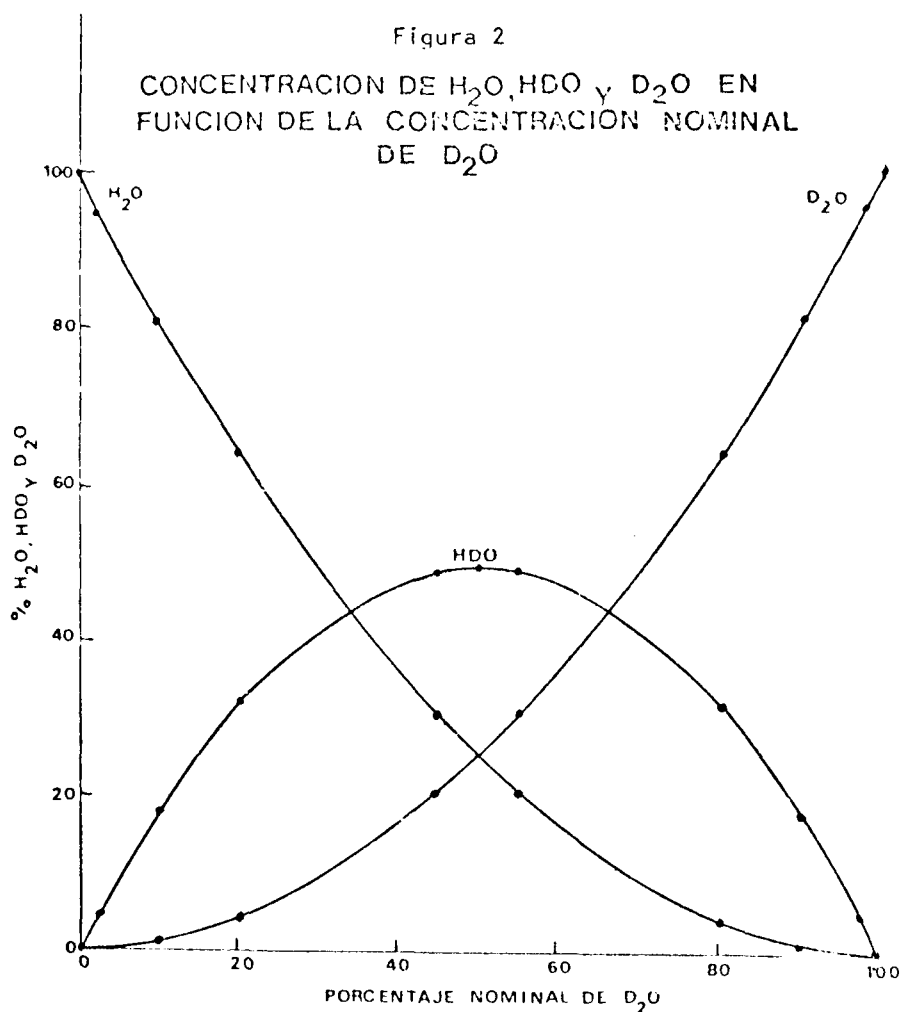
Un sistema de relés que accionan luces permite conocer al operador en qué porción del ciclo se halla el motor en cada momento: luz verde indica canal de muestra, amarilla: de referencia y roja la porción central del ciclo del canal de referencia, a fin de evitar detener el motor en la transición entre ciclos.

Para hacer circular el agua se presuriza con nitrógeno. A través de una válvula reguladora ésta pasa a un tubo conectado a un burbujeador de mercurio que permite variar la presión modificando la altura del tubo interior. Un globo de vidrio actúa como pulmón y la presión se lee en un manómetro en U. Con dos llaves se presurizan (a través de los tubos flexibles) los frascos con agua de muestra y de referencia.

El agua de referencia se coloca en un frasco de transfusiones de 600 cm³ de capacidad, con una tapa atornillada que posee una entrada provista de un tubo largo para el nitrógeno y una salida para el agua.

Las muestras se sellan en frascos de penicilina con tapón de goma; la entrada de nitrógeno y la salida de agua se hacen a través de agujas hipodérmicas pinchadas a través del tapón, lo que resulta práctico y veloz.

Un baño convencional provisto de bomba circuladora, resistencias y control de temperatura con un termómetro de contacto, provee de agua termostatzada mejor que 0,1°C a la cámara de termostatzación y a las tapas de la celda infrarroja.



III.3. MEDICIONES PRELIMINARES

Como paso inicial se midió el caudal de muestra en función de la presión de N_2 con la válvula de tres vías detenida. La medida del caudal es el tiempo que tardan en circular 5ml. de H_2O . El resultado se ve en la Fig. 7.

El rango en que conviene trabajar es aquel en que las variaciones de presión no producen cambio en el caudal, o en el que entre ambos hay una relación lineal.

Como en el primer caso eso se produce a caudal excesivamente alto, lo que implica gran consumo de muestra, se decidió trabajar en el rango entre 3 y 5,5 cm. Hg.

Para ese rango se verificó:

- a) La igualdad de caudal en ambos canales midiendo el volumen recogido a la salida de la celda por minuto al circular agua por el canal de muestra y el de referencia.
- b) La igualdad de temperatura, haciendo circular en ambos canales la misma muestra y registrando en el espectrómetro posibles diferencias de absorbancia.

Se comprobó que en ese rango de caudales se cumplen ambos requerimientos.

Se eligió trabajar con 5 cm. de Hg. de presión de N_2 .

El paso siguiente fue determinar la contaminación entre muestras sucesivas en el mismo canal y la contaminación entre los dos canales.

Para ello se preparó una solución de violeta de genciana y se le midió la absorbancia a 5800 Å. en un espectrómetro Cary 14. Se hicieron circular por uno de los canales 5 ml. de esta solución seguidos de H_2O pura. A la salida de la celda se recogieron fracciones de 2 ml. y se midió su absorbancia.

Se comprobó que la contaminación es menor del 1% a los 90 segundos de producido el cambio de muestra.

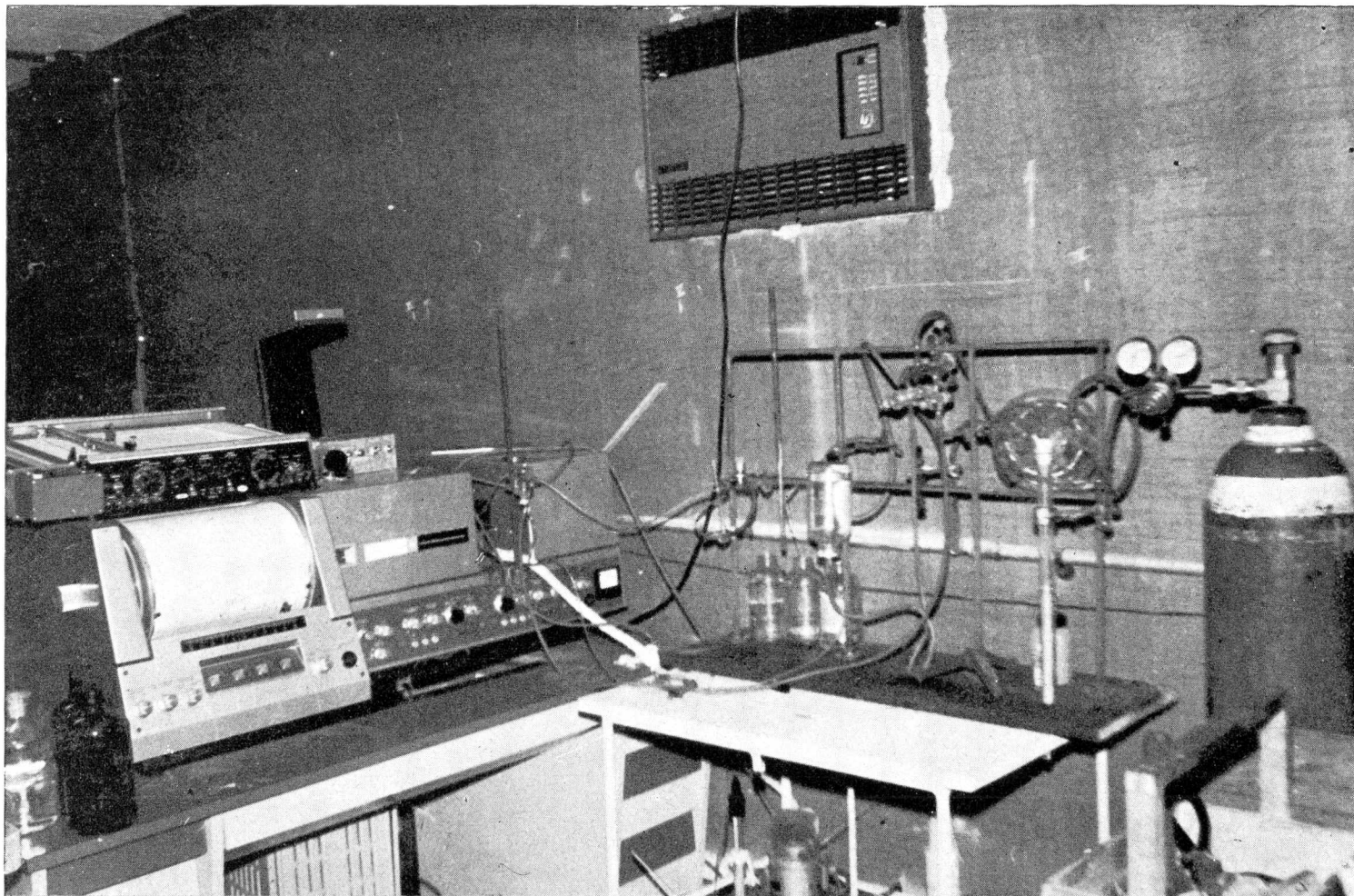


Figura 3

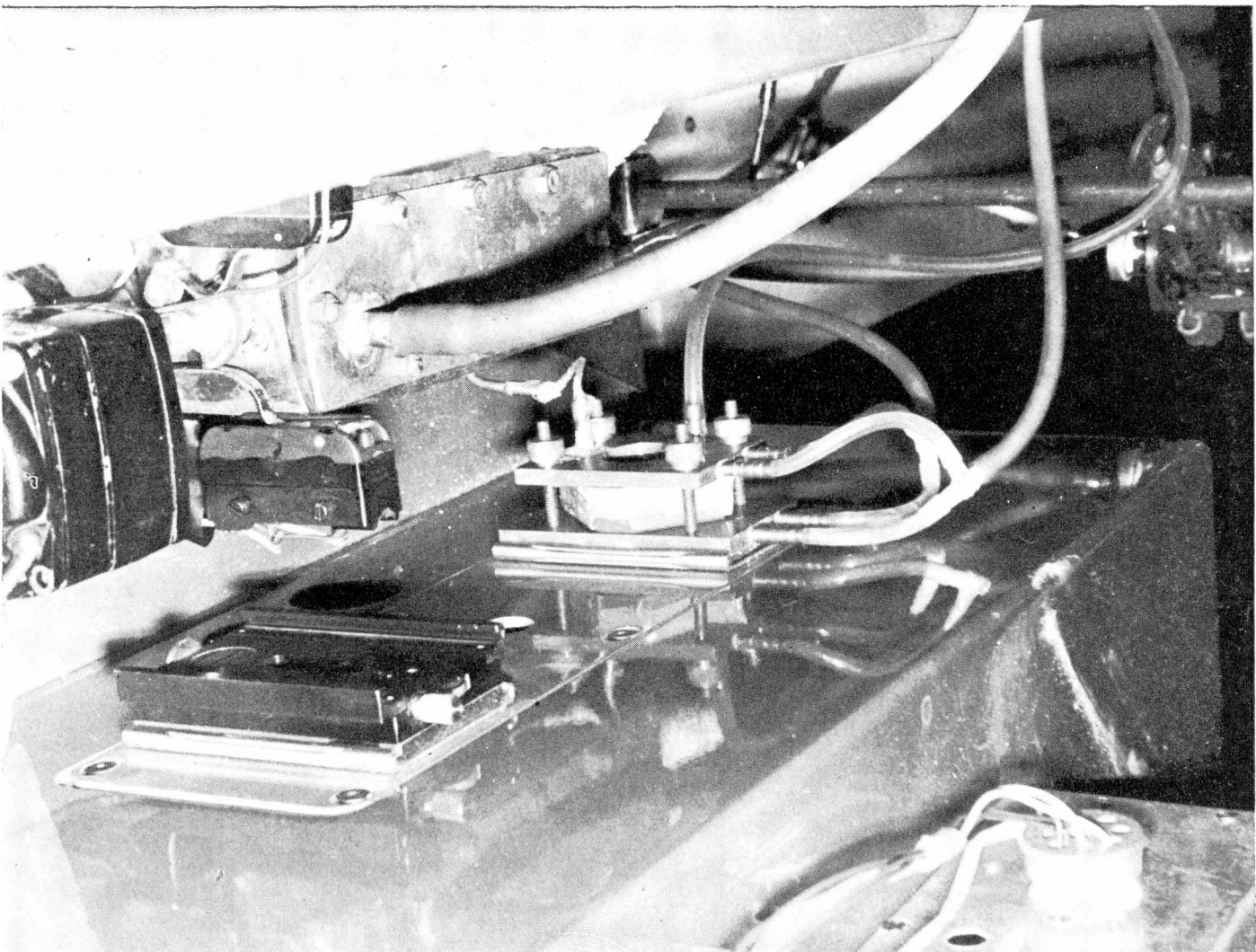


Figura 4

Se hizo una experiencia similar con los dos canales, haciendo circular en uno agua pura y en el otro la solución de colorante. Su contaminación desaparece después de circular 0,5 ml del otro canal.

III.4. CONDICIONES DE TRABAJO

Celda infrarroja: el espesor de la celda está determinado por dos condiciones contrapuestas; por un lado, cuanto mayor es, mayor es el cambio de absorbancia con la variación en contenido isotópico de la muestra; por el otro, el espesor está limitado por las necesidades de energía en el instrumento, debido a la absorción intrínseca del H_2O . Se encuentra que espesores del orden de los 250 μ representan un equilibrio adecuado entre ambas condiciones

Flujo de agua: debe ser suficiente como para que el agua no se caliente excesivamente por acción del haz infrarrojo al pasar la celda, a fin de lograr una buena estabilidad térmica. La limitación en este caso es el uso de una cantidad excesiva de muestra en las mediciones. Se encontró que flujos de aproximadamente 5 ml/min son suficientemente estables y permiten un número suficiente de ciclos de medición con las cantidades de muestra disponibles (50 ml).

Duración de los ciclos de medición: deben permitir una respuesta del equipo y proveer una línea de base para la medición; se encontró que alrededor de un minuto por ciclo completo (muestra y diferencia) es suficiente.

Temperatura de termostatización: en principio, la temperatura de termostatización es más estable cuanto más cercana a la temperatura ambiente, no obstante, pareció conveniente aumentarla para disminuir dentro de lo posible el calentamiento por el haz infrarrojo. Sin embargo, se comprobó que una temperatura excesiva en la cámara de termostatización provoca el desprendimiento de gases en el seno del líquido a medir y la consiguiente formación de burbujas que al quedar atrapadas en la celda falsean las medidas. Por esta razón se termostatiza a 24°C.

Espectrómetro: las variables que condicionan la respuesta del equipo son: intensidad de la fuente IR, ancho de ranura, ganancia y filtro. La intensidad de la fuente se redujo a 2 vatios para minimizar el calentamiento de la muestra; las condiciones normales de trabajo del espectrómetro son de 6 vatios. Las demás variables fueron ajustadas empíricamente a fin de lograr máxima sensibilidad del equipo, evitando la saturación u oscilación del

mismo. Se encontró que las condiciones óptimas de trabajo son: ranura 3200 μm ; ganancia 0,05% y filtro mínimo. Se trabajo en el rango 90-100% de transmisión de la escala, mediante un compensador mecánico en el haz de referencia, puesto que ésta se comprime logarítmicamente al disminuir la transmitancia.

Expansión de escala: con una batería de alimentación del reóstato de 1,5 volts, se utiliza la escala de 2,5 mV/cm en el registrador XY; con nuestro equipo, una diferencia de concentración de 1 ppm de D_2O entre el agua de muestra y de referencia representa aproximadamente 2 mm de recorrido de la pluma del registrador.

III.5. USO DEL SISTEMA

El equipo debe encenderse aproximadamente una hora antes de comenzar a medir, a fin de permitir la estabilización de la fuente I.R. del espectrofotómetro.

Se presuriza luego el sistema regulando la presión de N_2 a 50 mm de Hg manteniendo las llaves A y B cerradas. Se abre A y con el canal de referencia conectado (luz roja del control) se regula el flujo a 5 ml/min. Con el compensador externo en el haz de referencia se lleva la transmisión al 100%. La corrección fina, para llevar la transmisión al punto de trabajo, se efectúa con el peine de 100% incorporado al instrumento. Se conecta la pluma del registrador XY y se verifica la estabilidad de la línea de base.

Se pincha el tapón del frasco de muestra con las agujas de entrada de N_2 y salida de agua, cuidando que esta última apenas asome, a fin de aprovechar al máximo la muestra, y apretando el tubo flexible se eliminan posibles burbujas de aire. Se presuriza abriendo B y, conectando el motor que mueve la llave de tres vías se lleva a esta al canal de muestra (luz verde de control), donde se detiene aproximadamente dos minutos a fin de purgar el canal. Debe también verificarse que no hay variación de flujo al cambiar de canal.

Se pone a funcionar el motor y a barrer el registrador XY. El número de ciclos necesarios para efectuar la medición depende de la estabilidad del equipo, pero oscila entre 5 y 10.

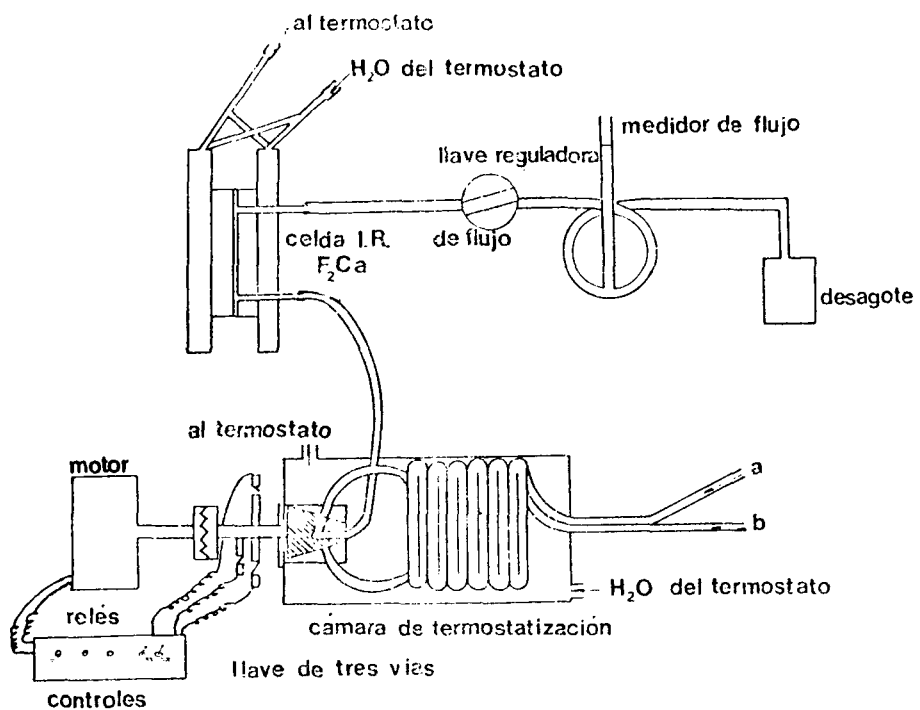
Concluida la medición, se detiene el motor en posición de referencia (luz roja), se cierra B, se retira primero la aguja de presurización, luego la de salida de agua y se repite la operación con la muestra siguiente.

Se deben dejar en todo momento ambos canales llenos de agua para evitar la introducción de burbujas. Cuando esto ocurre debe purgarse el canal correspondiente con una solución de detergente en agua, único método eficiente encontrado para eliminarlas. A continuación se debe circular agua suficiente como para eliminar el detergente antes de comenzar a medir.

Cuando la diferencia de contenido isotópico entre muestra y referencia

es pequeña (1-3 ppm) debe observarse con cuidado la correlación entre los cambios de absorción y pasaje de ciclo, a fin de que las diferencias no puedan ser atribuidas erróneamente a fluctuaciones del equipo.

Debido a la extrema sensibilidad del sistema, variaciones en la tensión de línea pueden provocar alteraciones en la línea de base, hasta el punto de dificultar seriamente o impedir las medidas, que a veces deben interrumpirse por períodos más o menos prolongados. En todos los casos se miden patrones de 10 ppm agregadas al agua de referencia antes y después de efectuar un conjunto de mediciones, a fin de asegurar el correcto funcionamiento del sistema.



SISTEMA DE MUESTREO

Figura 5

III.6. RESULTADOS

En la Figura 8 puede verse un gráfico típico obtenido con nuestro equipo, correspondiente a una muestra de 10 ppm de D_2O nominal por encima del agua de referencia. La Figura 9 muestra la curva de calibración obtenida con muestras patrón de 0,5; 10 y 20 ppm de D_2O agregadas al agua standard. La reproducibilidad de los puntos de calibración es mejor que 0,5 ppm cuando se repiten medidas con varios días de intervalo y cuando se promedian del orden de 10 ciclos por muestra.

Otras muestras, preparadas por investigadores independientes del personal afectado al manejo del equipo arrojaron acuerdos siempre mejores que 1 ppm, incluyendo en ello errores estimados en la preparación de la muestra.

De la precisión y reproducibilidad obtenidas en la curva de calibración, de la repetibilidad de resultados obtenidos por diferentes operadores del equipo y de la verificación estadística realizada podemos concluir que el método permite realizar medidas con precisión de ± 1 ppm.

Debe sin embargo señalarse, en todas las verificaciones realizadas, que el error promedio para una serie de ciclos de una misma medida es siempre menor que las diferencias no estadísticas para la diferencia de promedios de diferentes medidas. Por lo tanto, no tiene mayor significado extender cada medida individual más allá de los 5 a 10 ciclos, pues su estadística daría al promedio un error mucho menor que 1 ppm, resultado que carece de significado físico.

El presente método de medición ha comenzado a utilizarse para la confección del mapa de agua pesada de la República Argentina con resultados altamente satisfactorios. Como agua de referencia se utiliza la del Río de la Plata, tomada a la altura de Buenos Aires, convenientemente destilada.

El valor absoluto de su contenido de deuterio ha sido determinado en el mismo equipo mediante comparación con patrones internacionales provistos por el Organismo Internacional de Energía Atómica.

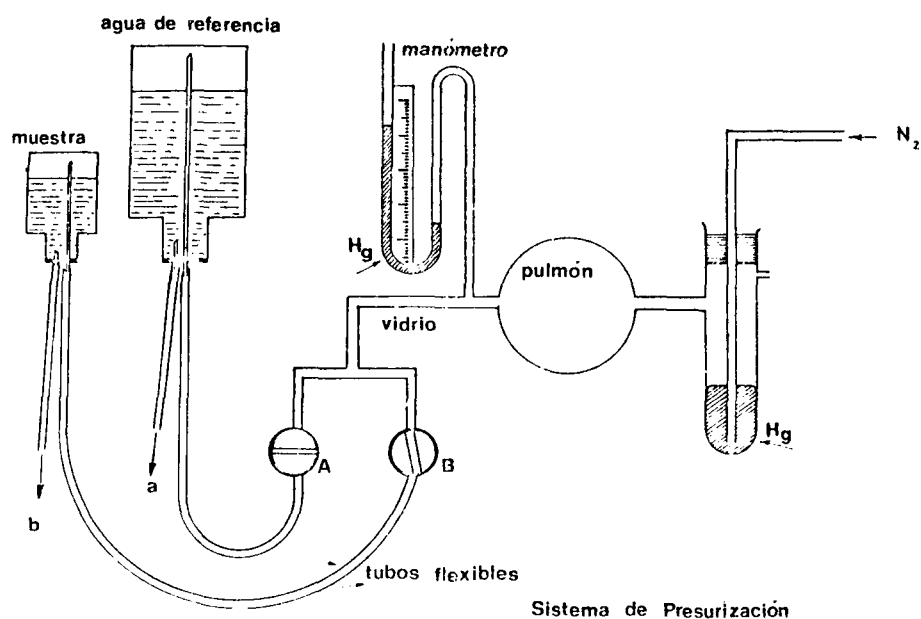


Figura 6

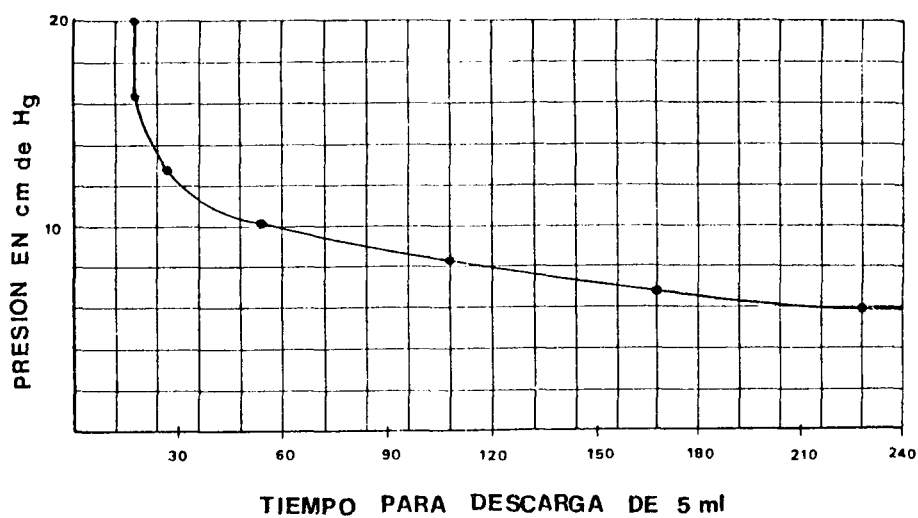


Figura 7

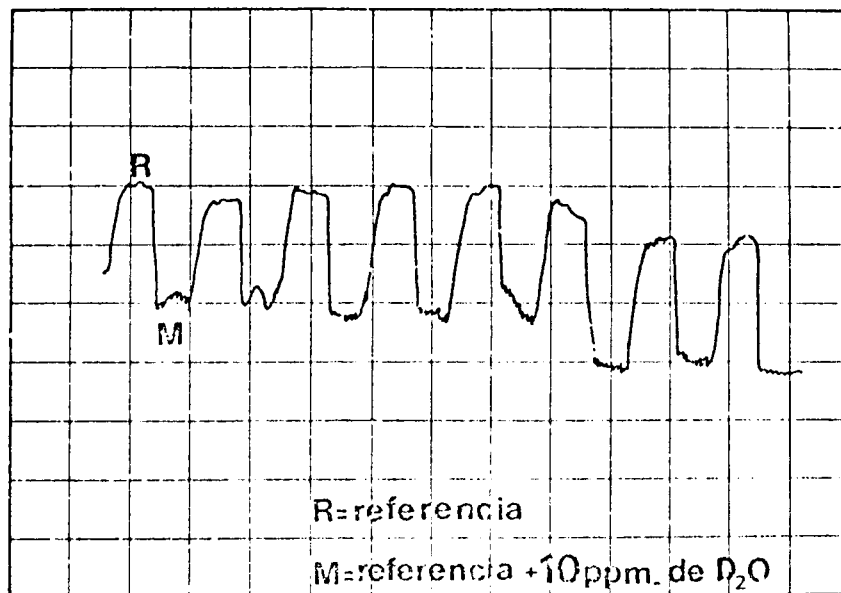
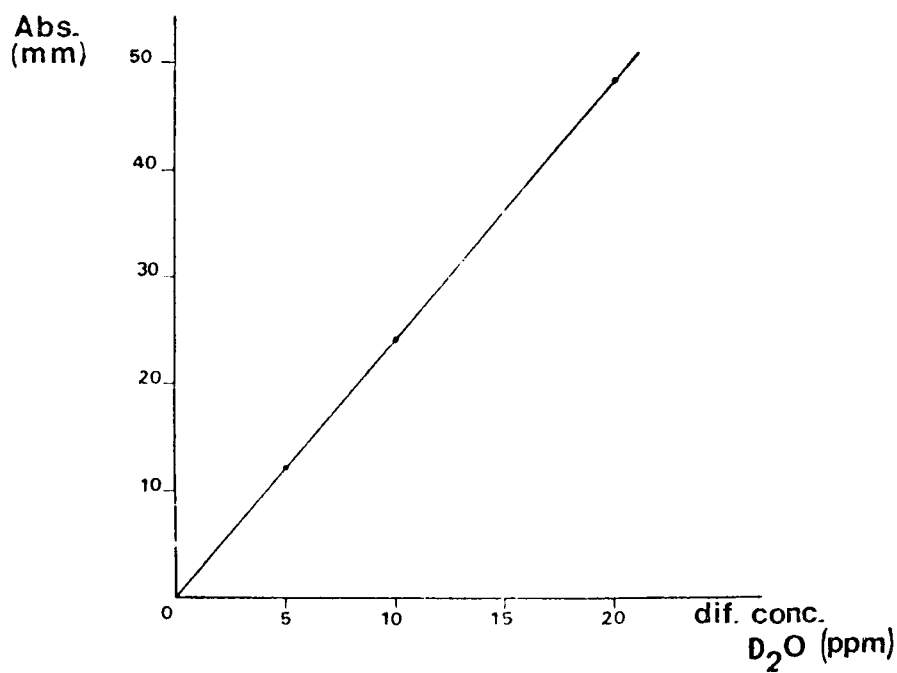


Figura 8

REGISTRO GRAFICO TIPICO DE CALIBRACION



Curva de calibración

Figura 9

ANEXO IV

Determinación del contenido de deuterio
en aguas superficiales argentinas

A N E X O IV

I N D I C E

IV.1.	INTRODUCCION	IV-1
IV.2	RECOLECCION DE MUESTRAS	IV-1
IV.3.	ANALISIS ISOTOPICOS	IV-2
IV.4.	EXPRESION DE RESULTADOS	IV-2
IV.5.	FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISTRIBUCION ISOTOPICA	IV-3
IV.6.	RESULTADOS Y DISCUCION	IV-4
IV.7.	CONCLUSIONES	IV-9
IV.8.	BIBLIGRAFIA	IV-17

IV.1. INTRODUCCION

Las aguas naturales poseen una concentración de deuterio que presenta variaciones considerables de acuerdo al origen de las mismas. Los valores publicados para la relación D/H varían entre 160×10^{-6} para agua de mar en zonas tropicales y 80×10^{-6} en algunas precipitaciones de nieve en la Antártida. Estas variaciones se deben al fraccionamiento entre H_2O y HDO , debido a la diferencia de sus tensiones de vapor en los procesos de evaporación y condensación que ocurren en el ciclo hidrológico. El origen e historia de las masas de aire húmedo, las precipitaciones que estas producen, junto con las condiciones climáticas locales y las características del drenaje, son los factores que determinan el contenido de deuterio en las aguas superficiales de una zona.

El conocimiento de la concentración de deuterio en aguas argentinas es un factor que debe tenerse en cuenta en la selección de lugares para la ubicación de plantas productoras de agua pesada, ya que la producción de esta es directamente proporcional a la concentración de deuterio en el agua de alimentación.

En este trabajo se presentan los resultados preliminares de las determinaciones de concentración de deuterio en aguas superficiales realizadas durante 1974. Este estudio continuará, a fin de disponer de valores estadísticos más completos.

IV.2. RECOLECCION DE MUESTRAS

Las muestras correspondientes a lugares situados al sur del río Colorado y algunas de la Pcia. de Córdoba fueron obtenidas por personal de la CNEA. Se trató que estas fueran lo más representativas posible tomándolas en la parte media del cauce de los ríos y en puntos alejados de la orilla en lagos y embalses. La profundidad media aproximada fue de un metro. El agua de mar se obtuvo cerca de la costa, por este motivo los resultados pueden estar afectados por errores en ambos sentidos, es decir puede existir un incremento del contenido en deuterio por evaporación local, o una disminución del mismo por efecto de la mezcla con aguas dulces provenientes de precipitaciones o por la proximidad a la desembocadura de los ríos.

Las muestras del resto del país fueron obtenidas por intermedio de la División Aguas, de Obras Sanitarias de la Nación, y provienen de las tomas que esta empresa posee para la provisión de agua potable, antes de ser sometidas estas a los tratamientos de potabilización.

Con el fin de evitar posibles interferencias producidas por la presencia de materia orgánica, las muestras fueron sometidas a un tratamiento oxidante con MnO_4K , en medio alcalino, por el agregado de Na_2O , calentándolas a reflujo durante 30 minutos, y luego destiladas totalmente para evitar fraccionamiento isotópico. Este mismo tratamiento fue empleado con el agua usada como referencia para la medición diferencial.

IV.3. ANALISIS ISOTOPICOS

Los análisis se realizaron por espectrometría diferencial infrarroja, que en este rango de concentraciones permite obtener una precisión de ± 1 ppm. Los detalles completos del procedimiento empleado se describen en el Anexo III.

IV.4. EXPRESION DE RESULTADOS

La concentración de deuterio en aguas naturales se expresa generalmente como "partes por millón de agua pesada" (ppm), mediante la relación molecular

$$\frac{\text{H}_2\text{O}}{\text{D}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}} \times 10^6$$

aún cuando el deuterio está presente como HDO . En este nivel de concentración "partes por millón de agua pesada" es esencialmente equivalente a la relación atómica D/H. De esta manera se expresan los resultados en este trabajo.

Debido a que el método de determinación empleado mide diferencias de concentración y no proporciona resultados absolutos, es necesaria la comparación con un patrón de contenido de deuterio conocido. La preparación de patrones absolutos de muy bajo contenido de deuterio a partir de H_2O y D_2O es simple en teoría, pero en la práctica presenta numerosas dificultades, en parte derivadas de la preparación y manipulación de H_2O libre de deuterio.

La mayoría de los autores emplean un agua arbitraria como referencia y la comparan con los patrones NBS-1 y NBS-1A del National Bureau of Standards de Washington. Estos patrones poseen una concentración de deuterio bien definida, aunque su valor absoluto no está determinado unívocamente; las calibraciones absolutas realizadas por diversos autores muestran considerables discrepancias. (1,2)

Por este motivo, Craig (3) ha propuesto que los resultados de la relación D/H sean expresados como "desviación por mil" (δD ‰) de la correspondiente al "Standard Mean Ocean Water" (SMOW), debido a la poca variación en el contenido de deuterio en las aguas oceánicas profundas, y ha definido la relación D/H para el SMOW con respecto al patrón primario NBS-1 de la siguiente manera:

$$D/H \text{ (SMOW)} = 1,050 D/H \text{ (NBS-1)}$$

y

$$\delta D \text{ ‰} = \frac{D/H \text{ (muestra)} - D/H \text{ (SMOW)}}{D/H \text{ (SMOW)}} \times 1000$$

De esta manera se obtiene una alta precisión relativa, se normalizan los resultados y puede hacerse una rápida comparación con los resultados proporcionados por otros laboratorios que han adoptado diferentes valores para la relación D/H en el SMOW (156,45; 157,6; 161,5; 161,7; 155,76 ppm). (2,3,4)

En los resultados aquí presentados hemos tomado para la relación D/H en el SMOW el valor de 155,76 ppm con lo cual resulta de la definición que

$$NBS-1 = 148,43 \text{ ppm}$$

IV.5. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISTRIBUCION ISOTOPICA

Como hemos mencionado anteriormente, el contenido de deuterio en las aguas superficiales depende principalmente del contenido en la precipitación que la origina y las modificaciones que posteriormente sufre por influencia de factores climáticos, drenaje, mezcla, evaporación, etc.

Los factores que determinan el fraccionamiento de isótopos durante el

ciclo hidrológico han sido discutidos en detalle por Friedman y Dansgaard (5,6). Solamente haremos un resumen de ellos y su influencia en la distribución del deuterio en las aguas de superficie.

- a) Efecto de temperatura: cuanto menor es la temperatura a la cual se enfría una masa de aire húmedo, menor es el contenido de deuterio en la precipitación producida. Aunque esta temperatura, en general, no es conocida mediante las mediciones meteorológicas convencionales, se correlaciona con la temperatura a nivel del suelo en ese momento. En efecto, se ha encontrado una relación entre el contenido de deuterio en las precipitaciones y la temperatura ambiente en esos momentos.(7)

El efecto de temperatura produce las siguientes consecuencias:

- 1) Las precipitaciones producidas en invierno tienen un contenido de deuterio menor que las de verano.
 - 2) En sucesivas precipitaciones provenientes de una misma masa de aire húmedo se observa un progresivo empobrecimiento en el contenido de deuterio, debido a la menor temperatura necesaria para producir la condensación. Así, las precipitaciones que ocurren cerca de la costa tienen en general una concentración mayor que las que ocurren en el interior del continente (Efecto Continental).
 - 3) El contenido de deuterio en las precipitaciones disminuye al aumentar la latitud y altura a la cual se producen.
- b) Efecto de cantidad: el contenido de deuterio en una precipitación es menor en los meses de abundante lluvia y mayor en los de lluvias escasas o esporádicas. Este efecto se observa principalmente en los climas tropicales y subtropicales, siendo despreciable en los climas fríos, donde el efecto de temperatura es el factor determinante del contenido de deuterio de las precipitaciones.

IV.6. RESULTADOS Y DISCUSION

En la Tabla 1 se observan los resultados obtenidos. La división en zonas que allí hemos realizado fue hecha luego de observar la uniformidad de resultados que se presentaban en extensas regiones (fig.1). Esta uniformidad es

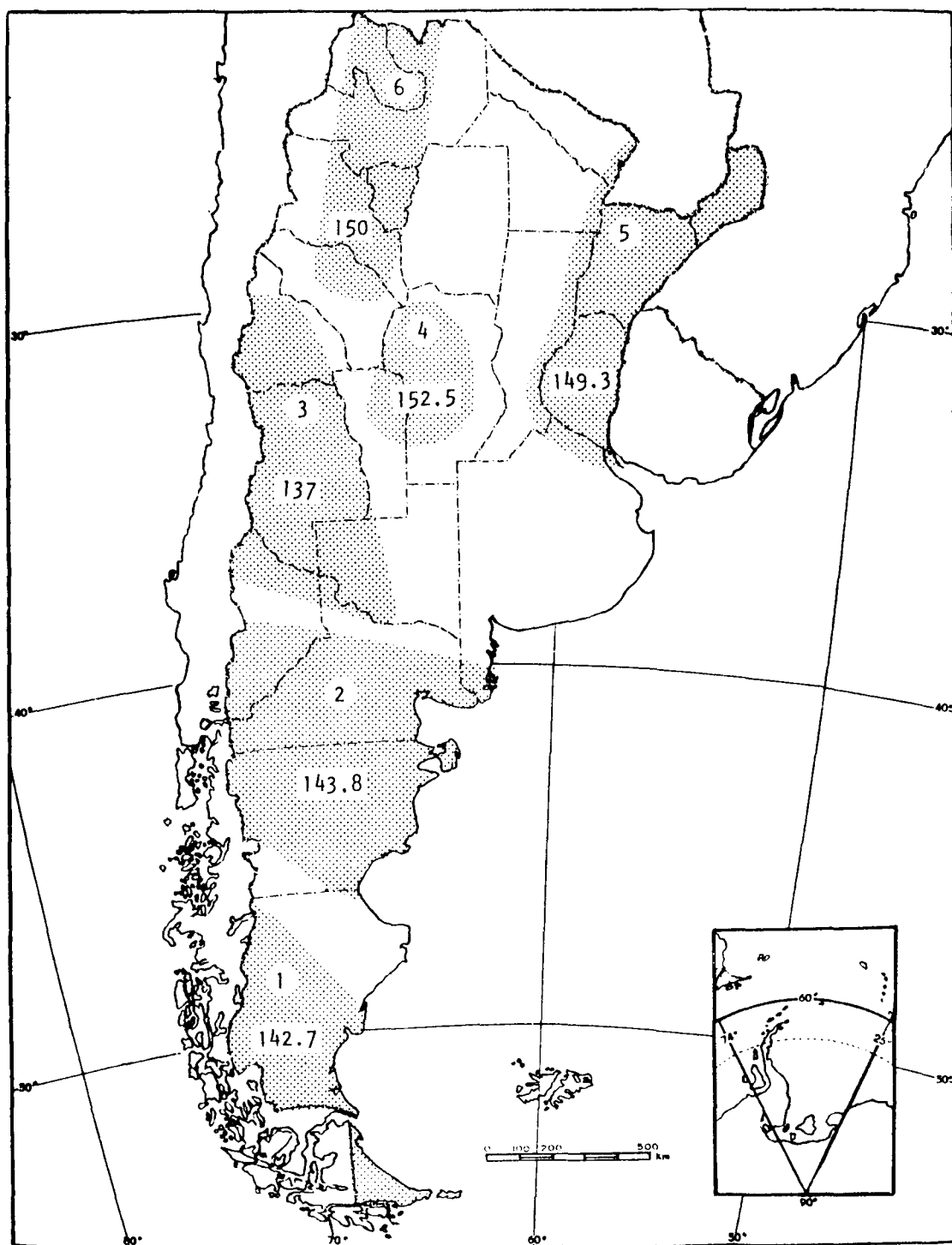


Figura 1. En círculos número de la zona, en rectángulos concentración promedio de Deuterio en ppm.

debida seguramente al origen e historia similar de las aguas existentes en cada zona.

En las figuras 2 a 6 se observan los valores para lugares individuales de toma de muestras, de cada una o parte de estas zonas. Los valores indicados son los promedios de los obtenidos en diferentes estaciones del año, salvo en los casos en que la determinación fue única (ver Tabla 1).

Debido a que el presente trabajo fue encarado con el fin práctico de conocer el contenido de deuterio en aguas de superficie, sólo se realizaron mediciones esporádicas de precipitaciones. De esta manera la interpretación de los resultados se ve dificultada por el desconocimiento de uno de los importantes factores que lo determinan.

A continuación se indican los límites de las zonas mencionadas, así como también algunas de las características climáticas y geográficas que puedan influenciar en el contenido de deuterio en las precipitaciones que allí se producen o modificarlo posteriormente. Al calcular los promedios, se han excluido los resultados de aguas de mar y los de cuencas cerradas.

ZONA 1

Comprende: El territorio de Tierra del Fuego y parte de la Pcia. de Santa Cruz.

Origen de las aguas: precipitaciones de lluvia y nieve en montañas de baja altura, producidas por masas de aire húmedo originadas en el Océano Pacífico.

Temporada de precipitaciones: todo el año.

Clima: frío y húmedo en las cordilleras patagónica y fueguina.

Características particulares: algunos ríos son regulados por lagos intermedios

Contenido de deuterio: promedio 142,7 ppm, valores entre 139 y 146 ppm.

Estas concentraciones relativamente bajas se ex
plican por el efecto de temperatura; el clima
frío hace que las precipitaciones sean pobres en
deuterio y evita, por otra parte, que se produzca
un aumento de concentración por evaporación. Solam
ente en el lago Cardiel, por su característica
de cuenca cerrada, la evaporación provoca un au-
mento en la concentración de deuterio de varias
partes por millón respecto a los valores normales
de la zona.

ZONA 2

Comprende: parte de las provincias de Chubut, Río Negro y Neuquén.

Origen de las aguas: precipitaciones de lluvia y nieve en montañas de alt
tura media, originadas en masas de aire húmedo prov
enientes del Océano Pacífico.

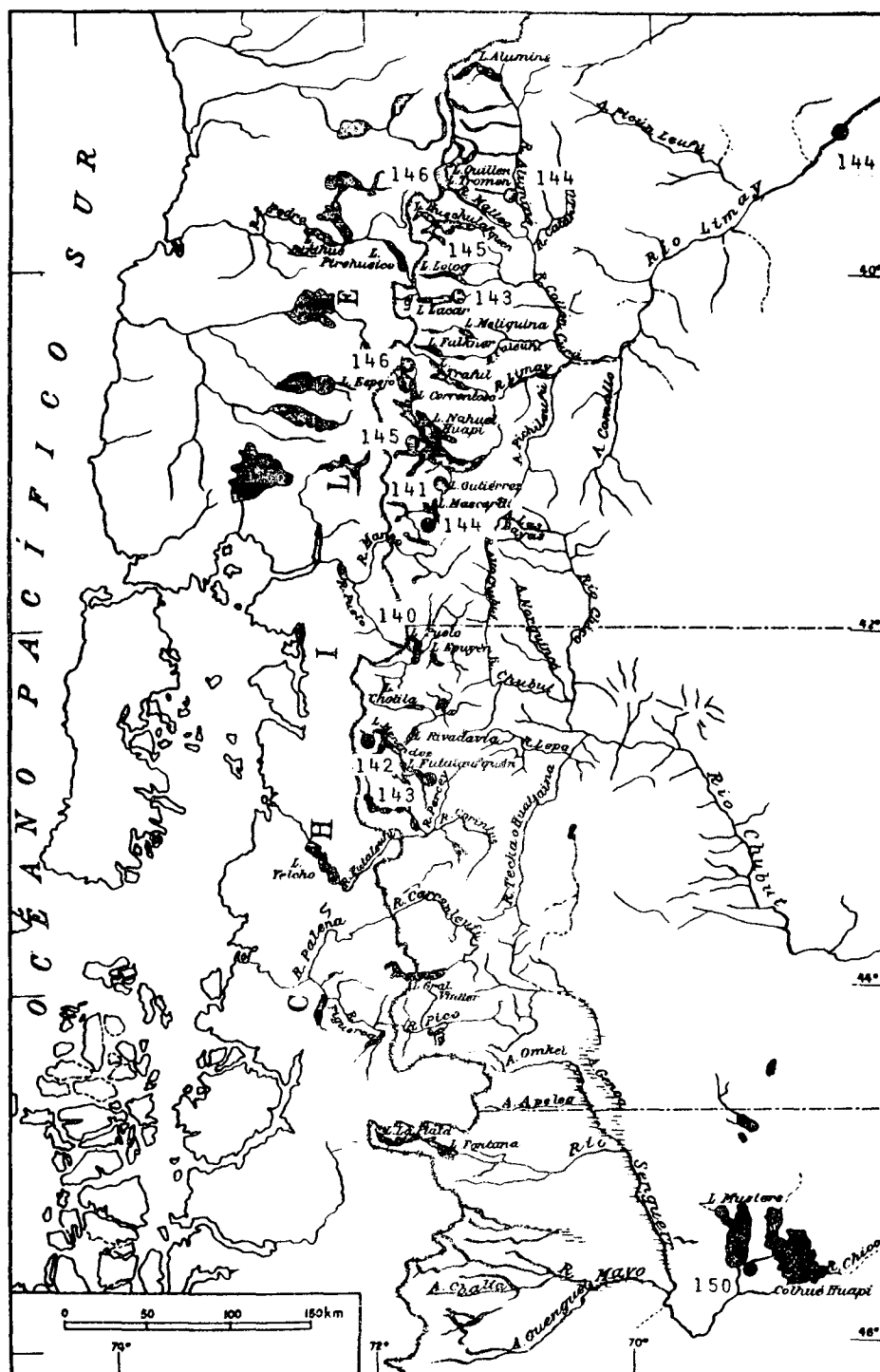
Temporada de precipitaciones: todo el año, predominando el invierno.

Clima: frío y húmedo de las cordilleras patagónicas y fueguinas.

Características particulares: la mayoría de los ríos son regulados por
lagos intermedios.

Contenido de deuterio: promedio 143,8; valores entre 140 y 147 ppm.

Los valores medios de esta zona son apenas superior
es a los de la Zona 1 por los mismos motivos allí
indicados. Las mayores temperaturas medias anuales,
debido a la menor latitud, se ve compensada por la
mayor altura de las montañas donde se producen las
precipitaciones y por el hecho que estas ocurren
preferentemente en invierno. El lago Musters pre-
senta una concentración elevada respecto a la zona
por motivos similares a los mencionados para el
lago Cardiel, su desague por el río Chico a través
del lago Colhué Huapí es sólo ocasional en épocas
de grandes crecientes.



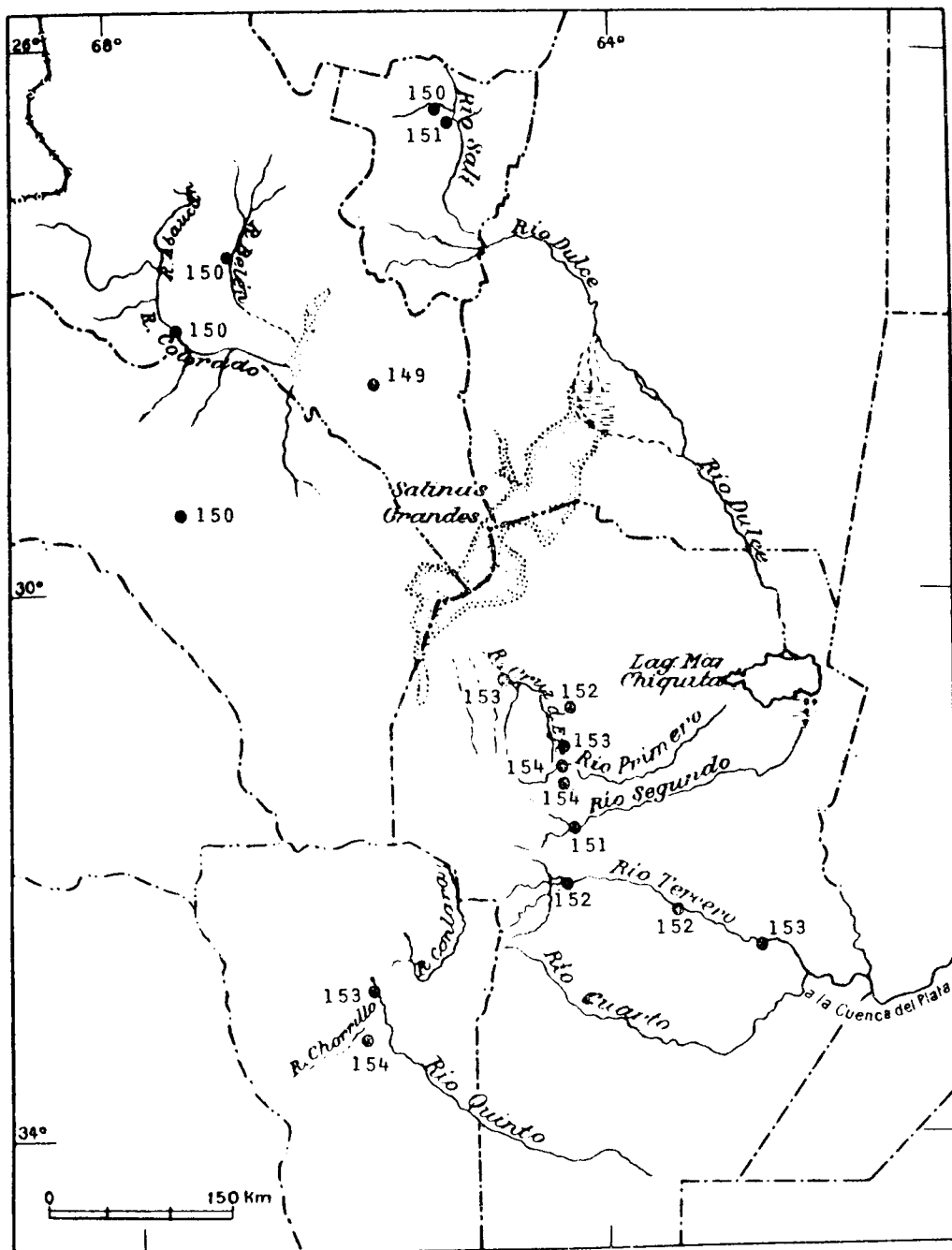


Figura 5. Zona 4 y parte sur de la Zona 6.

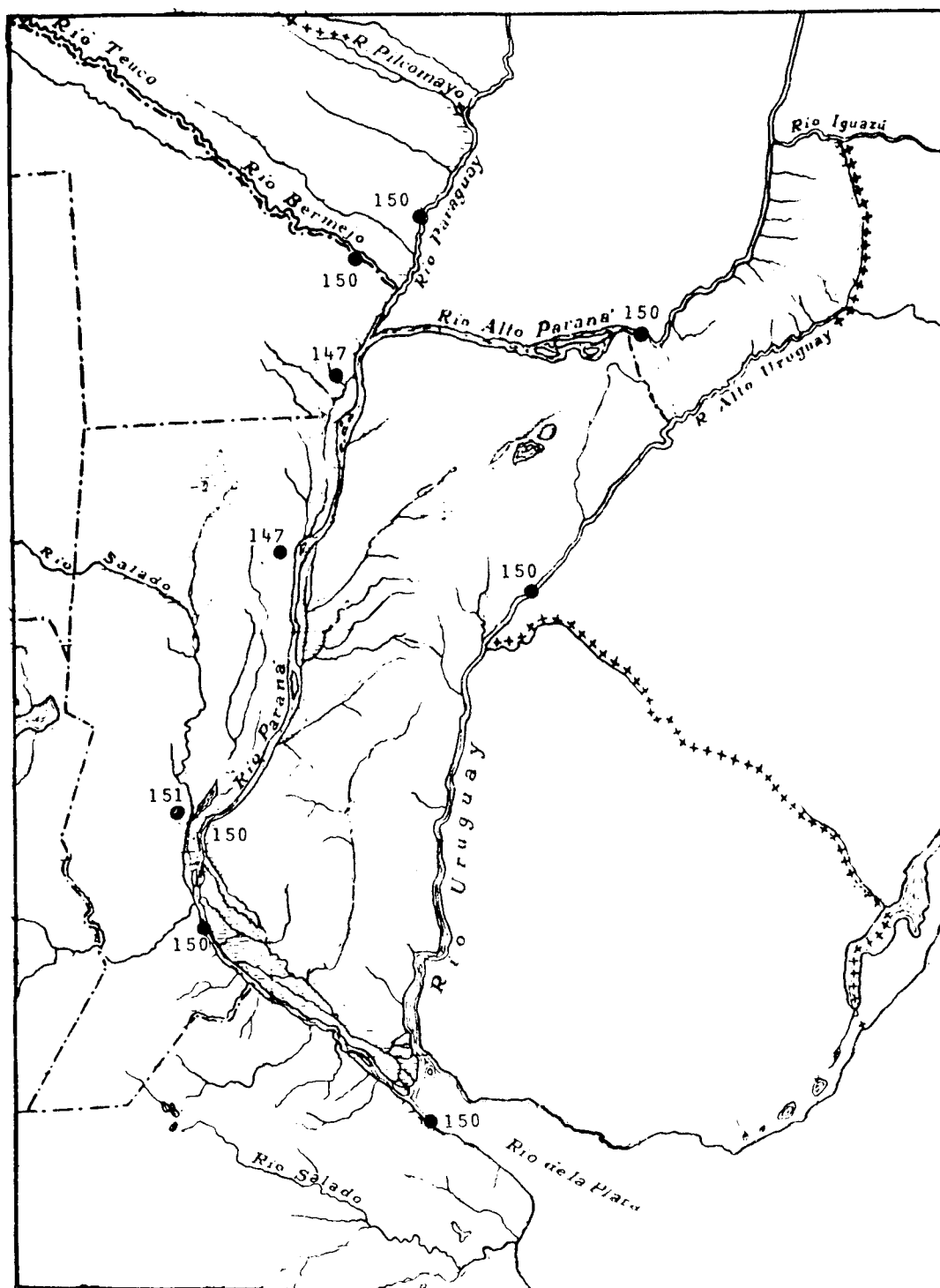


Figura 6 Zona 5.

ZONA 3

Comprende: parte de las provincias de San Juan, Mendoza, La Pampa y Neuquén.

Origen de las aguas: deshielo de nieve y glaciares producidos por precipitaciones en alta montaña, provenientes de masas de aire húmedo formadas en el Océano Pacífico.

Temporada de precipitaciones: casi exclusivamente en invierno.

Clima: n^íveo.

Características particulares: ríos de régimen torrencial durante el deshielo, sin lagos intermedios que regulen el caudal.

Contenido de deuterio: promedio 137 ppm, valores entre 130 y 143 ppm.

En esta zona es donde se hace más notable la importancia del efecto de temperatura. Las precipitaciones son pobres en deuterio debido a que se producen casi exclusivamente en invierno y en montañas de gran altitud.

La falta de lagos o embalses impide que la evaporación produzca un incremento en el contenido de deuterio.

A pesar de los resultados parciales disponibles, ahora es en esta zona donde se observan las mayores variaciones estacionales, debido probablemente también a la falta de lagos o embalses que amortiguen las variaciones en contenido de deuterio que se producen en las precipitaciones.

ZONA 4

Comprende: parte de las provincias de Córdoba y San Luis.

Orígen de las aguas: precipitaciones de lluvia en sierras de baja altura y en llanura originadas por masas de aire húmedo provenientes del Anticiclón Subtropical Atlántico.

Temporada de precipitaciones: casi exclusivamente en verano.

Características particulares: ríos de régimen torrencial en verano. Varios embalses artificiales regulan el caudal de los cursos inferiores.

Clima: templado serrano, Caluroso en verano.

Contenido de deuterio: promedio 152,5 ppm; valores entre 143 y 156 ppm.

A primera vista resulta difícil explicar estas altas concentraciones de deuterio. Las masas de aire húmedo que llegan a una zona alejada de la costa deben haber producido previamente precipitaciones y haberse, por lo tanto, empobrecido en deuterio. La explicación más probable la da el hecho que las precipitaciones se producen en verano, cuando las temperaturas son considerablemente elevadas. La evaporación en los embalses artificiales contribuyen seguramente a elevar el contenido de deuterio.

ZONA 5

Comprende: las provincias de Entre Ríos, Corrientes, Misiones y parte de las de Buenos Aires, Santa Fe, Chaco y Formosa.

Origen de las aguas: los ríos más importantes se originan en precipitaciones producidas fuera del país, desde cerca de la costa del Brasil hasta el Altiplano boliviano y por el norte hasta el límite de la cuenca del Amazonas. Estas precipitaciones tienen su origen en las masas de aire húmedo provenientes del Anticiclón Subtropical Atlántico.

Temporada de precipitaciones: todo el año.

Clima: tropical y subtropical.

Contenido de deuterio: promedio 149,3 ppm. Valores entre 147 y 151 ppm. Estos

valores son relativamente elevados debido a que las precipitaciones se producen en zonas de altas temperaturas medias. Es de remarcar la uniformidad que presentan en toda la zona y la falta de variaciones estacionales detectables.

ZONA 6

Comprende: parte de las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Catamarca y La Rioja.

Orígen de las aguas: lluvia en montañas y sierras de altura variable.

Algunas provienen de Bolivia. Se originan, como en las dos zonas anteriores, en masas de aire húmedo formadas en el Anticiclón Subtropical Atlántico.

Temporada de precipitaciones: principalmente en verano.

Clima: tropical serrano y tropical con estación seca.

Características particulares: ríos de régimen torrencial en verano.

Contenido de deuterio: promedio 150 ppm, valores entre 149 y 153 ppm. Estos valores merecen un comentario similar a los de la zona anterior.

IV.7 CONCLUSIONES

La concentración de deuterio en aguas superficiales argentinas presenta variaciones considerables en diferentes zonas del país. Estas diferencias se deben principalmente a las variaciones en el contenido de deuterio en las precipitaciones, el cual a su vez depende de las condiciones geográficas y climáticas de la zona en que éstas ocurren. Se han observado también algunas modificaciones que se producen con posterioridad, por influencia de la evaporación.

El conocimiento más detallado de estas variaciones, sobre todo en lo referente a los cambios estacionales, hace conveniente la continuación de este estudio en un número de lugares seleccionados como los más interesantes a partir de este estudio preliminar.

Es también deseable que se realice un estudio sistemático del contenido de deuterio en las precipitaciones en diferentes lugares del país.

T A B L A 1

ZONA 1

LUGAR	FECHA	D. con'tn (ppm)	$\delta D\text{‰}$
Río Chico, puente ruta 3 (Sta.Cruz)	24-1-74	142	-88
Río Santa Cruz, Cmte.Piedrabuena (Sta.Cruz)	24-1-74	141	-100
Río Grande, puente ruta 3 (Tierra del Fuego)	26-1-74	143	-82
Río Grande, puente ruta 3 (Tierra del Fuego)	26-11-74	141	-95
Lago Fagnano, Kaiken, (T.del Fuego)	26-1-74	144	-75
Lago Fagnano, orilla sur (Tierra del Fuego)	29-1-74	141	-95
Lago Roca, Lapataia (T.del Fuego)	27-1-74	140	-100
Canal de Beagle, mar, Usuahia (Tierra del Fuego)	29-1-74	152	-24
Río Chico, Ushuaia (T.del Fuego)	9-5-74	144	-75
Río Turbio, El Turbio (Sta.Cruz)	31-1-74	143	-82
Río Gallegos, Guer Aike (Sta.Cruz)	31-1-74	146	-62
Lago Argentino, Canal de los Témpanos (Santa Cruz)	2-2-74	143	-82
Lago Argentino, Puerto Bandera (Santa Cruz)	4-2-74	142	-88
Glaciar Perito Moreno, hielo (Sta.Cruz)	2-2-74	139	-107
Río La Leona, puente ruta 40 (Sta.Cruz)	4-2-74	142	-88
Lago Cardiel, orilla sur (Sta.Cruz)	6-2-74	150	-37
Lago Belgrano, orilla este (Sta.Cruz)	9-2-74	141	-95
Lago Posadas, orilla sur (Sta.Cruz)	10-2-74	146	-62
Lago Buenos Aires, orilla sur (Sta.Cruz)	13-12-74	144	-75

LUGAR	FECHA	D con'n (ppm)	$\delta D\text{‰}$
Puerto San Julián (mar) (Sta.Cruz)	23-1-73	153	-18
Caleta Olivia (mar) (Sta.Cruz)	23-1-74	161	+33
Lago Roca, Lapataia (T.del Fuego)	27-1-74	140	-100

ZONA 2

LUGAR	FECHA	D con'n (ppm)	$\delta D\text{‰}$
Lago Musters, toma OSN (Chubut)	-10-74	150	-37
Río Frey, próximo a la unión con el Río N°1 (Chubut)	17-2-74	144	-75
Lago Situación, cerca del nacimiento del Río Futaleufú (Chubut)	17-2-74	143	-75
Lago Futalaufquén, centro del lago a 2000m de la desembocadura del río Arrayanes (Chubut)	17-2-74	143	-82
Lago Puelo, orilla norte próximo a la desembocadura del río Azul (Chubut)	19-2-74	140	-100
Embalse Ramos Mexía, Villa El Chocón (Neuquén)	29-1-74	144	-75
Agua Termal, Copahue, Neuquén	-11-74	150	-37
Río Aluminé, La Rinconada, (Neuquén)	29-1-74	144	-75
Lago Tromen, orilla sur (Neuquén)	30-1-74	146	-63
Lago Huechulafquen, Pto.Canoas (Neuquén)	31-1-74	145	-70
Lago Currhué Grande, extremo oeste (Neuquén)	31-1-74	143	-82
Lago Lolog, nacimiento del río Quilquihué (Neuquén)	31-1-74	145	-70
Lago Lacar, San Martín de los Andes (Neuquén)	31-1-74	143	-82

IV-12

LUGAR	FECHA	D con'n (ppm)	$\delta D^{\text{‰}}$
Lago Machónico, orilla Este (Neuquén)	1-2-74	144	-75
Lago Melinquina, orilla Este (Neuquén)	1-2-74	143	-82
Lago Traful, Villa Traful (Neuquén)	1-2-74	143	-82
Lago Correntoso, Ruca Malen (Neuquén)	1-2-74	141	-95
Lago Espejo, brazo este (Neuquén)	1-2-74	147	-56
Agua de lluvia, San Carlos de Bariloche (Río Negro)	3-2-74	141	-95
Lago Gutierrez, orilla Norte (R.Negro)	3-2-74	141	-95
Lago Nahuel Huapí, Villa Tacul (R.Negro)	3-2-74	145	-70
Río Manso, nacimiento en el Ventisquero Tronador (Río Negro)	8-2-74	142	-88
Lago Guillermo, orilla norte (R.Negro)	8-2-74	143	-82
Lago Mascardi, Villa Mascardi (R.Negro)	8-2-74	144	-70
Río Negro, Viedma, (Río Negro)	20-1-74	145	-70
Río Chubut, Dique Ameghino (Chubut)	21-2-74	142	-88
Río Chubut, Trelew (Chubut)	28-5-74	144	-75
Puerto Madryn (mar) (Chubut)	21-2-74	155	-5

ZONA 3

LUGAR	FECHA	D con'n (ppm)	$\delta D^{\text{‰}}$
Río Jachal, Jachal, (San Juan)	7-2-74	143	-82
Río San Juan, San Juan (San Juan)	7-12-74	138	-114
Río San Juan, San Juan (San Juan)	19-11-74	130	-165
Río San Juan, San Juan (San Juan)	8-5-74	135	-133

IV-13

LUGAR	FECHA	D con'n (ppm)	$\delta D^{\text{‰}}$
Río Blanco, Potrerillos (Mendoza)	8-5-74	135	-133
Río Blanco, Potrerillos (Mendoza)	10-12-74	138	-114
Río Mendoza, Luján de Cuyo (Mendoza)	8-5-74	136	-127
Río Mendoza, Luján de Cuyo (Mendoza)	27-5-74	137	-121
Río Mendoza, Luján de Cuyo (Mendoza)	28-9-74	139	-108
Río Diamante, San Rafael (Mendoza)	3-5-74	135	-133
Río Atuel, Gral. Alvear (Mendoza)	10-12-74	136	-127
Río Neuquén, dique Ing. Ballester (Neuquén)	21-2-74	139	-104
Río Colorado, puente dique derivador Punto Unido (La Pampa)	21-12-74	139	-104
Río Colorado, Gobernador Duval (La Pampa)	29-1-74	139	-104

ZONA 4

LUGAR	FECHA	D con'n (ppm)	$\delta D^{\text{‰}}$
Río Cruz del Eje, salida del embalse (Córdoba)	13-2-74	156	+1,5
Río Cruz del Eje, salida del embalse (Córdoba)	9-10-74	153	-18
Río San Miguel, Ascochinga (Córdoba)	12-2-74	155	-5
Río Calabalumba, Capilla del Monte (Córdoba)	8-2-74	152	-24
Río Jesús María, Jesús María (Córdoba)	13-2-74	150	-37
Río Jesús María, Jesús María (Córdoba)	10-6-74	155	-5
Dique San Gerónimo, La Cumbre (Córdoba)	7-2-74	149	-43

LUGAR	FECHA	D con'n (ppm)	$\delta D^{\text{‰}}$
Dique San Gerónimo, La Cumbre (Córdoba)	10-6-74	152	-24
Río Primero, La Calera (Córdoba)	15-2-74	154	-11
Río Primero, Suquía (Córdoba)	7-2-74	154	-11
Río Primero, Suquía (Córdoba)	22-5-74	153	-18
Río Primero, Alto Alberdi (Córdoba)	7-2-74	154	-11
Río Primero, Alto Alberdi (Córdoba)	22-5-74	154	-11
Río Anizacate, Alta Gracia (Córdoba)	7-2-74	154	-11
Río Anizacate, Alta Gracia (Córdoba)	10-10-74	153	-18
Río Los Reartes, Los Reartes (Córdoba)	10-10-74	150	-37
Embalse Los Molinos, sobre el dique, (Córdoba)	10-10-74	150	-37
Río Los Sauces, Villa Dolores (Córdoba)	8-5-74	155	-5
Río Tercero, Bell Ville (Córdoba)	7-3-74	153	-18
Río Tercero, Villa María (Córdoba)	13-2-74	152	-24
Río Tercero, Embalse, orilla sur (Córdoba)	11-10-74	151	-30
Río Tercero, Embalse (Córdoba)	11-10-74	150	-37
Río de la Cruz, La Cruz (Córdoba)	11-10-74	150	-37
Río Grande, Cerro Pelado (Córdoba)	11-10-74	152	-24
Río Santa Rosa, Santa Rosa de Calamuchita (Córdoba)	11-10-74	153	-18
Embalse Cruz de Piedra (San Luis)	15-2-74	155	-5
Embalse Cruz de Piedra (San Luis)	13-12-74	153	-18
Embalse La Florida (San Luis)	15-2-74	153	-18
Río Quinto, Mercedes, (San Luis)	9-5-74	150	-37

IV-15

ZONA 5

LUGAR	FECHA	D con'tn (ppm)	$\delta D^{\text{‰}}$
Río Paraguay, Formosa (Formosa)	22-2-74	150	-37
Río Barranqueras, Resistencia (Chaco)	11-6-74	150	-37
Río San Jerónimo, Reconquista (Santa Fe)	22-2-74	147	-56
Río San Jerónimo, Reconquista (Santa Fe)	10-6-74	149	-43
Río Colastiné, Santa Fe (Santa Fe)	7-2-74	150	-37
Río Colastiné, Santa Fe (Santa Fe)	26-11-74	151	-34
Río Santa Fe, Santa Fe (Santa Fe)	7-2-74	151	-34
Río Uruguay, Paso de los Libres (Entre Ríos)	25-4-74	150	-37
Río Paraná, Rosario, (Santa Fe)	7-2-74	150	-37
Río Paraná, Paraná (Entre Ríos)	23-4-74	150	-37
Río de la Plata, toma de OSN (Buenos Aires)	5-6-74	150	-37

ZONA 6

LUGAR	FECHA	D con'tn (ppm)	$\delta D^{\text{‰}}$
Río Reyes, S.S.de Jujuy (Jujuy)	17-4-74	149	-43
Río Guerrero, S.S.de Jujuy (Jujuy)	12-2-74	150	-37
Río Mojotoro, Gral Guemes (Salta)	15-2-74	150	-37
Río Loro, Salí (Tucumán)	14-2-74	149	-43
Río Vipos, toma OSN (Tucumán)	14-2-74	150	-37

LUGAR	FECHA	D con'n (ppm)	$\delta D^{\text{‰}}$
Río Sierras de San Javier (Tucumán)	4-12-74	150	-37
Embalse El Cadillal (Tucumán)	-10-74	151	-30
Río El Tala, Catamarca (Catamarca)	19-2-74	149	-43
Río Quimivil, Londres (Catamarca)	13-3-74	150	-37
Río Belén, Belén (Catamarca)	18-3-74	150	-37
Río Belén, Belén (Catamarca)	8-10-74	153	-18
Río Quimivil, Londres (Catamarca)	8-10-74	150	-37
Río Abaucán, Tinogasta (Catamarca)	3-3-74	150	-37
Manantial Santa Florentina, Chilecito (La Rioja)	3-12-74	150	-37
Río Bermejo, puente sobre ruta 12 (Chaco)	-10-74	150	-37

IV.8. BIBLIOGRAFIA

- 1) R.Hageman; G.Nieff y E.Roth - Tellus XII 6 712-15 (1970)
- 2) Y.Horibe; Kobayaba. Geoch.et Cosmichim. Acta 20 273-83 (1970)
- 3) H.Craig. Science. 133.1833-4 (1961)
- 4) E.Roth. Chem.Phys. 60 335-50 (1960)
- 5) I.Friedman; A.C.Redfield; B.Schoen; J.Harris. Rev.of Geophys.
2 177-224 (1964)
- 6) W.Dansgaard. Tellus XVI 436-68 (1964)
- 7) R.M.Brown; E.Robertson; W.Thurston. AECL-3800

ANEXO V

Análisis químico de aguas superficiales argentinas

A N E X O V

I N D I C E

V.1.	INTRODUCCION	V-1
V.2.	ANALISIS DE DISTINTAS FUENTES DE AGUA	V-2

V.I. INTRODUCCION

Las plantas de agua pesada que utilizan el Intercambio Isotópico H_2S/H_2O como método de producción, necesitan agua como materia prima (agua de proceso), como refrigerante y para otros usos. Las dos primeras son las determinantes fundamentales de los requerimientos de caudal y calidad (ver Capítulo 6).

Este Anexo tiene por objeto describir las características de diferentes fuentes de aguas superficiales, datos estos que permitirán evaluar la calidad de las mismas y su incidencia en la localización de la planta.

La selección de los lugares donde se tomaron muestras obedeció a criterios de caudal ya que este fija en primer término la posibilidad de utilización de cualquier fuente.

V.2. ANALISIS DE DISTINTAS FUENTES DE AGUA

Se analizó en lo posible:

Color
Turbiedad
Residuo conductimétrico
Dureza total
Alcalinidad total
Cloruros
Sulfatos
Nitratos
Nitritos
Compuestos nitrogenados (como Amonio)
Sílice
Calcio
Magnesio
Sodio y Potasio
Hierro total
Hierro disuelto
Manganeso
Fluor
Arsénico
Materia Orgánica

Las fuentes de agua analizadas fueron:

Río Chico	- Ushuaia
Lago Fagnano	- Kaiken
Río Grande	- Guer Aike
Lago Argentino	- Pto. Bandera
Río Santa Cruz	- Cmte. Piedrabuena
Lago Cardiel	
Lago Musters	
Río Chubut	- Toma de Madryn
Dique Ameghino	
Lago Situación	

Lago Nahuel Huapí	- V. Tacul
Embalse El Chocón	
Río Limay	-
	- Piedra del Aguila
	- Arroyito
Río Negro	- Viedma
Río Neuquén	- Diq. Ing. Ballester
	- Planicie Banderitas
Río Colorado	- Dique 25 de Mayo
Río Blanco	- Potrerillos
Río Diamante	- San Rafael
Río Atuel	- Gral. Alvear
Río Mendoza	- Luján de Cuyo
Río San Juan	- San Juan
	- Caucete
Río Jachal	- San J. de Jachal
Río Grande	- Cerro Pelado
Embalse Río Tercero	- Torreón
	- C.N. en Embalse
Río Tercero	- Villa María
	- Bell Ville
	- Usina
Embalse Los Molinos	
Embalse Cruz de Piedra	
Embalse La Florida	
Río Los Sauces	- Villa Dolores
Dique San Gerónimo	- La Cumbre
Río Anizacate	- Alta Gracia
Río Primero	- Suquía
	- Alto Alberdi
	- La Calera
Río Cruz del Eje	
Embalse Cruz del Eje	
Río Uruguay	- Paso de los Libres
Río Paraná	- Rosario
	- Paraná
	- Posadas

Río Paraguay	-	Formosa
Río Bermejo	-	Manuel Elordi
	-	Laishi
Río Loro-Salí		
Embalse Cabra Corral		
Río Vipos		
Río Mojotoro	-	Gral. Guemes
Río Reyes	-	S.S. de Jujuy

Los datos obtenidos se encuentran en las Tablas que figuran a continuación.

LUGAR	RIO CHICO Ushuaia	LAGO FAGNANO Kaiken	RIO GRANDE Río Grande				RIO GALLEGOS Guer Aike		LAGO ARGENTINO Pto. Bandera	
FECHA	4-74	26-1-74	26-1-74	26-8-74	7-10-74	2-11-74	3-1-72	26-1-74	3-1-72	4-2-74
Color				24	60	30			< 2	
Turbiedad	1	1.8	3.4	7.6	11	2	15	1.8	2	8.7
pH	7.1	7.4	7.4	7.0	7.3	7.5	7.0	7.5	7.1	7.5
Res. conduct. mg/l	90	65	65	90	60	70	90	120	41	35
Dureza tot. (*) "	28	22	23	35	30	28	44	33	24	13
Alcal. tot. (*) "	36	28	26	32	28	32	52	52	32	18
Cl "	10	7	5	0.15	7	8	10	14	2	1
SO ₄ "	3	4	8	10	9	8	1	5	4	7
NO ₃ "	<1	<1	<1	<1	<1	<1		2	<1	<1
NO ₂ "	0.10	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01		0.02		< 0.01
NH ₄ "	0.15	0.06	0.08	0.15	0.08	0.20		0.05		< 0.05
SiO ₂ "	11	19	19	28	18			22		24
Ca "	6	6	6	8	9			7		5
Mg "	3	2	2	4	2			4		< 2
Na y K "	12	11	9	13	9			0.05		5
Fe tot. "		0.06	< 0.05	0.11	0.20	0.37				< 0.05
Fe dis. "				< 0.05	0.16	0.15		0.05		
Mn "		<0.05	< 0.05			< 0.05		0.2		< 0.05
F "	< 0.2	<0.02	< 0.02					0.04		< 0.20
As "	< 0.04	<0.04	< 0.04							< 0.04
(*) como CO ₃ Ca										

LUGAR	RIO SANTA CRUZ Cmte. Piedrabuena		LAGO CARDIEL	LAGO MUSTERS			RIO CHUBUT Toma de Madryn			
FECHA	24-1-74	16-5-74	6-2-74	7-8-73	27-11-73	4-3-74	28-8-73	20-11-73	10-3-74	7-5-74
Color		15	15	3	15	15	3	20	16	20
Turbiedad	4.8	6	1.0	6	10	20	15	35	25	16
pH	7.3	8.4	8.8	7.7	8.4	8.1	8.0	8.1	7.8	8.1
Res. conduct. mg/l	30	80	1620	321	305	310	230	159	160	205
Dureza tot.(*) "	13	24	105	100	108	60	96	72	72	76
Alcal. tot.(*) "	14	26	880	178	186	192	91	101	86	101
Cl "	1	20	336	25	21	23	20	20	15	27
SO ₄ "	6	7	2	35	27	38	< 0.01	30	16	25
NO ₃ "	<1	<1	2	< 1	< 1	<1		<1	< 1	< 1
NO ₂ "	0.02	<0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01		<0.01	< 0.01	< 0.01
NH ₄ "	<0.05	<0.05	< 0.05	< 0.05	0.05	0.07		<0.05	< 0.05	< 0.05
SiO ₂ "	18	3	< 1	3		2			45	10
Ca "	5	6	12	26		11			21	22
Mg "	< 2	2	19	9		8			5	5
Na y K "	1	18	574	67		94			23	25
Fe tot. "	<0.05						0.12			<0.05
Fe dis. "							0.05			<0.05
Mn "	< 0.05									<0.05
F "	< 0.2		1.5							2
As "	< 0.04		0.04							<0.04

(*) como CO₃Ca

LUGAR	DIQUE AMEGHINO	LAGO SITUACION	LAGO NAHUEL HUAPI-V.Tacu1	EMBALSE EL CHOCON		RIO LIMAY			
FECHA	21-1-74	17-2-74	1-74	1-74	5-75	6-73	8-73	Piedra del Aguila	Arroyito
								27-10-66	5-75
Color						< 2	< 2		10
Turbiedad	4.2	0.5	0.6	1.5		1	0.3		9
pH	7.6	7.5	7.2	7.5	7.7	7.3	6.6	7.0	7.2
Res. conduct. mg/l	130	40	30	75		40	33		120
Dureza tot.(*)	45	15	10	27	32	12	28	18	39
Alcal. tot.(*)	78	12	16	36	34	23	20	40	33
Cl	5	5	2	2	3	3	2	5	3
SO ₄	13	3	<2	13	16	3	1		18
NO ₃	<1	3	<1	<1		1	1		<1
NO ₂	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		0.01	0.01		<0.01
NH ₄	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		0.23	0.1		<0.05
SiO ₂	30	16	16	19	10	1	3	6	12
Ca	12	6	4	8	11	5	9		12
Mg	4	< 2	< 2	2	1	2	1		2
Na y K	24	0.7	3	12		8	1		13
Fe tot.	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05					
Fe dis.					<0.05				<0.05
Mn	< 0.05	< 0.05	< 0.05	<0.05					
F	0.2	< 0.2	< 0.2	<0.2					<0.2
As	< 0.04	< 0.04	< 0.04	<0.04					<0.04
Mat.organ.(**)					3.7				3.8

(*) como CO₃Ca (**) MnO₄K consumido

LUGAR	RIO NEGRO Viedma		RIO NEUQUEN Diq. Ing. Ballester Plan. Banderitas				RIO COLORADO Pte. Diq. 25 Mayo	RIO BLANCO Potrerillos	
	5-5-61	21-1-74	4-63	21-2-74	4-73	5-75	21-2-74	16-4-74	16-11-74
Color					7	15		< 2	2
Turbiedad		2		5000	8	87	1350	1	0.1
pH	7.3	7.3	6.8	7.7	8.0	7.4	7.4	8.0	8.1
Res. conduct. mg/l		180		410	170	180	640	250	225
Dureza tot. (*) "	87	50	100	163	70	75	265	148	125
Alcal. tot. (*) "		50	50	80	52	60	70	73	72
Cl	25	22	30	56	17	25	111	4	8
SO ₄	56	39		148	40	33	168	90	85
NO ₃		< 1		2	< 1	< 1	1	1	2
NO ₂		< 0.01		0.01		0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01
NH ₄		< 0.05		< 0.05		< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
SiO ₂	15	24	11	19		5	28		13
Ca	28	12		56		24	95	45	36
Mg	4	5		6	4	4	7	9	9
Na y K	30	33		69		24	63	12	21
Fe tot.		< 0.05		< 0.05	< 0.05		< 0.05		
Fe dis.						< 0.05			
Mn		< 0.05		< 0.05			< 0.05		
F		0.6		0.5		< 0.2	0.2	1.1	1.1
As		< 0.04				< 0.04	< 0.04	< 0.04	
Mat. organ. (**) "						6.5			

(*) como CO₃Ca (**) MnO₄K consumido

LUGAR	RIO DIAMANTE San Rafael			RIO ATUEL Gral. Alvear	RIO MENDOZA Luján de Cuyo				
FECHA	5-10-73	4-1-74	19-4-74	18-11-74	20-12-73	16-2-74	16-4-74	28-9-74	16-11-74
Color	< 2	10	5	10	12	2	5	5	6
Turbiedad	7	25	27	50	850	475	90	1	85
pH	7.9	7.6	7.9	7.9	7.7	7.8	7.8	8.1	8.0
Res. conduct. mg/l	1228	738	1070	1300	535	500	620	700	530
Dureza tot. (*) "	448	374	464	650	292	280	296	295	280
Alcal. tot. (*) "	112	81	117	86	81	74	89	100	80
Cl "	264	120	180	227	52	55	70	95	57
SO ₄ "	360	312	336	592	226	232	264	264	224
NO ₃ "	< 1	1	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1	3	2
NO ₂ "	0.01	0.03	0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	< 0.01	< 0.01	0.01
NH ₄ "	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.07	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05
SiO ₂ "		14		17	12	14		14	13
Ca "		126		222	98	94	95	84	88
Mg "		15		24	12	11	15	21	15
Na y K "		93		172	45	53	76	99	53
Fe tot. "									
Fe dis. "									
Mn "									
F "					0.4		0.5	0.8	0.4
As "					< 0.04		< 0.04	< 0.04	

(*) como CO₃Ca

LUGAR	RIO SAN JUAN							RIO JACHAL San J.de Jachal	
	San Juan			Caucete					
FECHA	13-7-73	28-12-73	19-11-74	7-1-74	19-4-74	9-8-74	3-10-74	25-10-73	22-1-74
Color	< 2	10	13	5	6	5	17	<2	4
Turbiedad	25	25	200	110	7	1.6	30	500	1000
pH	8.1	7.9	8.0	8.1	7.7	7.8	8.1	7.9	7.8
Res. conduct. mg/l	367	380	310	347	375	410	400	1298	1100
Dureza tot. (*) "	204	188	172	212	208	217	212	420	344
Alcal. tot. (*) "	100	98	92	100	103	96	114	119	104
Cl "	27	30	23	27	30	32	37	386	308
SO ₄ "	112	146	112	120	136	160	148	250	236
NO ₃ "	2	2	2	1	1	2	1	3	2
NO ₂ "	0.02	0.01	< 0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03
NH ₄ "	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	< 0.05	0.05	0.12	0.05	< 0.05
SiO ₂ "			10				14		
Ca "			58		69		69		
Mg "			7		9		10		
Na y K "			32		36		50		
Fe tot. "									
Fe dis. "									
Mn "									
F "					0.4				
As "					< 0.04				
(*) como CO ₃ Ca									

LUGAR	RIO GRANDE Cerro Pelado	EMBALSE RIO TERCERO Torreón	Orilla Cent.Nucl.	RIO TERCERO				
				Villa María		Bell Ville	Usina	
FECHA	11-10-74	11-10-74	11-10-74	4-2-74	27-7-74	16-9-74	13-2-74	11-10-74
Color	10	9	11	5	<2	18	12	11
Turbiedad	0.5	1	35	15	9	8	14	1
pH	7.6	7.1	9.0	7.9	8.1	7.2	7.8	7.2
Res. conduct. mg/	60	140	230	195	120	120	205	140
Dureza tot.(*) "	27	55	70	84	72	50	80	52
Alcal. tot.(*) "	40	67	71	99	61	58	90	67
Cl "	1	5	7	15	2	10	16	5
SO ₄ "	2	30	90	25	13	15	38	31
NO ₃ "	<1	2	<1	2	3	2	4	2
NO ₂ "	0.07	<0.01	<0.01	0.01	0.02	<0.01	0.01	<0.01
NH ₄ "	0.05	<0.05	0.17	<0.05	<0.05	0.05	0.05	0.10
SiO ₂ "	<1	<1	<1		10		10	<1
Ca "	8	16	18		23		22	14
Mg "	2	4	6		4		6	4
Na y K "	8	23	49		9		35	25
Fe tot. "								
Fe dis. "								
Mn "								
F "	<0.2	0.3	0.5				0.3	0.3
As "	0.04	<0.04	<0.04				<0.04	<0.04

(*) como CO₃Ca

LUGAR	EMBALSE LOS MOLINOS	EMBALSE CRUZ DE PIEDRA		EMBALSE LA FLORIDA	RIO LOS SAUCES Villa Dolores			DIQUE SAN GERONIMO La Cumbre	
FECHA	10-10-74	5-2-74	19-11-74	5-2-74	9-1-74	22-4-74	19-8-74	29-1-74	17-5-74
Color	13	32	13	18	23	23	20	8	17
Turbiedad	0.7	25	180	0.5	0.2	< 0.1	1.1	0.5	< 0.1
pH	7.3	7.5	8.1	7.9	7.6	7.7	7.2	7.3	7.4
Res. conduct. mg/l	7.0	299	395	200	103	120	120	163	150
Dureza tot. (*) "	32	124	163	92	56	28	32	88	88
Alcal. tot. (*) "	49	130	188	80	58	64	66	120	102
Cl "	1	20	17	20	10	2	2	12	5
SO ₄ "	7	76	90	46	16	13	18	6	4
NO ₃ "	<1	<1	3	1	<1	<1	<1	1	<1
NO ₂ "	<0.01	0.02	0.04	0.01	<0.01	0.04	<0.01	0.15	0.02
NH ₄ "	0.07	0.17	0.10	0.05	0.11	0.05	0.07	0.10	0.25
SiO ₂ "	<1	10	15	3	3		15		30
Ca "	10	35	46	23	16		14		27
Mg "	2	9	12	5	4		2		5
Na y K "	12	52	66	37	15		21		11
Fe tot. "									0.05
Fe dis. "									<0.05
Mn "									<0.05
F "	0.4	0.7	0.9	0.4					0.5
As "	<0.04	<0.04		<0.04					<0.04

(*) como CO₃Ca

LUGAR	FECHA	RIO ANIZACATE Alta Gracia			Suquía		RIO PRIMERO Alto Alberdi		La Calera (Usina)		
		29-4-73	21-1-74	6-8-74	23-1-74	2-5-74	23-1-74	2-5-74	5-2-74	20-5-74	3-9-74
Color		15	30	10	25	22	26	30	18	22	30
Turbiedad		0.5	0.2	0.3	3	6	0.3	1.0	4	0.6	5
pH		7.8	7.8	8.0	7.5	6.5	7.6	6.4	7.7	7.2	7.3
Res. conduct.	mg/l	115	105	105	120	100	125	95	121	100	110
Dureza tot. (*)	"	60	48	50	76	40	80	36	60	44	43
Alcal. tot. (*)	"	77	60	68	76	37	80	37	72	62	60
Cl	"	5	12	< 2	10	27	10	22	8	7	7
SO ₄	"	4	4	3	13	9	13	6	13	9	8
NO ₃	"	1	3	< 1	< 1	1	< 1	1	< 1	1	1
NO ₂	"	<0.01	0.01	<0.01	0.01	0.04	0.02	0.03	0.02	0.03	< 0.01
NH ₄	"	<0.05	0.05	<0.05	0.05	0.05	<0.05	0.20	0.07	0.1	0.05
SiO ₂	"		10	18	1	< 1	1	< 1	5		3
Ca	"		14	14	24	13	26	9	18		12
Mg	"		3	3	4	2	4	3	4		3
Na y K	"		17	11	12	21	12	14	16		17
Fe tot.	"										
Fe dis.	"										
Mn	"										
F	"		0.8		0.8	0.6	0.8	0.6	0.9		
As	"		<0.04		<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04		

(*) como CO₃Ca

LUGAR	RIO CRUZ DEL EJE				EMBALSE CRUZ DEL EJE	RIO URUGUAY P. de los Libres		
FECHA	4-2-74	20-5-74	27-8-74	9-10-74	9-10-74	19-12-73	3-4-74	14-7-74
Color	24	25	23	15	11	7	52	35
Turbiedad	2	9	14			4	25	35
pH	7.6	7.9	7.5	7.4	7.6	7.4	8.1	7.4
Res. conduct. mg/l	230	225	215	225	220	16	40	35
Dureza tot. (*) "	100	104	90	105	93	32	20	18
Alcal. tot. (*) "	130	124	126	130	130	30	30	21
Cl "	20	12	10	10	16	10	1	2
SO ₄ "	28	25	18	16	17	2	3	9
NO ₃ "	< 1	< 1	< 1	1	< 1	5	2	5
NO ₂ "	0.05	< 0.01	0.02	< 0.01	< 0.01	0.05	< 0.01	< 0.01
NH ₄ "	0.30	< 0.05	0.1	0.07	< 0.05	0.05	0.10	0.08
SiO ₂ "			4	< 1	< 1			
Ca "			26	32	28		5	
Mg "			6	6	6		2	
Na y K "			32	26	35		7	
Fe tot. "		0.06						
Fe dis. "		< 0.05						
Mn "								
F "				1.0	1.0		< 0.2	
As "				< 0.04	< 0.04		< 0.04	

(*) como CO₃Ca

LUGAR	RIO PARANA									
	Rosario				Paraná				Posadas	
FECHA	10-10-73	18-1-74	29-4-74	19-8-74	21-9-73	21-12-73	2-4-74	18-7-74	13-12-73	12-7-74
Color	26	53	60	30	25	10	45	280	7	23
Turbiedad	35	140	70	65	20	25	90	90	15	40
pH	7.5	8.0	7.3	7.3	7.7	8.1	7.8	7.3	7.6	7.5
Res. conduct. mg/l	118	100	100	105	58	61	68	50	55	35
Dureza tot.(*)	"	36	40	36	30	24	26	32	20	24
Alcal. tot.(*)	"	30	40	47	36	21	24	40	30	28
Cl.	"	30	20	12	17	5	12	4	5	10
SO ₄	"	26	15	9	11	11	9	8	9	4
NO ₃	"	2	1	1	<1	2	1	1	1	<1
NO ₂	"	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NH ₄	"	0.06	<0.05	0.30	<0.05	0.05	<0.05	0.15	<0.05	<0.05
SiO ₂	"		6		11	8				5
Ca	"		11		7	8		8		3
Mg	"		3		3	2		3		2
Na y K	"		20		21	5		10		10
Fe tot.	"									
Fe dis.	"									
Mn	"									
F	"		0.2					<0.2		
As	"		0.04							
(*) como CO ₃ Ca										

LUGAR	RIO PARAGUAY Formosa				RIO BERMEJO M.Elordi Laishi		RIO LORO-SALI		EMBALSE CABRA CORRAL
	FECHA	14-11-73	18-2-74	24-6-74	7-10-74	11-74	27-4-74	29-1-74 4-8-74	30-5-74
Color		43	54	55	50			29 25	9
Turbiedad		26	100	19	5	2	5700	10 6	6
pH		8.0	7.1	7.5	7.4	7.8	7.4	7.6 8.0	7.3
Res. conduct. mg/l		104	88	85	70	179		815 510	667
Dureza tot. (*)	"	40	52	32	30	123	152	228 170	242
Alcal. tot. (*)	"	36	44	38	30	80	142	150 144	164
Cl	"	18	11	8	5	15	12	170 85	86
SO ₄	"	17	11	10	3	24	57	184 108	225
NO ₃	"	< 1	1	< 1	< 1	6		5	
NO ₂	"	< 0.1	0.04	< 0.01	0.05	< 0.01		< 0.01 < 0.01	0.08
NH ₄	"	0.12	0.10	0.1	0.15	< 0.05	14	0.05 0.08	0.05
SiO ₂	"	6				7	48		
Ca	"	11				39	8		
Mg	"	3				6	26		
Na y K	"	17				24	0.05		
Fe tot.	"								
Fe dis.	"								
Mn	"								
F	"								
As	"								
(*) como CO ₃ Ca									

LUGAR	RIO VIPOS		RIO MOJOTORO Gral. Güemes				RIO REYES S.S. de Jujuy		
FECHA	29-1-74	4-8-74	6-11-73	5-2-74	14-5-74	3-9-74	14-6-73	10-9-73	26-3-74
Color	31	9	4	15	11	4	6	< 2	6
Turbiedad	4	0.1	7	500	10	0.2	3	< 0.1	6
pH	8.0	7.8	7.8	7.7	8.1	8.0	8.0	8.2	8.1
Res. conduct. mg/l	90	140	211	128	170	205	120	117	122
Dureza tot. (*) "	48	58	132	82	104	120	80	80	84
Alcal. tot. (*) "	50	74	123	74	88	104	66	66	70
Cl "	5	3	12	3	5	1	1	7	1
SO ₄ "	6	13	39	23	28	31	19	7	14
NO ₃ "	7	4	1	4	4	3	4	2	4
NO ₂ "	0.02	<0.01	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.04
NH ₄ "	0.05	<0.05	< 0.05	0.12	< 0.05	<0.05	0.15	<0.05	< 0.05
SiO ₂ "				8		14		3	8
Ca "				23		34		26	24
Mg "				6		9		4	6
Na y K "				11		8		1	2
Fe tot. "					<0.05				
Fe dis. "					<0.05				
Mn "									
F "				< 0.2					< 0.2
As "				< 0.04					< 0.04
(*) como CO ₃ Ca									

ANEXO VI

Entorno fisiográfico - geológico

A N E X O V I

I N D I C E

VI.1.	INTRODUCCION	VI-1
VI.2.	ASPECTO GEO-FISIOGRAFICO	VI-1
VI.3.	ASPECTO CLIMATICO	VI-2
VI.4.	ASPECTO BOTANICO	VI-2
VI.5.	ASPECTO GEOLOGICO	VI-3
VI.6.	ESTRUCTURA DEL SUBSUELO	VI-4
VI.7.	SISMOLOGIA	VI-7
VI.8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	VI-8

VI.1. INTRODUCCION

Con el objeto de estudiar algunas localidades para seleccionar de ellas la o las que posean las condiciones más favorables para situar una planta de agua pesada en la Provincia de Neuquén, se recorrió un triángulo en el oriente de dicho estado provincial, cuyo vértice Este se ubica en la confluencia de los ríos Neuquén y Limay. Esta figura se inscribe aproximadamente dentro de las coordenadas geográficas siguientes: 68° a 69° Long. Oeste y $38^{\circ}20'$ a $39^{\circ}30'$ de Lat. Sur; y cuyo vértice oriental coincide prácticamente con la intersección del meridiano 68° y paralelo 39° .

El cateto sur, coincidente con el Río Limay, se extiende hasta el vértice fijado aproximadamente en Picún-Leufú. Desde la "cola" del embalse del Chocón, el límite occidental se dirige hacia el Norte, pasando por Cutral-Có, Plaza Huincul, hasta la altura de Portezuelo Grande, derivación del Río Neuquén al sistema Cerros Colorados.

Desde allí, el triángulo se cierra transcurriendo el Río Neuquén hasta el vértice de origen en la confluencia de ambos ríos en la ciudad de Neuquén. (Figura 1).

VI.2. ASPECTO GEO-FISIOGRAFICO

Desde el punto de vista geomorfológico la región se muestra como una gran planicie con escasos accidentes orográficos, hallándose impresa en ella el típico relieve de la patagonia extra-andina en esa porción del territorio argentino.

Es característica la meseta alta con algunas depresiones cerradas; pequeñas cuencas internas sin desagüe ("barriales"); en ellas convergen las escurrientías estacionales, formando lagunas salobres que posteriormente evolucionan a salitrales.

En los bordes del área reconocida, donde escurren los cursos mayores de agua, se forman los anchos valles de los ríos permanentes, bordeados de las clásicas barrancas ("bardas").

Estos valles, de notable anchura y relleno fluvial, frecuentemente muestran niveles de terrazas bajas que son aprovechadas para implantar en ellas las zonas de cultivo a regadío. Igualmente, entre los meandros y ramificaciones de los ríos, las islas así formadas con objeto de intenso aprovechamiento agropecuario, puesto que el resto de la región de la meseta carece de esta posibilidad y, además, a la escasa precipitación pluvial (la región se halla comprendida por la isoyeta 200), debe agregarse lo riguroso del clima imperante en las pampas altas. Solamente en algunos poblados menores se encuentran reducidas forestaciones, utilizadas como cortinas protectoras contra los fuertes vientos, y generalmente se localizan en zonas deprimidas o bordes de bardas y donde existen afloramientos apropiados de agua ('mallines').

VI.3. ASPECTO CLIMATICO

Las condiciones meteorológicas generales de la región son bastante uniformes y corresponden a un clima continental seco (semi-desértico patagónico), con lluvias del orden de 200 mm por año y temperaturas medias entre 10-15°C.

Son comunes las heladas desde el mes de mayo a agosto. Los vientos son frecuentes, generalmente intensos y a menudo persisten por varios días en un mismo cuadrante.

Los índices de evaporación e insolación son elevados durante la mayor parte del año.

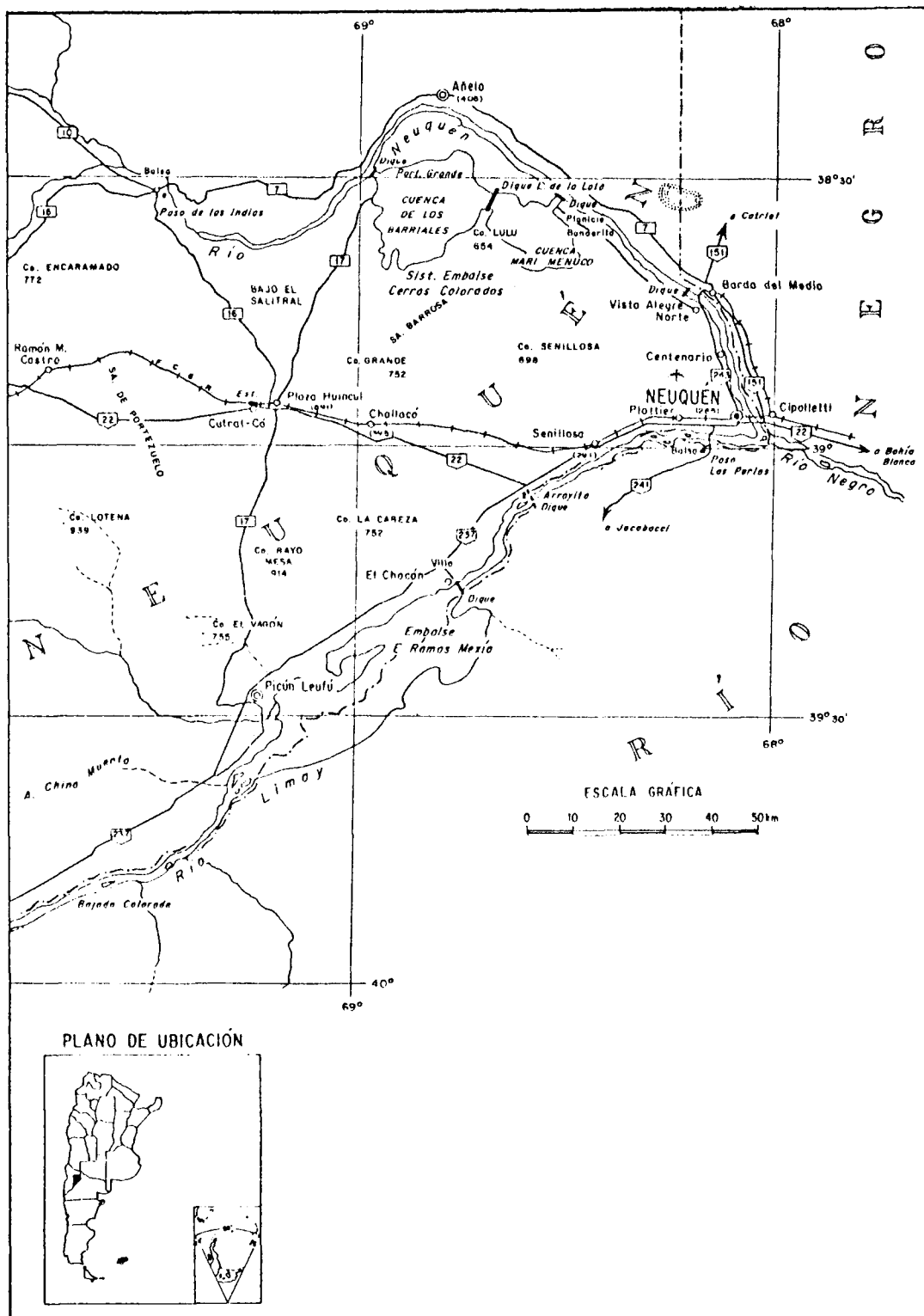
El aspecto climático es considerado más detalladamente en el Anexo XII.

VI.4. ASPECTO BOTANICO

La estepa patagónica, que ocupa la región en estudio, muestra la rara vegetación del clima árido continental, que forma matas aisladas y vegetación de cojines, dejando una gran proporción del suelo desnudo a la vista.

FIGURA 1

REGION EN ESTUDIO



Los ejemplares más conspicuos de esta vegetación autóctona está representada por las siguientes especies: "jarilla" (*Larrea divaricata*), "neneo" (*Mulinum spinosum*), "piquillín" (*Condalia* sp.), "chañar" (*Gour-líaea spinosa*), herbáceas en reducido número de especies y varios tipos de cactáceas, etc.

Las especies alóctonas, motivo de explotación económica, no serán tratadas en el presente anexo.

VI.5. ASPECTO GEOLOGICO

Para el propósito de este resumen, se puede considerar a toda la región de una aceptable simplicidad y uniformidad desde el punto de vista geológico

La porción del Neuquén extra-andino, que abarca la región considera-da en este estudio preliminar, comprende sólo algunos asomos paleozoicos de basamento cristalino y remanentes de la serie porfirítica mesozoica en el borde occidental del triángulo antes delimitado.

La superficie restante la ocupan sedimentitas asignadas al Cretáci-co superior (genéricamente los denominados Estratos con Dinosaurios, y más correctamente -a tenor de la nomenclatura actualmente propuesta para la región- "Grupo Neuquén") (Digregorio, 1972), que forman la casi tota-lidad de las formaciones aflorantes.

Se trata de una espesa secuencia de sedimentos continentales, depo-sitados principalmente en la mitad oriental de la provincia y constituí-da por conglomerados, areniscas gruesas, medianas y finas y arcillitas de tonos rojizos, alcanzando el total de la pila aproximadamente de 1.000 a 3.000 m de espesor.

Por encima de esta serie, en la planicie mesetiforme, se hallan oca-sionalmente algunas formaciones terciarias, depósitos cuaternarios y méda-nos aún móviles.

En la meseta alta está profusamente diseminada una cubierta de es-casos metros de espesor, de rodados bien labrados de diversas rocas.

Los valles de los ríos, en cambio, presentan el típico cortejo de sedimentos fluviales aterrazados, no consolidados, heteroclásticos y poligénicos, cuyos componentes varían del tamaño de una cabeza a arenas finas y limos.

VI.6. ESTRUCTURA DEL SUBSUELO

Con el objeto de intentar una clasificación de los ambientes en la Cuenca Neuquina, los estudios orientados a la búsqueda de hidrocarburos han distinguido cuatro unidades tectónicas, sobre la base de alineamientos estructurales de superficie o del subsuelo, estos últimos determinados por métodos geofísicos.

La unidad de interés en el presente trabajo, es la denominada "Zona Dorsal", que indudablemente está asociada al "Macizo Nord-patagónico", y que debe su nombre a la dorsal "Charahuilla-Plottier", que es el elemento estructural más conspicuo de la región.

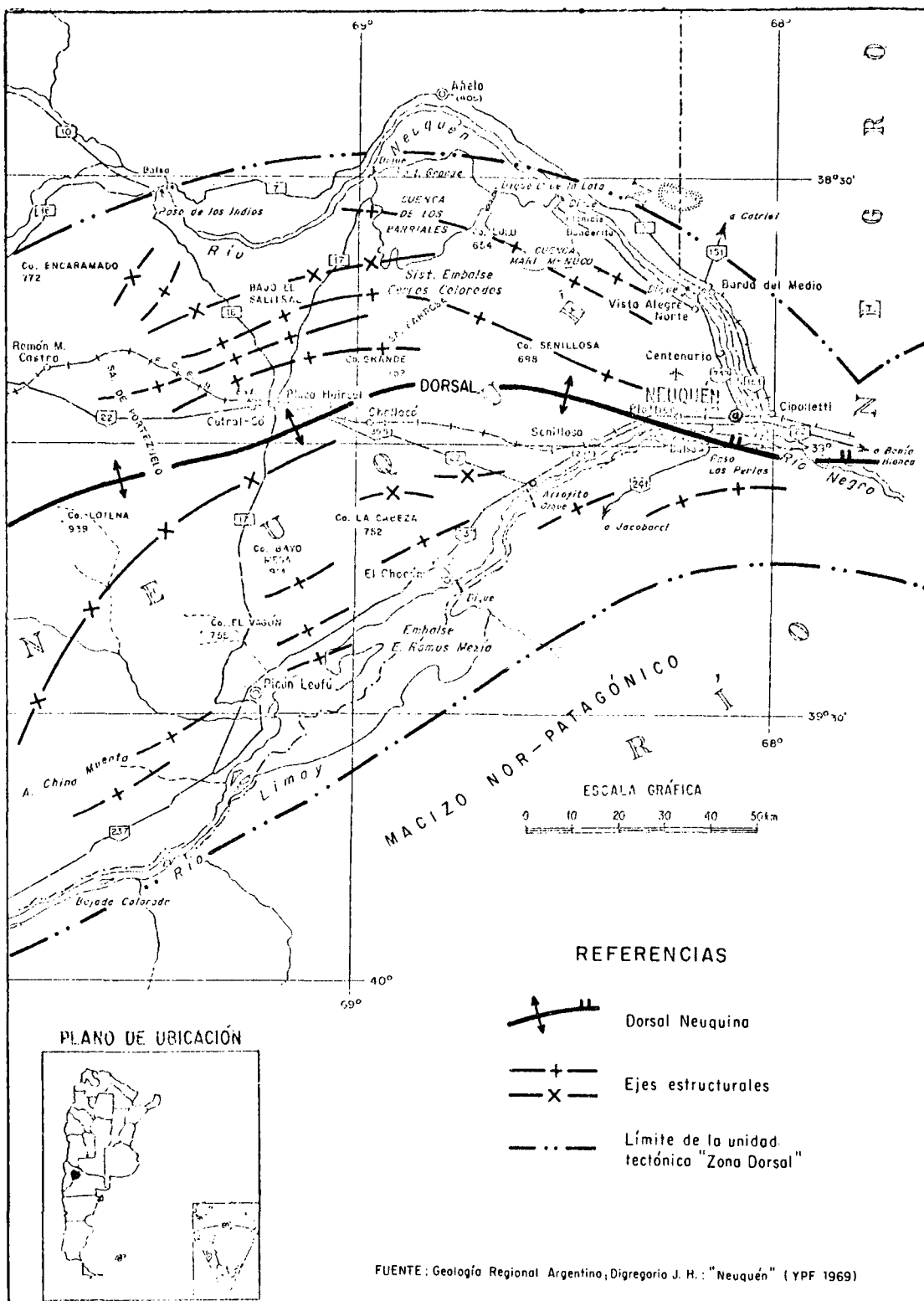
Su trayectoria ha sido comprobada con geología de superficie hasta las cercanías de Plottier y mediante la correlación de perforaciones y métodos geofísicos (sísmicos) se ha certificado que en dirección oriental, hasta aproximadamente Villa Regina (Río Negro) se resuelve en una notable escarpa de falla, la cual, en líneas generales coincide con el recorrido del Río Negro.

Los lineamientos estructurales más significativos del subsuelo (Figura 2) se amoldan al "Macizo Nord-patagónico" y se habrían configurado en una etapa de la orogenia hercínica. En la fase final de esta orogenia se habría producido la intrusión de los granitos pérmicos.

La distensión de la corteza, posterior a la orogenia, en el sistema de la Sierra Pintada -al Norte y fuera de la Provincia de Neuquén- contribuyó a la reactivación de viejas líneas de fractura que formaron las vías de escape de las vulcanitas y tobas asociadas al Grupo Choiyoi, que con la formación Los Molles constituye el "basamento técnico" en concepto de los petroleros, y por encima del cual se han depositado sedimentos de mediana a precaria consolidación.

FIGURA 2

TECTONICA



Una serie de movimientos intertriásicos (fase Kimmérica) impusieron discordancias que separan al Grupo Choiyoi de las series del Triásico alto que le suceden.

Los movimientos intermálmicos han acentuado los pliegues y fracturas que, con seguridad, se ajustaron a líneas directrices anteriores en los sectores de la antigua dorsal.

Un nuevo ciclo de movimientos intercretácicos, de amplia distribución regional, reavivó las estructuras oxfordianas y dislocó formaciones más modernas; y han actuado, al igual que los movimientos del Malm, con más intensidad en el Neuquén austral y oriental que en el norte del territorio.

A esta fase está intimamente ligado el resurgimiento de la dorsal, en parte integrada por una serie de arcos, uno a continuación del otro. En el subsuelo de su ámbito han sido comprobadas intensas supresiones que evidencian el diastrofismo intersenoniano.

Esta fase distrófica invirtió, asimismo, el sentido del buzamiento regional de la cuenca neuquina hacia el Este y Noreste, lo cual permitió en las postrimerías del Cretácico la primera ingresión atlántica.

Durante el terciario, el territorio neuquino se vió afectado por repetidos movimientos tectónicos (Andicos) que motivaron ya ascensos generales o se tradujeron en plegamientos asociados, a partir del Eoceno, con efusiones de andesitas y basaltos.

Tales eventos prosiguieron durante el Cuartario, y en ambiente del Neuquén austral se manifiestan como movimientos de tipo ascendente y en algunos casos reavivaron los arcos mesozoicos. Así, en el área de la dorsal, llegaron a fracturar y hasta plegar la cubierta senoniana, reactivando antiguas líneas directrices.

En la superficie de esta pila sedimentaria, que en la zona recorrida a lo largo del Río Limay (entre El Chocón y la ciudad de Neuquén) tiene unos 1.500 m de espesor, alcanza en la correspondiente al Sistema Cerros Colorados los 3.000 m. Se consideran varias posibilidades de ubi

car una instalación industrial destinada a la producción de agua pesada.

A este fin y desde el punto de vista geológico se ha considerado en primer término el posible comportamiento del terreno, especialmente en lo que respecta a la probable capacidad de absorción de cargas del sustrato.

Afortunadamente, en las áreas más factibles de un emplazamiento, importantes obras civiles para el aprovechamiento hidráulico de los ríos Limay y Neuquén, permiten extrapolar, con cierto grado de certidumbre, las condiciones del subsuelo que es dable esperar en el entorno de la posible ubicación.

De la conjugación de una serie de requerimientos de diferente índole para seleccionar el sitio de erección de una eventual planta, surge como uno de los más adecuados el correspondiente a las adyacencias del Embalse Arroyito, sobre el Río Limay, distante unos 50 km al suroeste de la ciudad de Neuquén. Esta obra, actualmente en construcción, se halla cercana al empalme de las rutas nacionales 22 y 237, y aproximadamente 25 km aguas abajo del dique El Chocón.

En este area se han considerado dos variantes en cuanto al sitio de emplazamiento de una planta sobre la margen izquierda del Río Limay.

La primera sobre la terraza baja del río, aguas abajo del futuro dique, y una segunda posibilidad sobre la barda que enmarcará el futuro lago de embalse del sistema Arroyito.

La primera alternativa se muestra menos favorable que la segunda en lo relativo a un substratum más heterogéneo en cuanto a su composición y características físicas, como asimismo, que el nivel freático, prácticamente subálveo, se encuentra muy próximo a la superficie del terreno, lo cual apareja ciertos inconvenientes en las construcciones a realizar por debajo del nivel del suelo.

En el segundo caso, es decir sobre la barda entre los puntos de YPF, Loma Larga y El Mellao, las condiciones físicas del terreno se muestran más favorables que en el caso anterior.

El substratum, está formado por capas subhorizontales de diferentes características, que se extienden con relativa uniformidad constitutiva por debajo del terreno.

El nivel de agua subterránea contigua al embalse podrá prefijarse de acuerdo al emplazamiento preciso, hasta un máximo del orden de 15 m de profundidad. Es decir, el período existente entre la cota de máximo embalse y el nivel del terreno de construcción.

En las figuras 3 y 4 se grafican perfiles, resumidos de la información resultante de los estudios geotécnicos realizados por cuenta y orden del Hidronor S.A. para la construcción de la Presa Compensadora de El Chocón, en Arroyito.

En cuanto a ubicaciones en el área del embalse de El Chocón, las características litológicas de las rocas aflorantes sobre la margen neuquina presentan condiciones más aptas, debidas a una mayor consolidación de las areniscas.

Dentro del área del Sistema Cerros Colorados, tanto sobre el Río Neuquén, antes del dique derivador de Portezuelo Grande, como sobre las márgenes de las cuencas de Los Barriales y Mari Menuco, las condiciones de emplazamiento presentan características similares al área de Arroyito desde el punto de vista geológico.

VI.7. SISMOLOGIA

En base a los antecedentes históricos de la ciudad de Neuquén y sus proximidades, es permisible inferir una escasa ocurrencia de sismos y, además, de baja a mediana intensidad.

La presumible baja intensidad sísmica que cabe esperar en la región, se puede fundar en el relativamente importante espesor de sedimentos de bajo grado de diagenización que rellenan esta parte de la cuenca neuquina, como lo señalan las curvas isopáquicas en la Figura 5.

Acorde con el mapa de zonificación sísmica del territorio nacional publicado por el Instituto Nacional de Prevención Sísmica (INPRES), la

región prevista en el presente estudio para la ubicación de la planta proyectada se encuentra en una "Zona I".

No obstante lo expresado, es recomendable efectuar un estudio zonal de riesgo sísmico, basado en todos los antecedentes disponibles y demás investigaciones concurrentes a un acabado planteo del proyecto.

De este estudio se podrán deducir los coeficientes sísmicos a utilizar para el diseño, considerando que se trata de una construcción potencialmente riesgosa (eventual elemento contaminante ambiental a consecuencia de accidente sísmico y otros factores desencadenantes) y adicionar adecuadamente las normas para construcciones antisísmicas contenidas en el CONCAR 70.

VI.8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Ponderados, en sus diversos aspectos, los requisitos generales para el emplazamiento, surge como zona más adecuada para la ubicación de la planta industrial, la margen norte del futuro embalse de la Presa Compensadora de El Chocón en Arroyito, entre los mojones "El Mellao" y "Loma Larga" de YPF.

A los fines de reducir la altura de la columna de agua a bombear del embalse a la planta, se presta adecuadamente la porción contigua al perfil B-B' (Zona 2 "alta"; Figura 3).

Asimismo se recomienda que, en caso de elegir este emplazamiento, se realicen las obras de captación de agua antes del llenado del lago, puesto que una vez cargada la presa, se dificultará y encarecerá la obra en cuestión.

Por último, se considera necesario realizar, en la ubicación que se seleccione, un estudio geotécnico conducente a determinar correctamente los parámetros mecánicos y fisicoquímicos del terreno que permiten fijar los valores a utilizar para establecer las características de la fundación, la porosidad y permeabilidad del substrato, su reactividad, etc. con la exactitud requerida para un proyecto de esta importancia.

FIGURA 3

ZONA ARROYITO

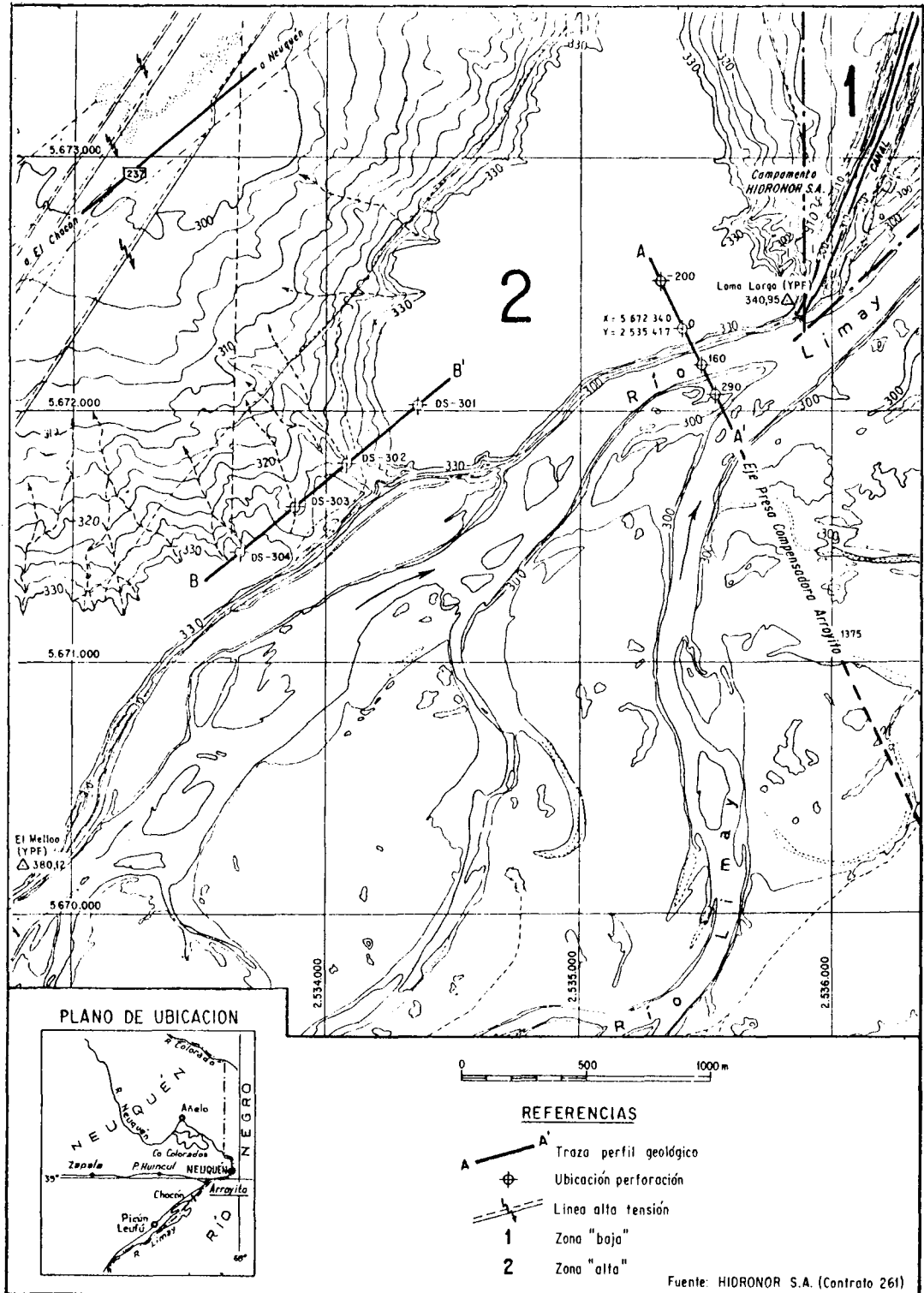


FIGURA 4

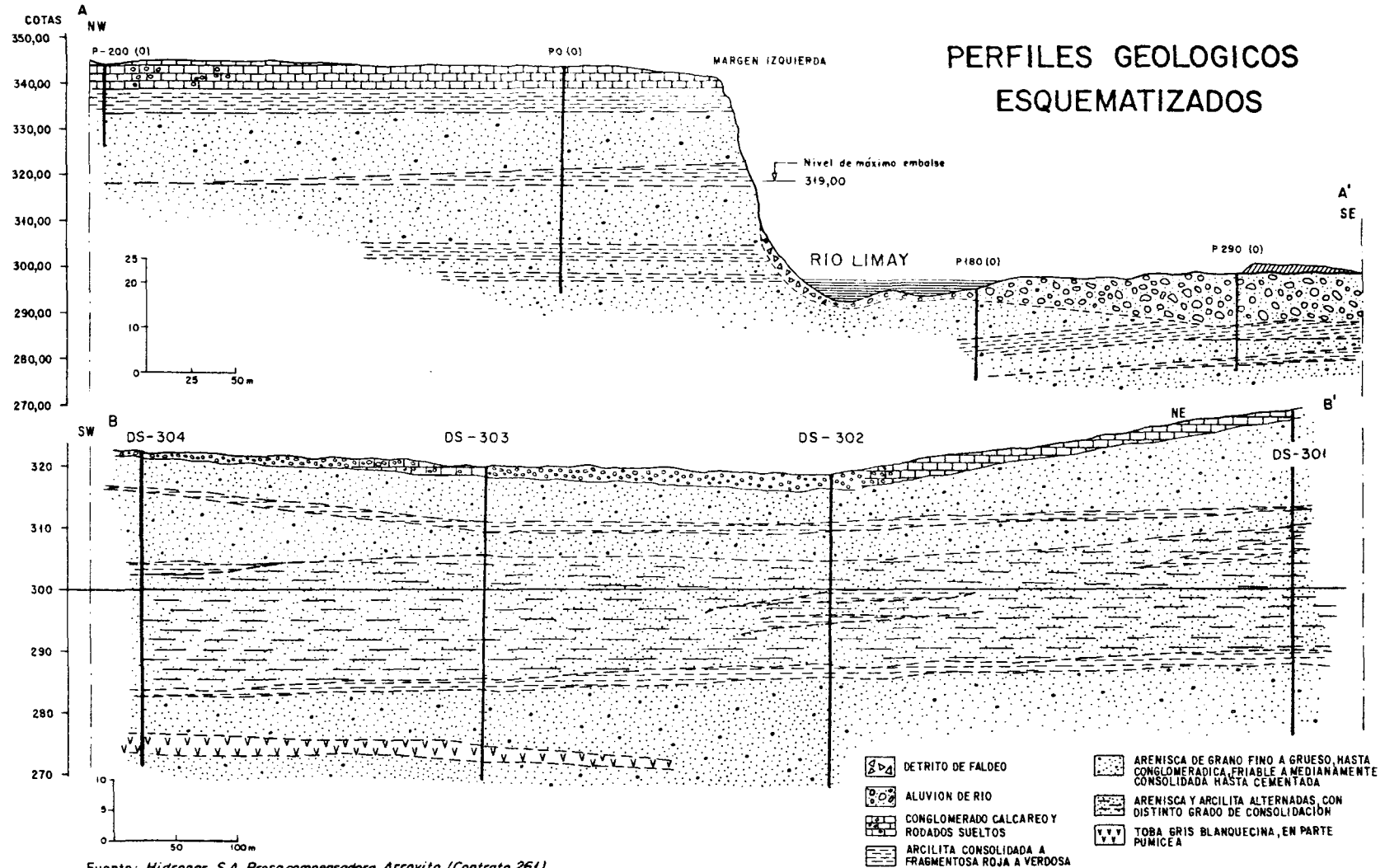
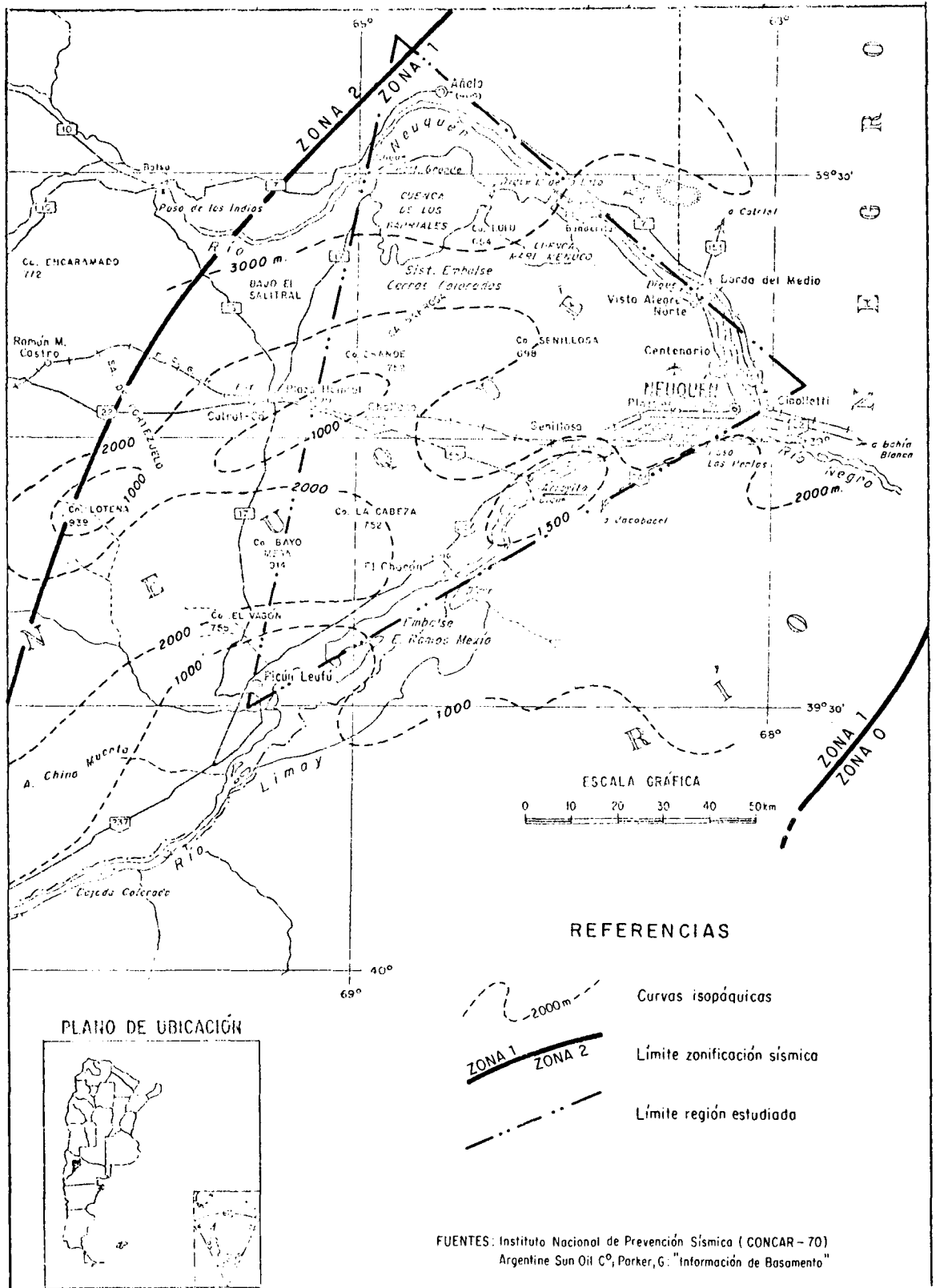


FIGURA 5

SISMOLOGIA



ANEXO VII

Evaluación de los efectos potenciales
sobre el medio ambiente

A N E X O VII

I N D I C E

VII.1.	INTRODUCCION	VII-1
VII.2.	EVALUACION COMPARATIVA	VII-3
VII.3.	CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ARROYITO	VII-13
VII.4.	EFFECTOS DE LA PLANTA EN FUNCIONAMIENTO NORMAL	VII-15
VII.5.	EVALUACION DE HIPOTESIS ACCIDENTALES	VII-41
VII.6.	CONCLUSIONES FINALES	VII-47
VII.7.	RECOMENDACIONES	VII-49
VII.8.	BIBLIOGRAFIA	VII-51

VII.1. INTRODUCCION

El funcionamiento de una actividad industrial produce alteraciones en el medio ambiente. Existen dos métodos utilizados para minimizar el impacto ambiental que originan esas actividades: el correctivo y el preventivo. La aplicación de ellos depende del emplazamiento o no de la industria.

En el primer caso, fuentes de alteración ya instaladas, se encaran medidias tendientes a reducir las consecuencias ambientales que ellas están produciendo.

En el caso preventivo, fuentes a instalarse, deben establecerse una serie de hipótesis realistas sobre el futuro funcionamiento de la industria y las posibles alteraciones del medio.

Por lo tanto, mediante el método correctivo se concretan medidas con el objeto de minimizar las consecuencias ambientales originadas por el funcionamiento industrial, con el consiguiente esfuerzo, gravación económica, inversión tecnológica e impacto ambiental ya producido, que en algunos casos puede llegar a ser irreversible.

En el método preventivo la tolerancia ambiental de la zona del emplazamiento se debe evaluar conjuntamente con los criterios políticos, técnicos y económicos que deciden la instalación y la tecnología a utilizar. De esta manera las consecuencias sobre el medio ambiente del futuro funcionamiento se minimizan desde la puesta en marcha de la instalación.

En la planificación de la utilización de los recursos naturales y de preservación ambiental, este último método deberá incluirse para decidir la instalación de toda actividad generadora de contaminación ambiental.

Hasta el presente la experiencia indica que la mayoría de las plan - tas industriales poseen alto grado de seguridad. Sin embargo sólo en un número limitado de casos se realizó el estudio de evaluación de riesgos de su funcionamiento teniendo como fin la protección ambiental. En nuestro país, en el campo de la Energía Nuclear, se efectuaron estas evaluaciones en los casos de las Centrales Nucleares de Atucha (Provincia de Buenos Aires) y en la Provincia de Córdoba (1) (2).

El criterio utilizado para la evaluación del impacto ambiental de una futura instalación industrial consiste en demostrar que en condiciones normales de operación y de pequeños incidentes serán respetadas las normas legales de protección. Por otra parte, la evaluación del emplazamiento requerirá el análisis del impacto de eventuales accidentes representativos dentro de suposiciones realistas.

De esta forma, se distinguen los siguientes aspectos a considerar en este estudio, relacionado con la instalación de una Planta de Agua Pesada en el país:

- a) Evaluación comparativa de diferentes propuestas de emplazamiento teniendo en cuenta las características físicas del ambiente y el uso de los recursos de las diferentes zonas.
- b) Evaluación del impacto originado por descargas de contaminantes durante el funcionamiento normal de la instalación.
- c) Evaluación de las consecuencias de descargas de contaminantes en condiciones accidentales.

Los valores primarios utilizados en la evaluación de las consecuencias ambientales para condiciones normales de funcionamiento de la instalación, son las incorporaciones máximas permisibles para el hombre o sus valores derivados. Se contemplan además los valores secundarios relacionados con la protección de la fauna y la flora de la región. En base a estos valores y conociendo algunas de las características de diseño de la instalación y la capacidad ambiental de la zona se estimaron los límites operativos de descarga de contaminantes al ambiente.

En las situaciones accidentales se compararon las exposiciones * resultantes con las "exposiciones de referencia". Estas exposiciones están definidas de tal forma que impliquen el mismo orden de riesgos que los eventos de la vida diaria de la población de la región. En el análisis que se efectúa a continuación de los aspectos mencionados se realizan diversas hipótesis y suposiciones. La realización de estudios e investigaciones (estudios pre-operacionales) a desarrollar antes de la puesta en marcha de la Planta contribuirán a verificar dichas consideraciones.

* Concentraciones de un contaminante en aire integradas en el tiempo.

VII.2	EVALUACIÓN COMPARATIVA DE DIFERENTES PROPUESTAS DE EMPLAZAMIENTO
2.1	GENERALIDADES
2.2	CARACTERISTICAS FISICAS DEL AMBIENTE
2.2.1	Atmósfera
2.2.1.1	Altura de mezcla vertical
2.2.1.2	Viento transporte
2.2.1.3	Indice de ventilación
2.2.1.4	Flujo del aire
2.2.1.5	Precipitación pluvial
2.2.2.	Cursos de agua
2.3	ACTIVIDADES Y UTILIZACION DE LOS RECUR <u>S</u> SOS POR EL HOMBRE
2.3.1	Distribución de la población
2.3.2	Actividad industrial
2.3.3	Actividad Agropecuaria
2.4	CONCLUSIONES

2.1. GENERALIDADES

En el proceso de contaminación del medio generalmente la alteración de los receptores es proporcional a la concentración de contaminantes en el ambiente. Esta concentración está determinada por la magnitud de la emisión, la capacidad de transporte y dispersión ambiental y la distancia a la fuente emisora.

Por lo tanto, la evaluación de las diferentes alternativas de emplazamiento de una Planta de Agua Pesada en el país tiene por objeto contribuir a seleccionar la zona que resulte más apta a partir del análisis de sus características físicas y la utilización de los recursos naturales. El criterio consiste en encontrar aquella zona con la mayor capacidad de transporte y dilución del ambiente, con menor deterioro de su ambiente y con menor uso de sus recursos.

Con el objeto de simplificar la magnitud del análisis comparativo se concentró el estudio de las zonas de ubicación I: Río Paraná (Paraná, Rosario, Atucha) y Ensenada; y II: Río Limay y Río Neuquén (Figura 1).

2.2. CARACTERISTICAS FISICAS DEL AMBIENTE

2.2.1. Atmósfera

La capacidad de dilución atmosférica está relacionada con la altura hasta la cual los contaminantes son dispersados, que es función principalmente de la distribución vertical de la temperatura y está asociada con la turbulencia del aire.

El parámetro que determina el espesor de la atmósfera hasta donde se diluyen los contaminantes es la altura de mezcla vertical (3). El tiempo que los contaminantes permanecen en el área en que fueron emitidos depende de la velocidad del viento dentro de la capa de mezcla (viento transporte). De esta forma, la altura de mezcla vertical (H_M) y el viento transporte (V_T) combinados constituyen un índice de la eficiencia de dispersión de la atmósfera (índice de ventilación).

La finalidad de un estudio de contaminación potencial de la atmósfera se debe centrar en la estimación y comparación de los valores de dos parámetros básicos: altura de mezcla vertical y viento transporte. (4)

En este estudio se comparan las capacidades de dispersión de la atmósfera de las zonas de ubicación I y II. Por otro lado, se evalúa la acción de la precipitación, como factor de "limpieza de atmósfera" y "contaminador del suelo" de esas mismas zonas.

2.2.1.1. Altura de mezcla vertical

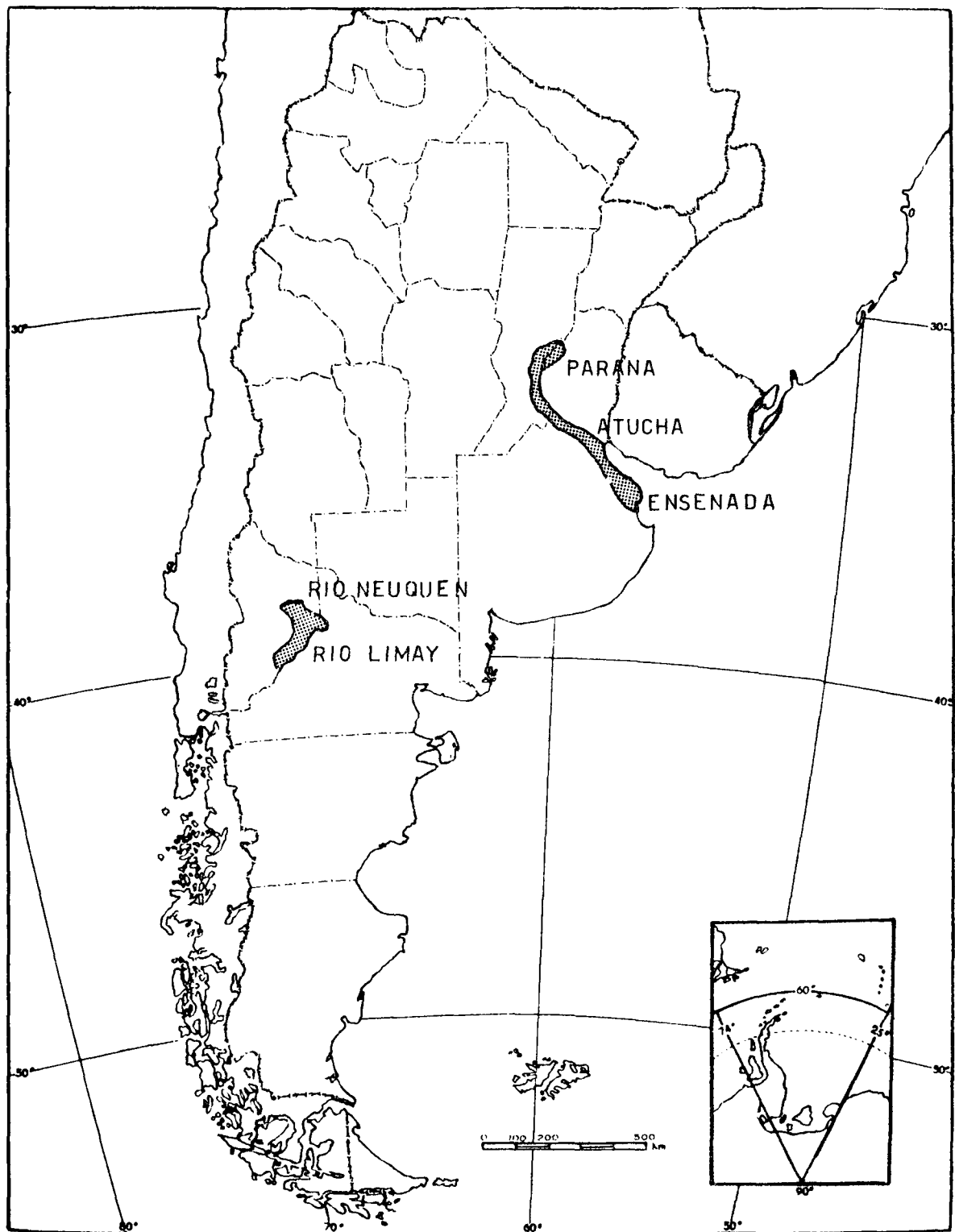
La altura de mezcla vertical es el espesor de la atmósfera cercana al suelo, dentro del cual ocurren los movimientos convectivos originados por el calentamiento radiativo. Cuando no existen mediciones directas de este parámetro, se lo puede estimar aproximadamente mediante las observaciones aerológicas rutinarias.

Para calcular la altura diaria de máxima mezcla vertical en una localidad, se representa en un diagrama altura-temperatura el último sondeo aerológico y la curva que represente el proceso adiabático seco correspondiente a la temperatura máxima diaria. La altura de mezcla es la que en el diagrama se origina por la intersección de las dos curvas.

Este método de estimación de H_M está limitado por las siguientes suposiciones:

- a) Los procesos de enfriamiento y calentamiento de las parcelas de aire que se desplazan verticalmente en la atmósfera son considerados adiabáticos
- b) La mezcla vertical determina un gradiente térmico vertical adiabático en la capa mezclada y si esta no está saturada se considera a dicho gradiente muy próximo al adiabático seco ($0,01^\circ\text{C/m}$).
- c) La atmósfera está en equilibrio hidrostático.

FIGURA Nº1 ZONAS DE UBICACION



- d) El calentamiento y el enfriamiento radiativos son los procesos que inciden en mayor proporción estadística en la variación de la altura de mezcla vertical.

Por lo tanto se desprecia la influencia de otros factores tales como la cortante vertical del viento, la turbulencia mecánica, la advección térmica, la subsidencia, que pueden ser importantes en algunas situaciones.

En la Figura 2 se representa el método de cálculo de la altura de mezcla vertical.

Los valores medios de H_M fueron extraídos de un trabajo anterior (5) que incluye la estimación de este parámetro en toda la República Argentina.

En las Figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8 están representadas las variaciones de la altura media mensual de máxima mezcla vertical en las zonas de Ubicación I: Río Paraná (Paraná, Rosario, Atucha) y Ensenada y Ubicación II: Río Limay y Río Neuquén.

En general se desprende que son mayores los valores de H_M que corresponden a la Ubicación II respecto de la I.

2.2.1.2. Viento transporte

Este parámetro representa una medida del transporte horizontal del aire contaminado dentro de la capa atmosférica que limitan la altura de mezcla vertical y el suelo. La medición de este parámetro se efectúa mediante el seguimiento de globos de ascenso libre por teodolito o radar. Estas observaciones no son frecuentes en el país y la consistencia de los valores de las existentes necesitan un profundo y detallado análisis. Ante esta dificultad, se reemplazó el viento transporte en la capa de mezcla por un índice reducido del transporte de contaminantes que es el viento en superficie. Aún cuando esto constituye una limitación considerable, en una primera aproximación su valor comparativo puede ser utilizado.

En las Figuras 3, 4, 5, 6, 7 y 8 está graficada, conjuntamente con H_M , la variación mensual de la velocidad media del viento en las zonas

de ubicación I y II (6). En el caso de Atucha, y por ser datos interpolados, se utilizó sólo la velocidad media anual del viento y por lo tanto debe considerarse poco representativa. Se puede observar que en la zona del Río Limay ocurren los vientos con mayor velocidad.

2.2.1.3. Índice de ventilación

Se define el índice de ventilación como el producto de la altura de mezcla vertical y el viento transporte. Este coeficiente constituye una medida del volumen de aire que es transportado horizontalmente dentro de la capa de mezcla por unidad de distancia normal al flujo de aire y por unidad de tiempo. Si la capa de mezcla es delgada, un viento débil tiene el mismo efecto en el transporte de contaminantes que un viento fuerte asociado a una capa de mezcla alta.

En la Tabla 1 se incluyen los valores medios mensuales del índice reducido de ventilación (el producto de la altura media mensual de máxima mezcla vertical y la velocidad del viento medido en superficie) para las zonas consideradas. Se observa que las zonas de los ríos Neuquén y Limay, principalmente este último, poseen índices medios de ventilación elevados respecto de las otras zonas.

2.2.1.4. Flujo de aire

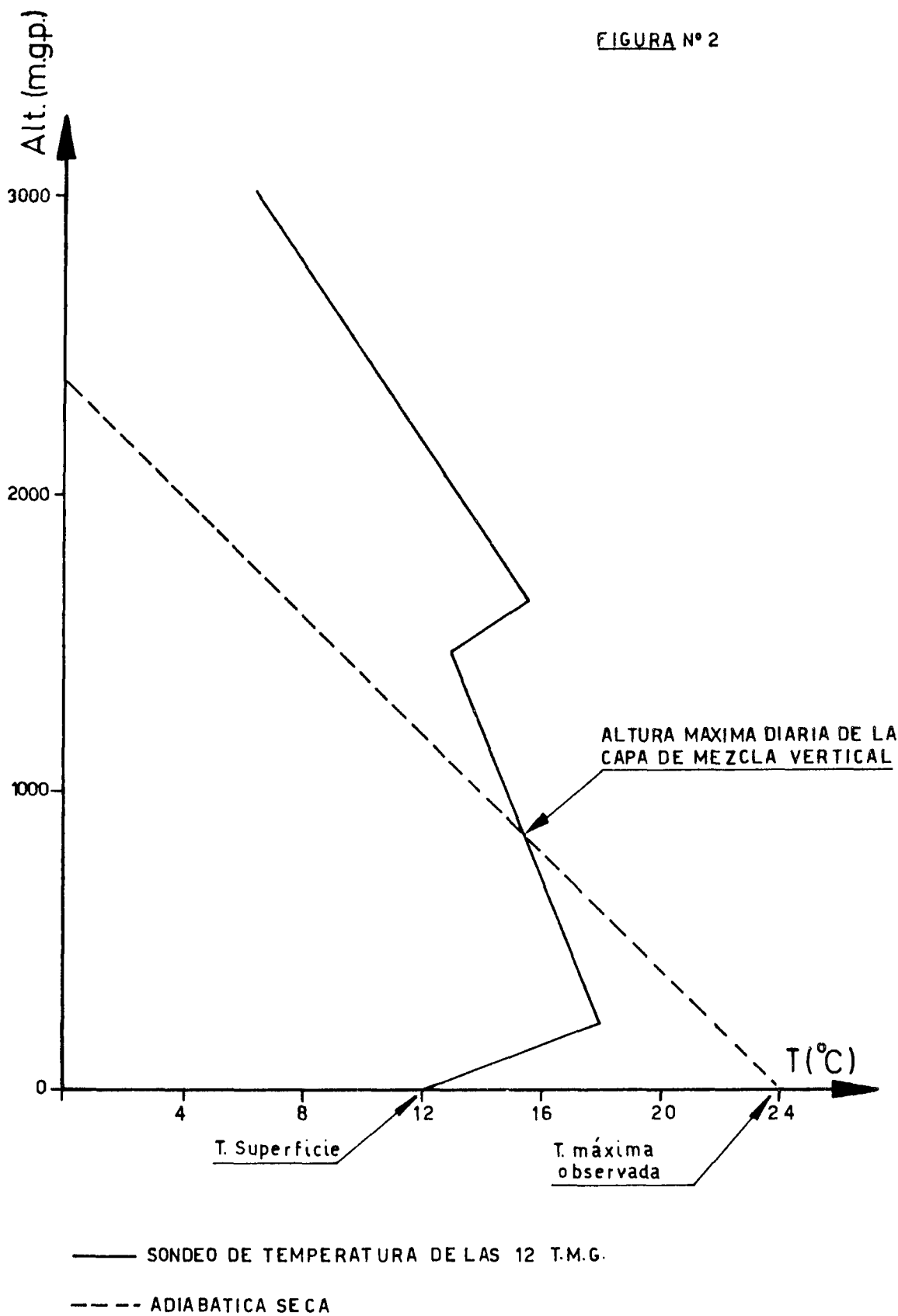
La dirección del viento permite determinar la trayectoria de los contaminantes, siendo la concentración de estos en el aire inversamente proporcional a su velocidad. Con el objeto de esquematizar climatológicamente la distribución del flujo horizontal del aire en diferentes direcciones se utiliza su representación gráfica: la rosa de vientos. Esos diagramas indican la frecuencia de ocurrencia de cada dirección. En las Figuras 9, 10, 11, 12, 13 y 14 se muestran las rosas de viento anuales correspondientes a cada una de las zonas de Ubicación I y II. En esas figuras se observa que la frecuencia de calma es menor en la zona del Río Limay.

2.2.1.5. Precipitación pluvial

La decontaminación de la atmósfera por acción de la precipitación involucra una compleja diversidad de mecanismos. Los contaminantes pueden ser

METODO DE DETERMINACION DE LA ALTURA MAXIMA DIARIA DE LA CAPA DE MEZCLA VERTICAL

FIGURA Nº 2



----- Variación de la velocidad media del viento con los meses
— Variación de alturas de máxima mezcla vertical con los meses
Ubicación I - Paraná (1967-1971)

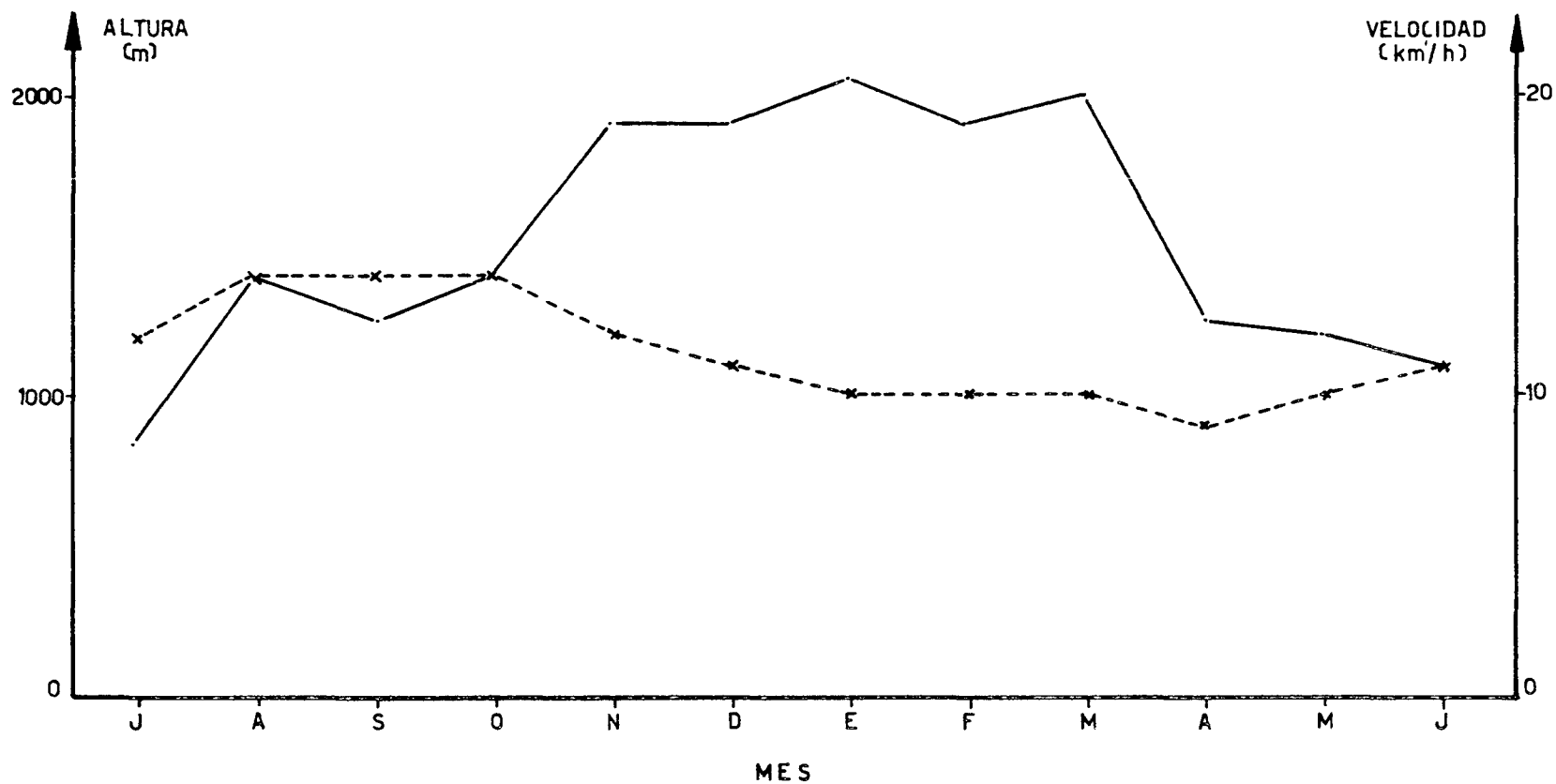


FIGURA Nº 3

----- Variación de la velocidad media del viento con los meses
— Variación de alturas de máxima mezcla vertical con los meses
Ubicación I - Rosario (1967-1971)

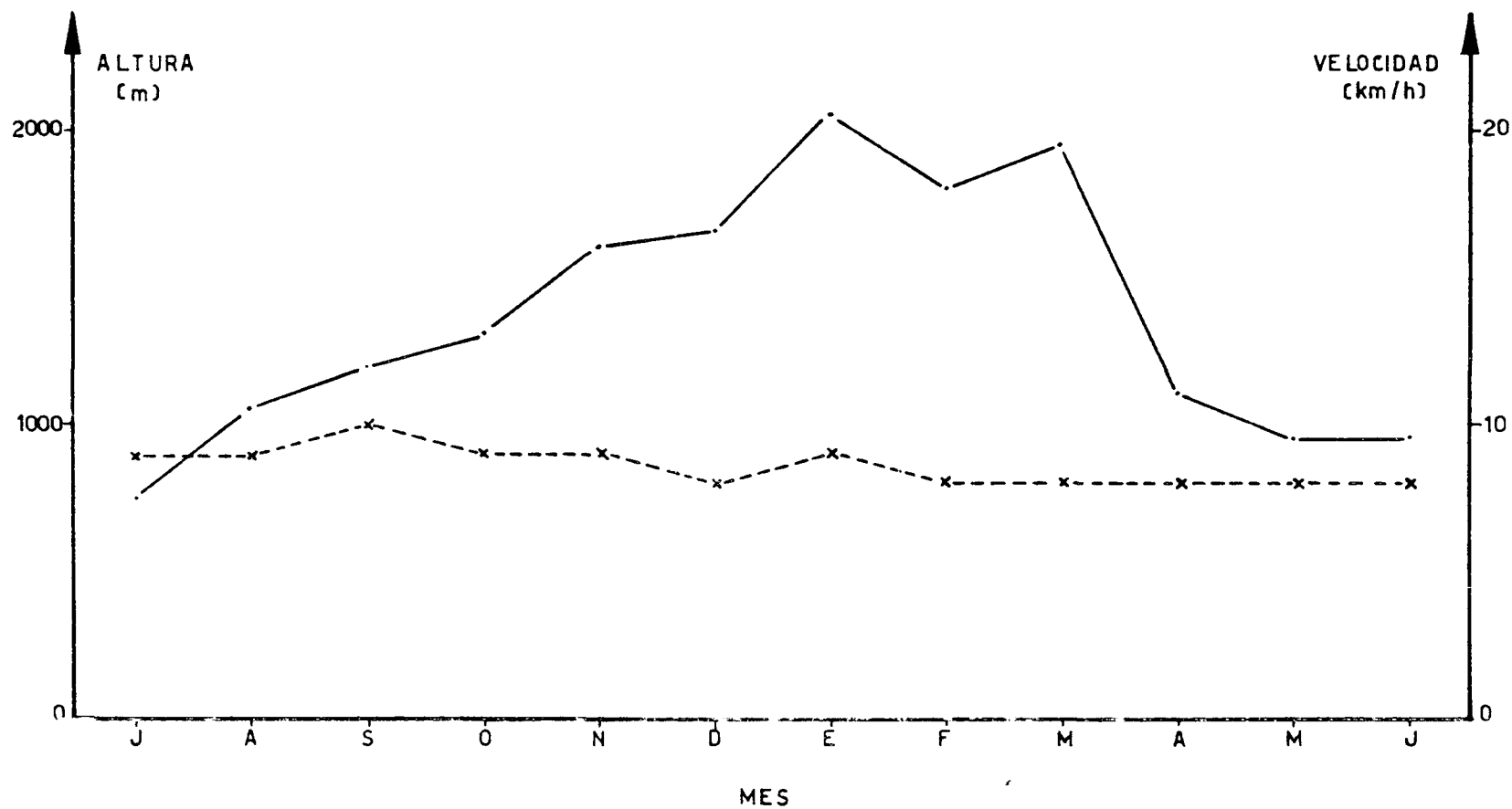


FIGURA Nº 4

----- Velocidad media del viento
— Variación de alturas de máxima mezcla vertical con los meses
Ubicación I - Atucha (1967-1971)

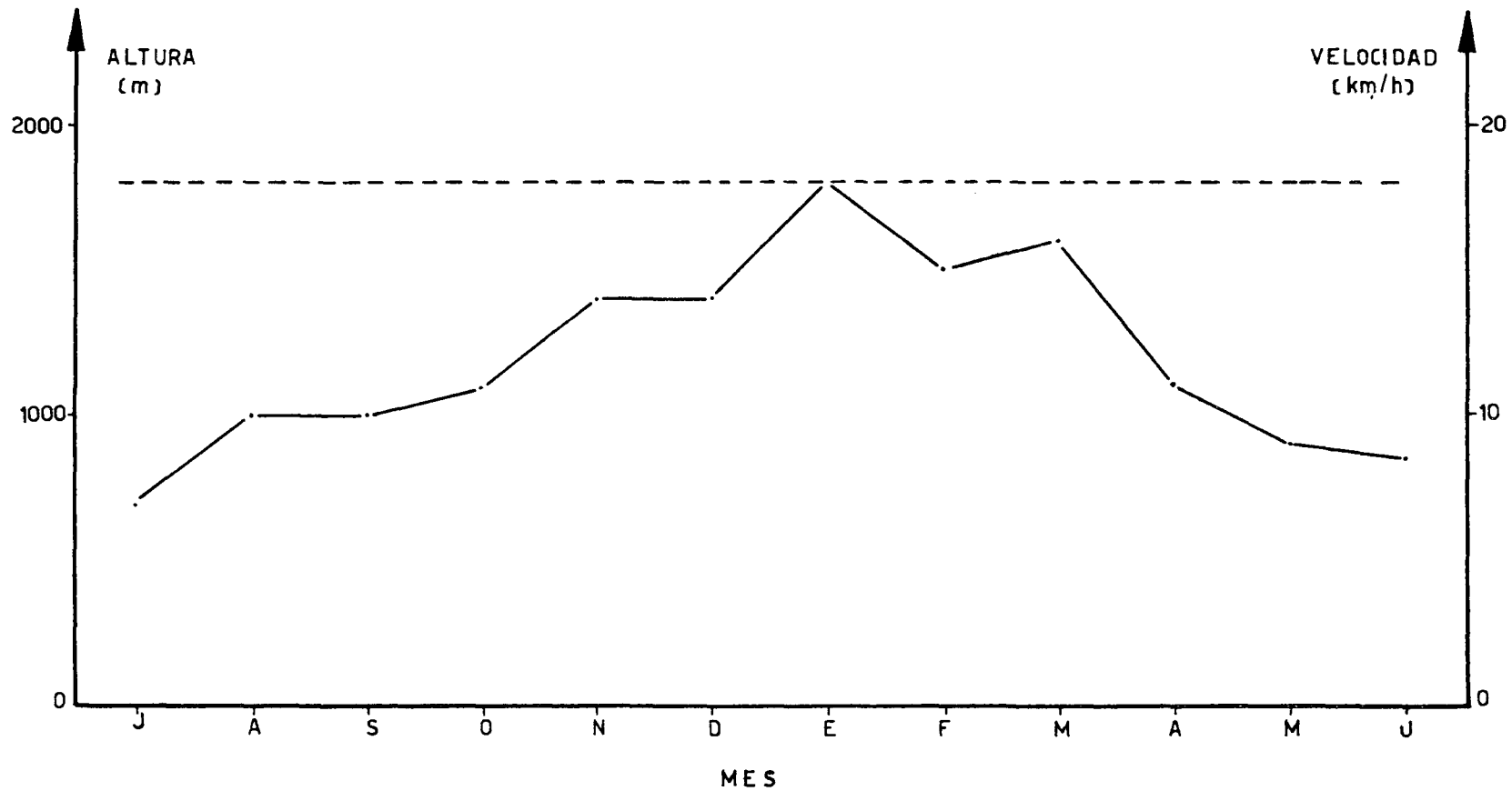


FIGURA Nº 5

----- Variación de la velocidad media del viento con los meses
 — Variación de alturas de máxima mezcla vertical con los meses
 Ubicación I - Ensenada (1967-1971)

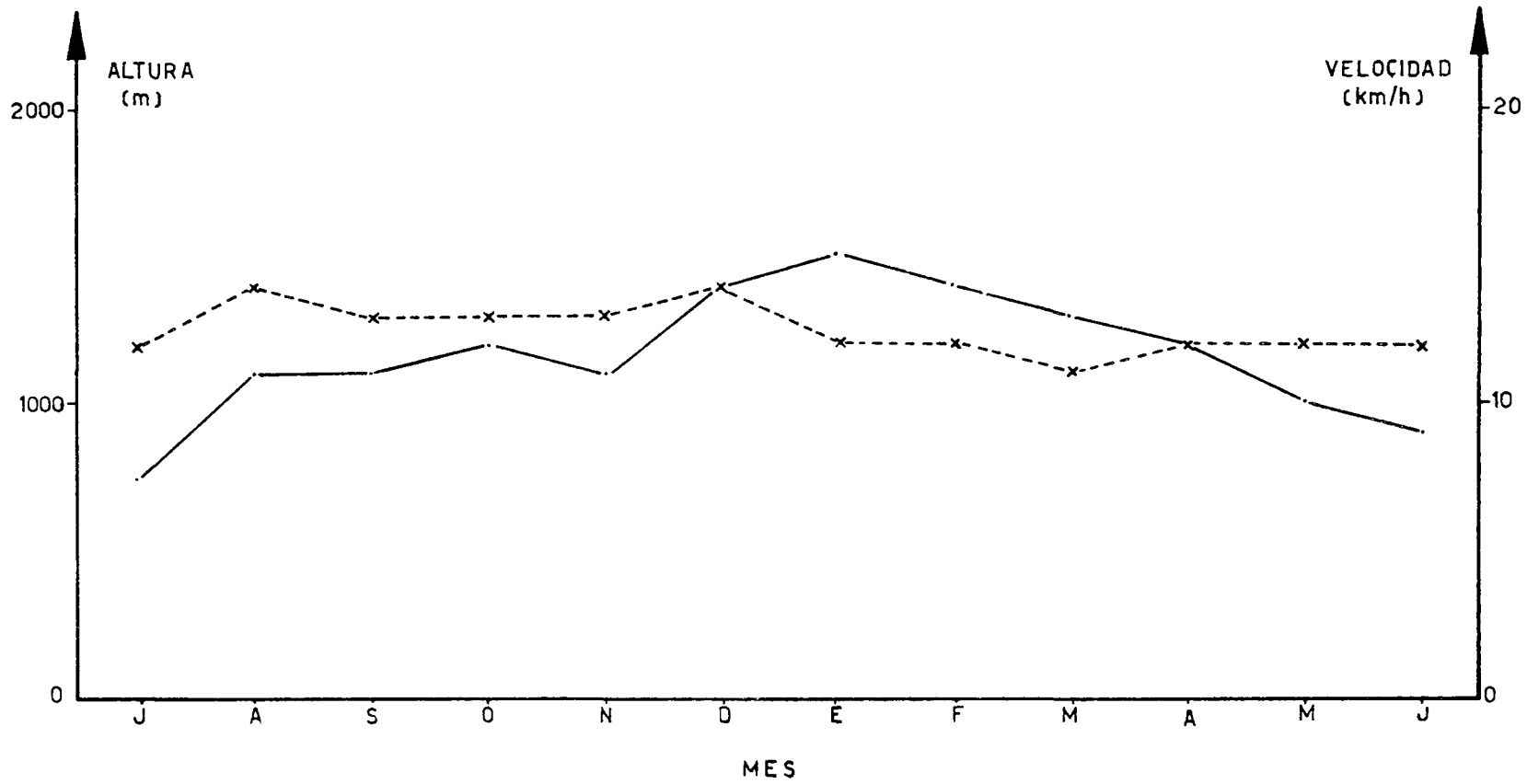


FIGURA N°6

---Variación de la velocidad media del viento con los meses
—Variación de alturas de máxima mezcla vertical con los meses
Ubicación II - Río Limay (1967-1971)

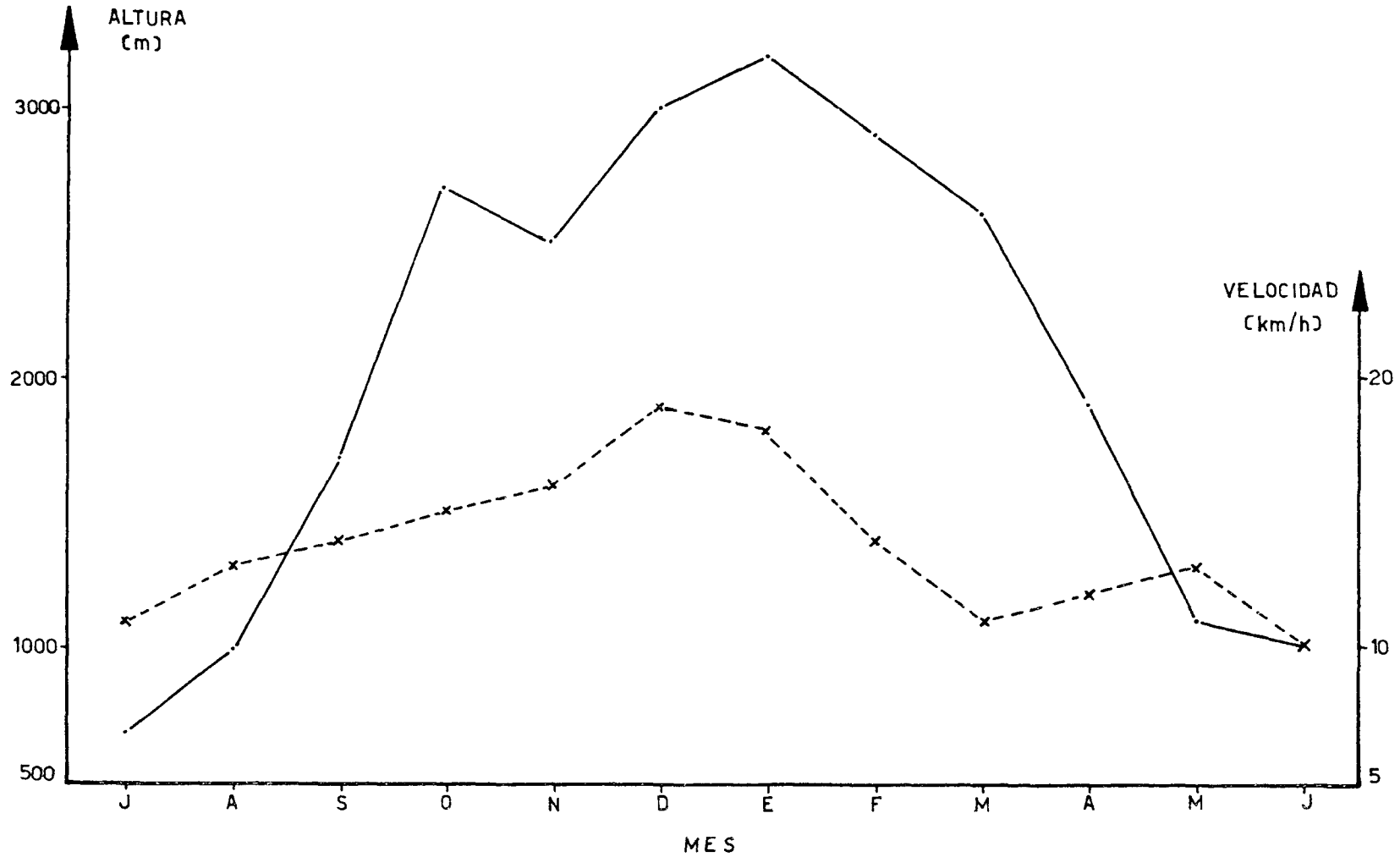


FIGURA Nº 7

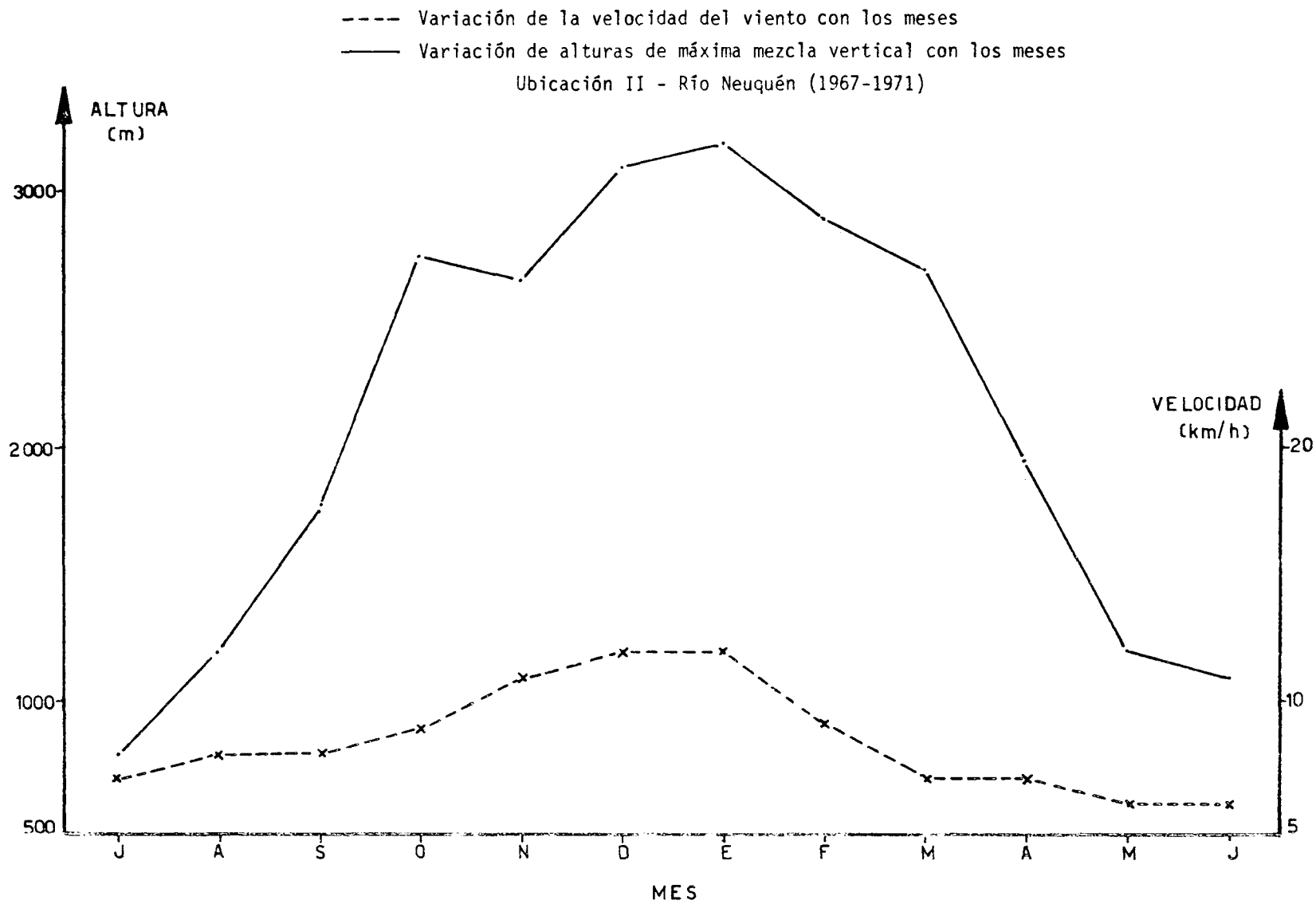


FIGURA Nº 8

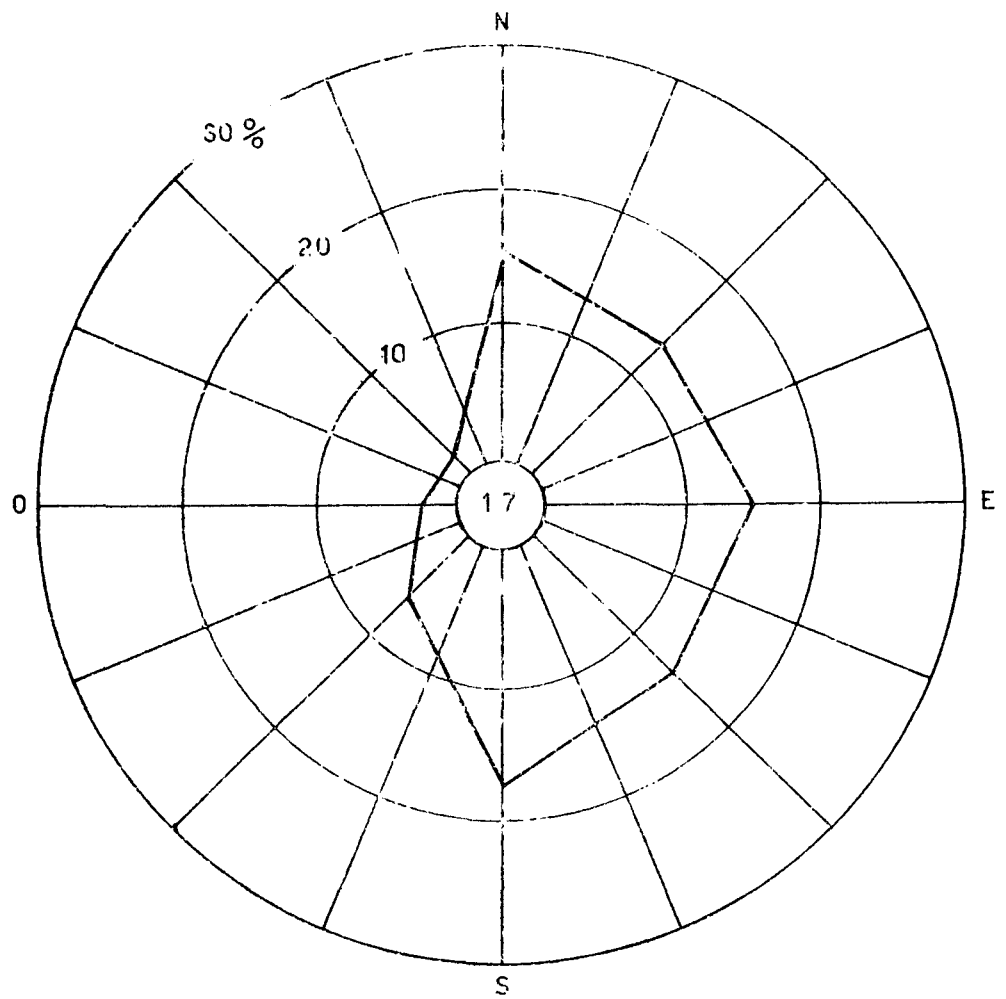
TABLA I INDICE REDUCIDO DE VENTILACION

(m³/s)

Zona Mes	Paraná	Rosario	Ensenada	Atucha *	R, Limay	R Neuquén
Julio	2.850	1.750	2.500		2.150	1.550
Agosto	5.450	2.750	4.300		3.600	2.700
Setiembre	5.000	3.300	4.000		6.600	3.800
Octubre	5.450	3.400	4.350		11.300	7.000
Noviembre	6.350	4.000	4.000		11.200	8.100
Diciembre	5.800	3.700	5.400		15.800	10.300
Enero	5.700	5.100	5.000		16.000	10.800
Febrero	5.300	4.000	4.750		11.300	7.300
Marzo	5.550	4.350	4.000		8.000	5.200
Abril	3.100	2.450	4.000		6.400	3.800
Mayo	3.300	2.100	3.300		4.000	2.000
Junio	3.400	2.100	3.000		2.800	1.850
Promedio	4.750	3.250	4.050	6.000	8.260	5.400

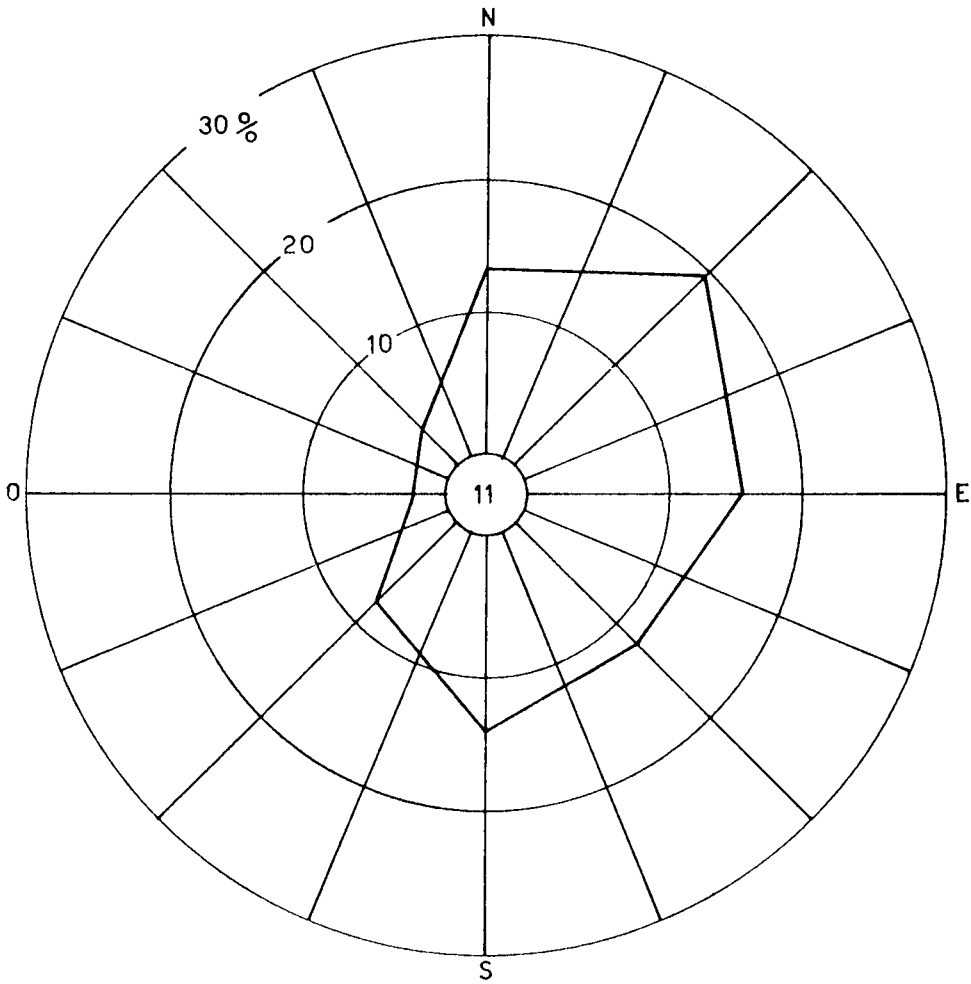
* Por no existir información de valores de velocidad media mensual del viento del Período 1967-1971, sólo se incluye el índice medio anual reducido de ventilación.

FIGURA Nº9: ROSA DE VIENTO - PARANA (1951- 1960)



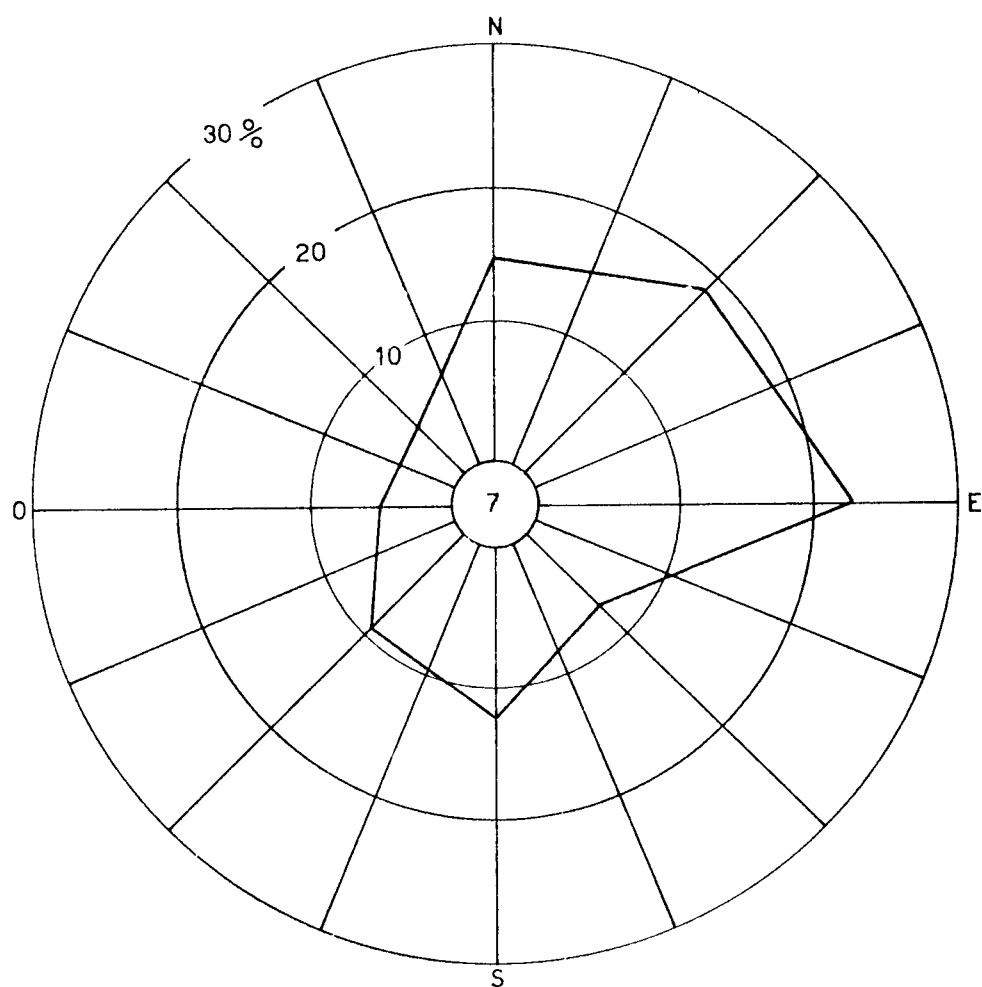
% CALMA

FIGURA Nº10: ROSA DE VIENTO ROSARIO (1951-1960)



°/
CALMA

FIGURA N°11 ROSA DE VIENTO ATUCHA (1951-1960)



%
CALMA

FIGURANº12: ROSA DE VIENTO- ENSEÑADA (1951-1960)



FIGURA Nº 13 ROSA DE VIENTO RIO LIMAY (1951- 1960)

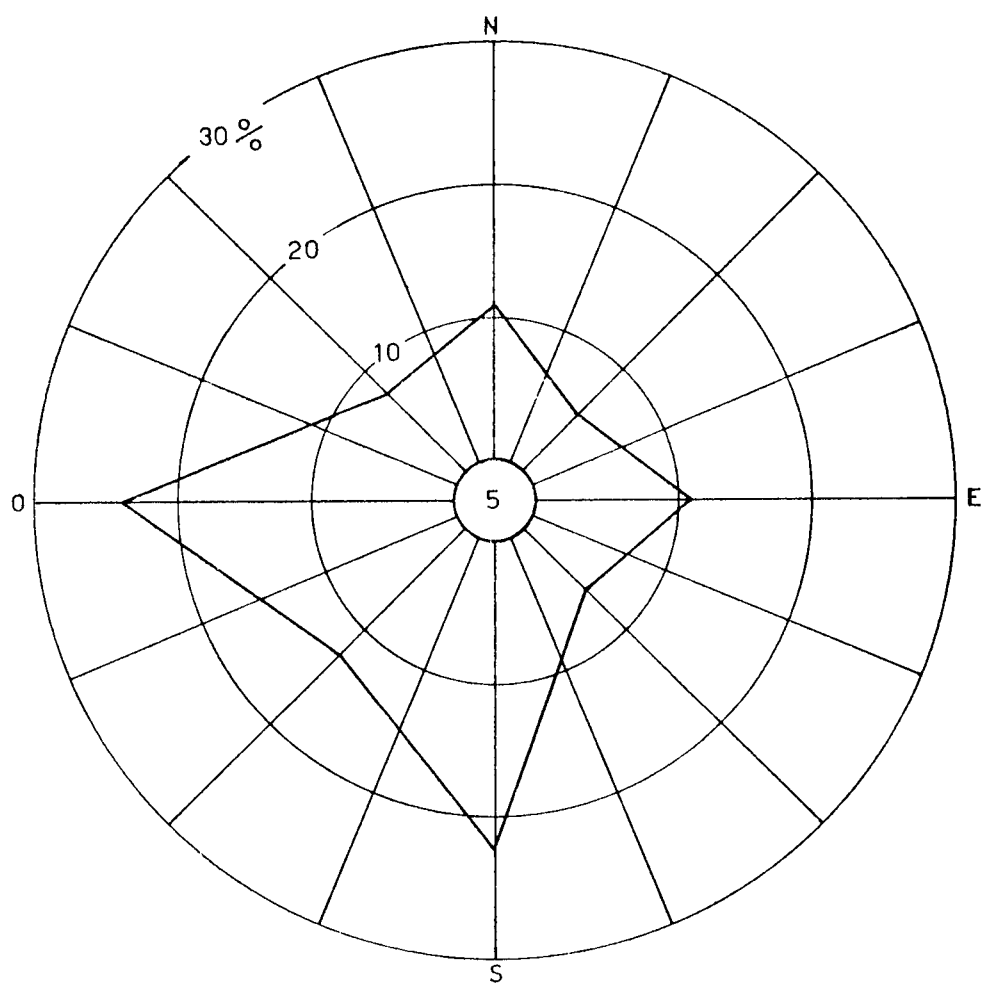




FIGURA Nº 14 ROSA DE VIENTO-RIO NEUQUEN (1951-1960)





removidos en la atmósfera por procesos que ocurren dentro (rain-out) o debajo de las nubes (wash-out). Por otra parte, se puede afirmar que las zonas de escasa precipitación constituyen áreas potenciales con poco poder de "contaminación del suelo".

En las Figuras 15,16,17,18 y 19 se grafican los valores medios mensuales de precipitación y la frecuencia media de días con lluvia de las diferentes zonas, excepto Atucha.

Se observa que las zonas de Ubicación II tienen menor precipitación que las de Ubicación I.

2.2.2. Cursos de agua

El caudal del cuerpo de agua receptor es uno de los parámetros de mayor importancia en el proceso de dispersión de contaminantes.

En la Figura 20 se representa la variación de los caudales medios mensuales de los ríos Paraná y Limay (7). Del análisis de los gráficos se extrae que el río Paraná posee mayor caudal que el río Limay.

2.3. ACTIVIDADES Y UTILIZACION DE LOS RECURSOS POR EL HOMBRE

2.3.1. Distribución de la población

El objeto principal de la preservación ambiental es la protección del hombre.

Por lo tanto, interesa conocer la población existente en las zonas de posibles emplazamientos. De la información existente se deduce que la densidad de población en la región del Comahue es alrededor de 10 habitantes/km² y en la región del Litoral oscila entre 40 y 400 habitantes/km².

La Tabla 2 incluye la población de las diferentes zonas (8):

TABLA 2

ZONA	LOCALIDAD	POBLACION (habitantes)
Paraná	Paraná	127.635
Rosario	Gran Rosario	806.942
Atucha*	Lima y alrededores	4.000
Ensenada	Gran La Plata	478.666
Río Limay	Plottier	2.587
Río Neuquén	Neuquén	43.070

*CNEA. Relevamiento poblacional efectuado por el Area de PROTECCION Y SEGURIDAD.

2.3.2. Actividad industrial

El número de industrias proporciona un índice relativo de la emisión de contaminantes al ambiente. En la Tabla 3 se incluye el número de establecimientos industriales en cada zona (9):

TABLA 3

ZONA	DEPARTAMENTO	Nº DE ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES
Paraná	Paraná	1.131
Rosario	Rosario	7.955
Atucha	Zárate	363
Ensenada	Ensenada	2.556
	Berisso	
	La Plata	
Río Limay	Zona Nacional	311
	Confluencia	
Río Neuquén		

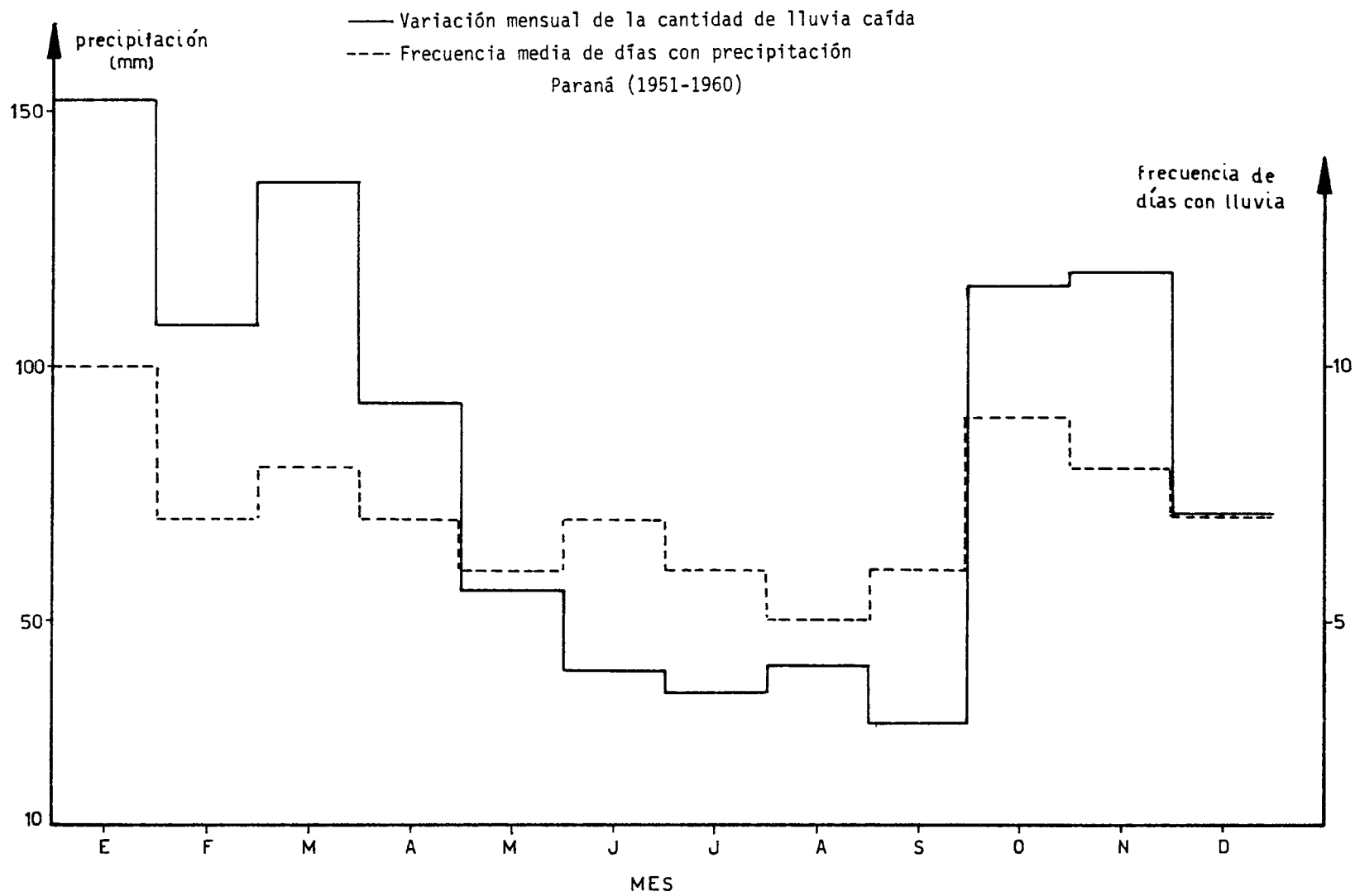


FIGURA Nº 15

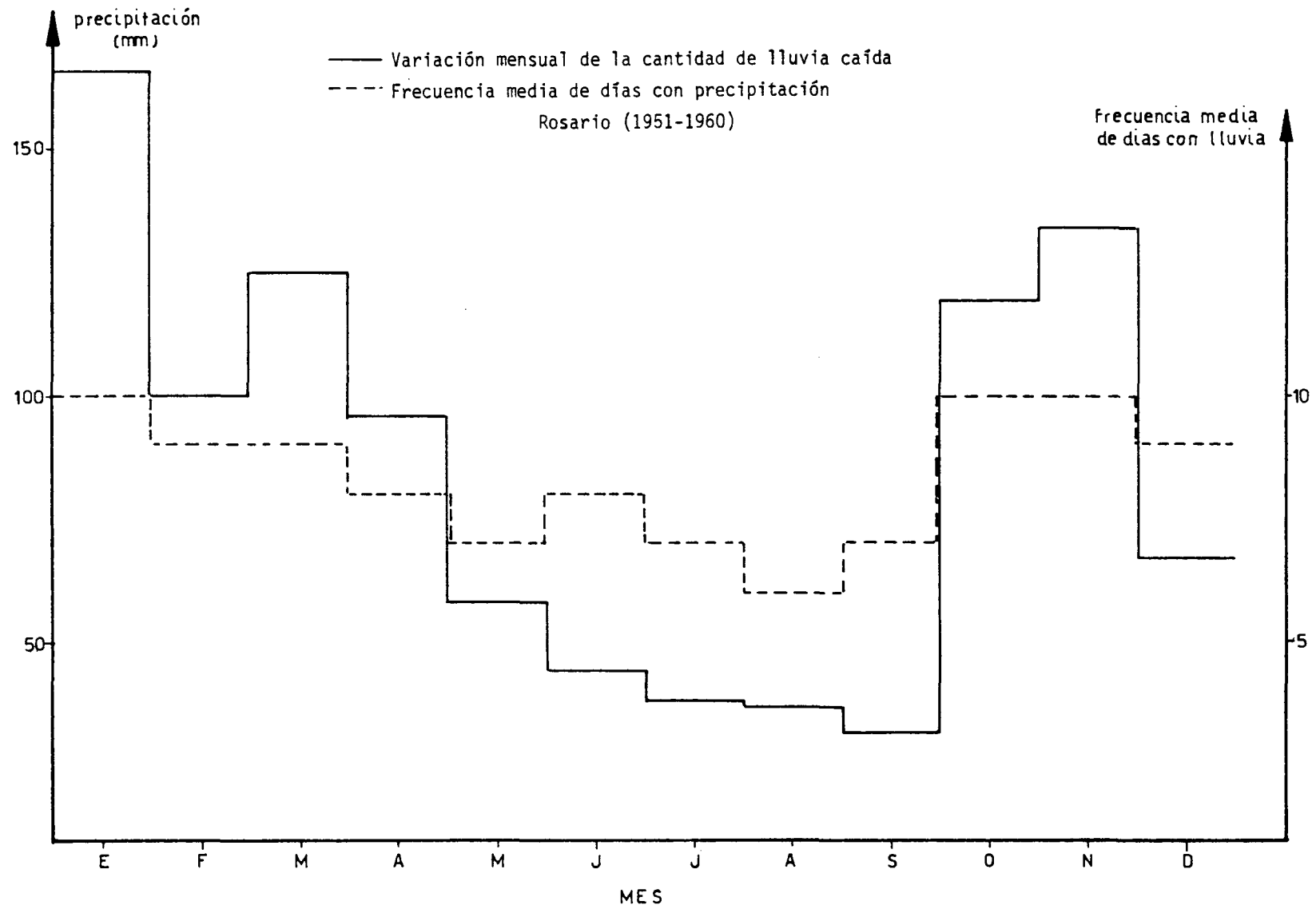


FIGURA Nº 16

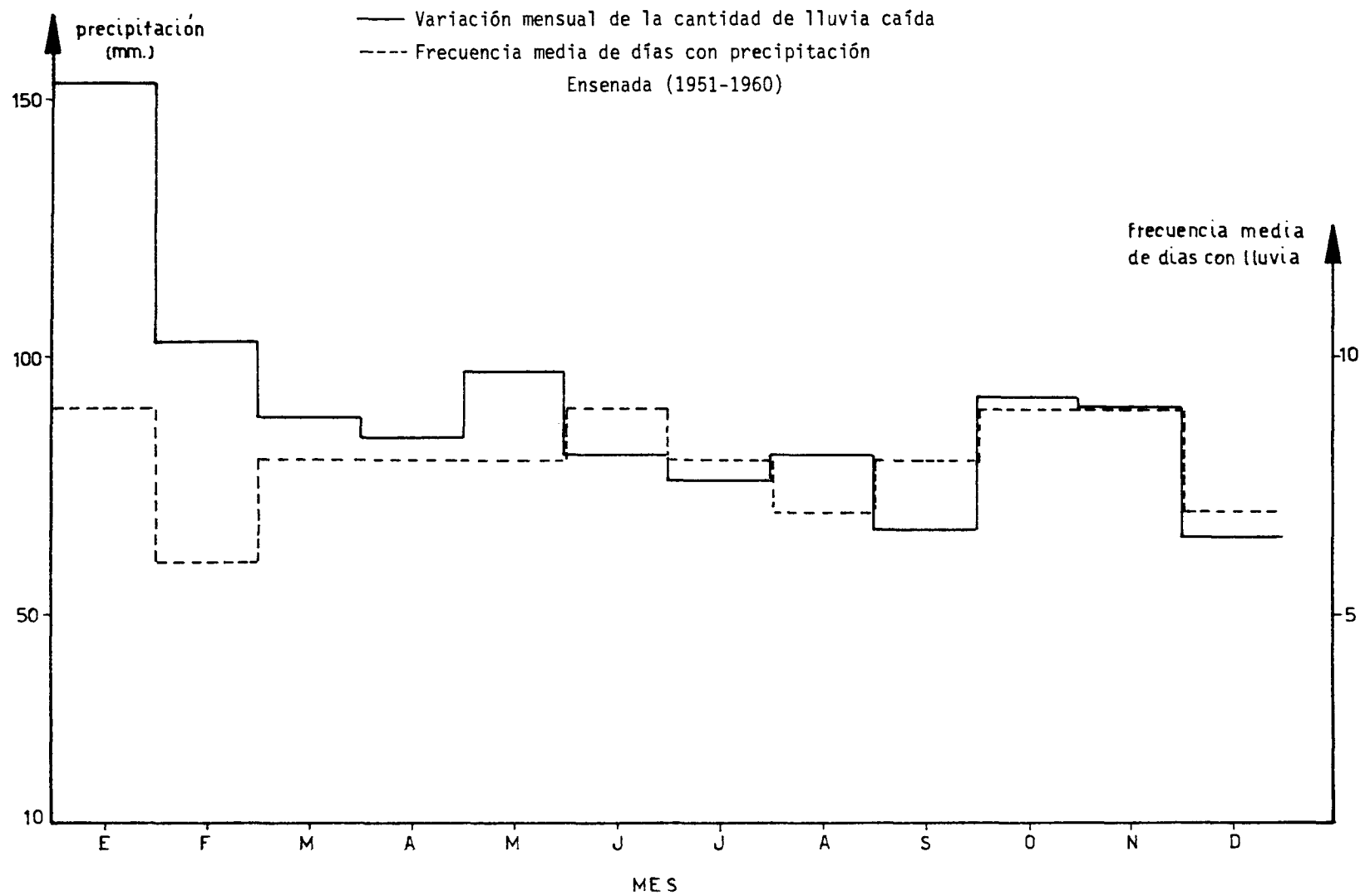
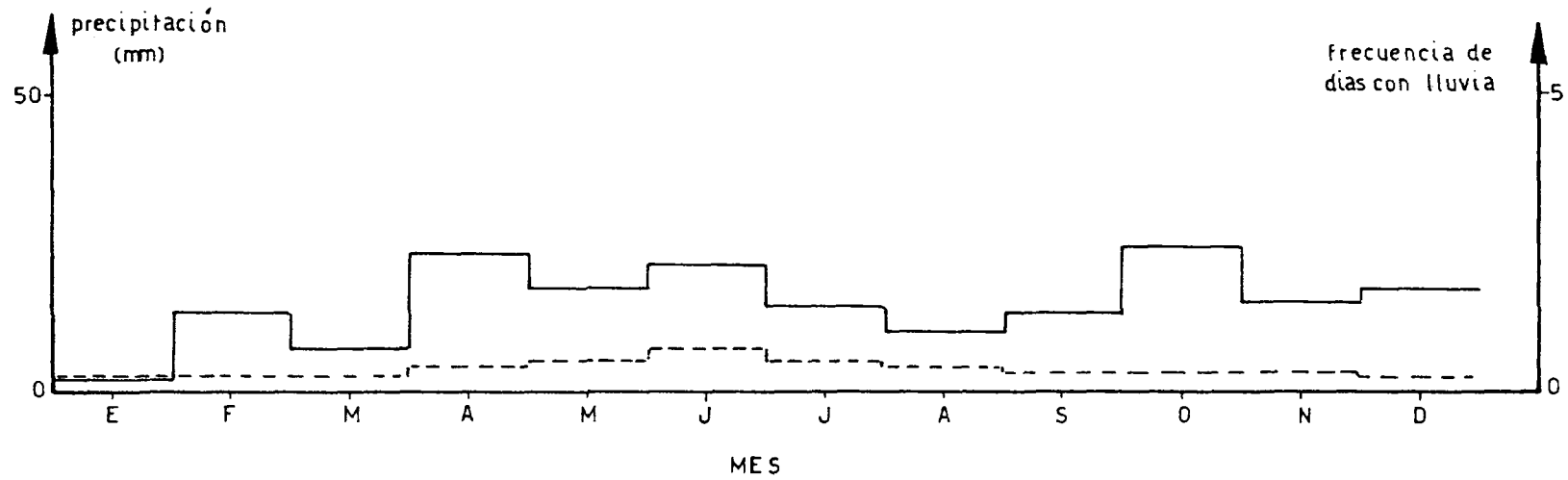


FIGURA Nº 17

— Variación mensual de la cantidad de lluvia caída
----- Frecuencia media de días con precipitación
Río Limay - (1951-1960)



FIGURANº 18

— Variación mensual de la cantidad de lluvia caída
----- Frecuencia media de días con precipitación
Río Neuquén - (1951-1960)

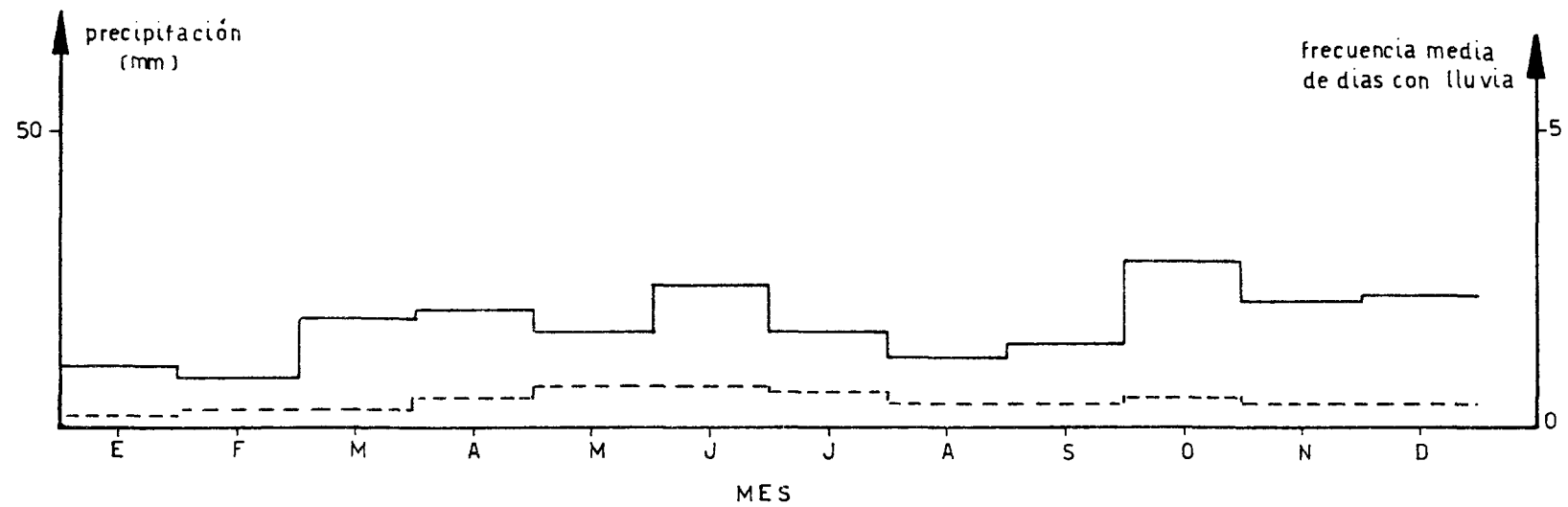
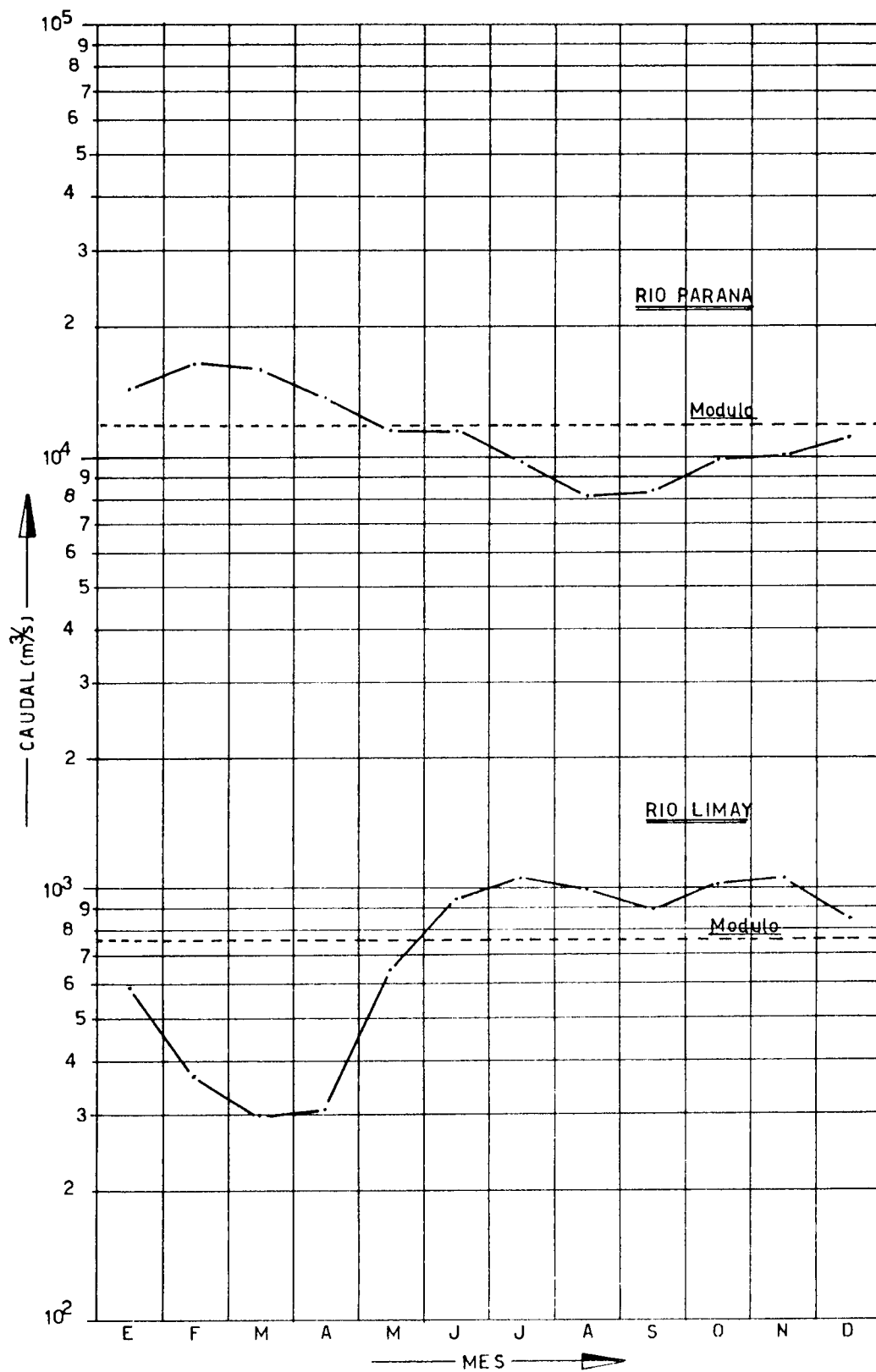


FIGURA N° 19

FIGURA N° 20 VARIACIONES DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES DE LOS RIOS
PARANA Y LIMAY



2.3.3. Actividad agropecuaria

Una de las finalidades de la protección ambiental es preservar los recursos naturales. De esta forma, en la Tabla 4 se comparan las actividades agropecuarias y el aprovechamiento del suelo de las diferentes zonas. En esa Tabla figuran los valores de superficie porcentual dedicada a la explotación agropecuaria y forestal, según el destino asignado (superficie para la siembra, para pastoreo, etc.) y para cada uno de los departamentos en cuestión. Estos índices representan una estimación adecuada de la actividad agropecuaria en la zona.

2.4. CONCLUSIONES

El análisis comparativo desde el punto de vista de la preservación del medio ambiente, de las diferentes zonas propuestas para el emplazamiento de una Planta de Agua Pesada en el país, se ha basado en las siguientes consideraciones: la capacidad de dilución del ambiente, la distribución de la población, el asentamiento industrial y la utilización del suelo para actividades agropecuarias.

De lo estimado anteriormente surge que:

- el índice de ventilación de la atmósfera en la zona del río Limay es el más elevado de las zonas analizadas.
- la frecuencia relativa de calmas es menor en la zona del río Limay que en las otras consideradas.
- el río Paraná (Ubicación I) posee un caudal significativamente mayor al del río Limay (Ubicación II)
- la densidad de población en la zona del río Limay es menor que en las otras zonas.
- las superficies dedicadas a la siembra y al pastoreo son comparativamente más reducidas en el Departamento de Confluencia (Pcia. del Neuquén) y de El Cuy (Pcia. de Río Negro) que en las zonas de Ubicación I.
- las zonas de los ríos Limay y Neuquén están menos contaminadas que las otras zonas, como se deduce del número de establecimientos industriales y de lo elaborado por la Secretaría de Estado de Recursos Naturales y Ambiente Humano (10).

De las consideraciones mencionadas anteriormente se desprende que, teniendo en cuenta la protección del medio, la zona del Río Limay es la más adecuada de entre las propuestas para la ubicación de una Planta de Agua Pesada. Sin embargo, es necesario un análisis que evalúe las eventuales consecuencias del futuro funcionamiento de la planta sobre la población y la biota local. Este es el objetivo del resto del estudio.

TABLA 4 SUPERFICIES DEDICADAS A LA EXPLOTACION AGROPECUARIA Y FORESTAL
(EXPRESADAS EN % DE LA SUPERFICIE TOTAL DE CADA DEPARTAMENTO)

DEPARTAMENTO	SUPERFICIE SEMBRADA EN PREPARACION O PREPARADA PARA SIEMBRA	PRADERAS NATURALES PARA PASTOREO	BOSQUES Y MONTES	SUPERFICIE DESTINADA A GRANJA VIVEROS O FLORICULTURA	SUPERFICIE NO USADA POR FACTORES CLIMATI- COS, FALTA DE CAPITAL U OTRA CAUSA.	SUPERFICIE EN BARBECHO O RASTROJO	SUPERFICIE OCUPADA POR HUERTAS, GALLI- NEROS, CONSTRUCCIONES, ETC.	SIN ESPECIFICAR DESTINO
BERISSO (Pcia. Bs.As.)	2,5	31,4	9,8	1,7	0,8	0,2	2,6	5,0
ENSENADA (Pcia. Bs. As.)	0,7	37,7	4,4	0,02	-	-	1,5	4,7
LA PLATA (Pcia. Bs. As.)	13,6	38,2	0,8	2,1	0,4	1,0	1,7	3,2
ZARATE (Pcia. Bs. As.)	23,8	12,2	13,8	0,3	4,7	2,2	0,7	1,9
PARANA (Pcia. Bs. As.)	49,1	14,1	24,8	0,3	0,6	3,9	1,4	1,4
CONFLUENCIA (Pcia. Neuquén)	0,9	5,3	16,0	-	1,3	0,1	0,08	-
EL CUY (Pcia. Río Negro)	0,03	50,1	9,1	0,1	0,08	0,03	0,09	4,0
ROSARIO (Pcia. Sta. Fé)	73,4	15,1	0,6	0,3	0,4	0,6	2,3	7,0

Datos extraídos del: CENSO AGROPECUARIO NACIONAL 1969 (INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS)

VII.3. CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ARROYITO

La preservación del medio ambiente es uno de los factores que deben tenerse en cuenta en la elección del emplazamiento de una Planta de Agua Pesada. Sin embargo, fundamentos técnicos (caudal de agua, reservas energéticas) y consideraciones geoeconómicas y geopolíticas son razones predominantes en la ubicación de la instalación.

El Análisis de Emplazamiento realizado en el Capítulo 6 recomienda el área Río Limay y más específicamente la localidad de Arroyito como el lugar adecuado para la ubicación de la planta de agua pesada (Figura 21).

En la Figura 22 se muestra la distribución de la población por sectores, en el entorno de Arroyito. La densidad de la población rural en los alrededores de la zona seleccionada es de 1,2 habitantes/km² en el Departamento de Confluencia (Pcia.de Neuquén) y de 0,1 habitante/km² en el Departamento de El Cuy (Pcia.de Río Negro). De la rosa de vientos de la zona (Figura 13) se infiere que la frecuencia de ocurrencia de direcciones de viento hacia los sectores de relativamente mayor población es comparativamente baja (en conjunto: 17%).

No existen estudios referidos a la zona de Arroyito. Sin embargo, la observación "in situ" permitió constatar que no hay poblaciones urbanas, aprovechamiento agropecuario, ni uso de las aguas del Limay para el consumo, en el entorno del sitio elegido para la ubicación de la Planta.

MAPA DE LA ZONA INCLUYENDO ARROYITO

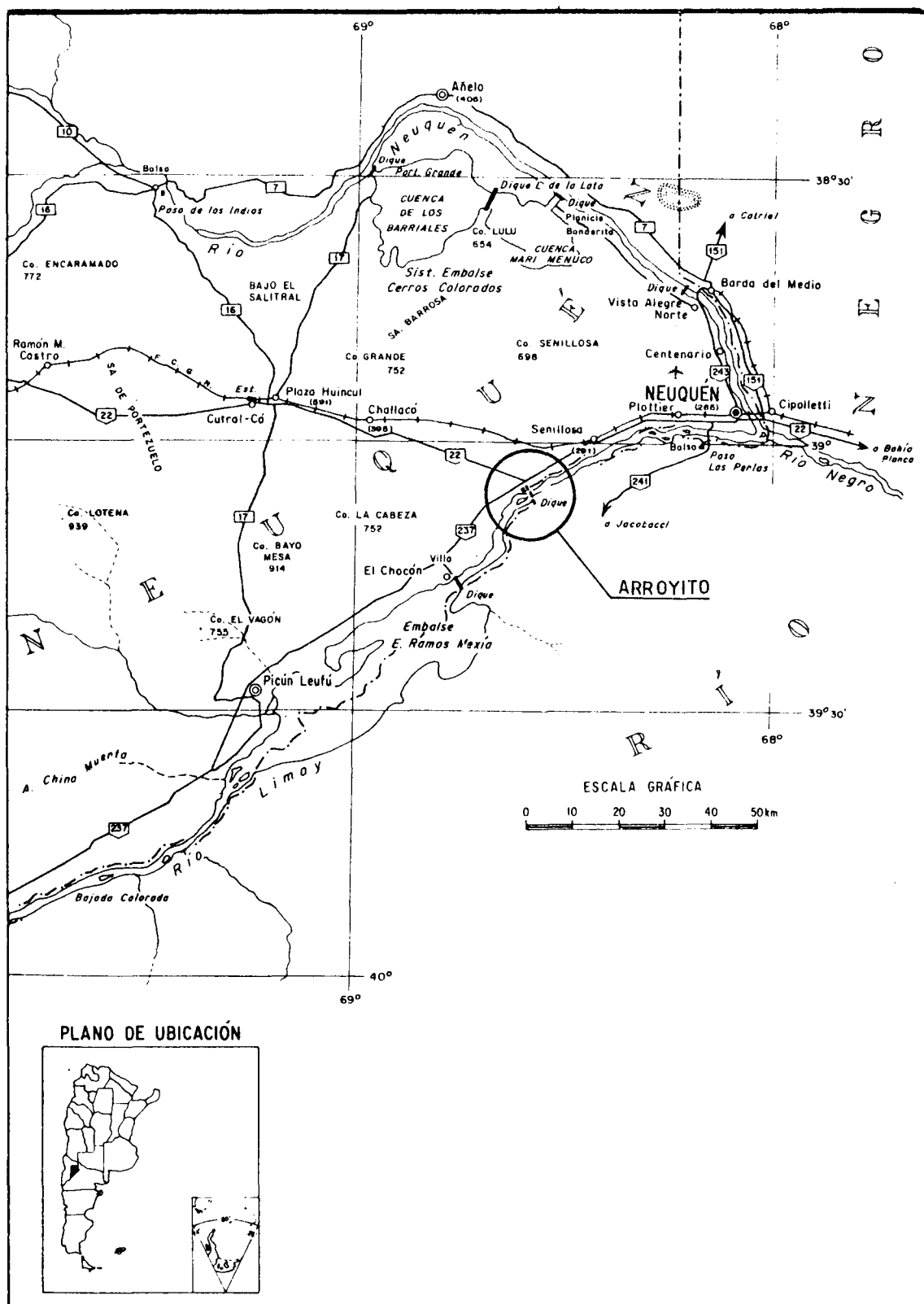
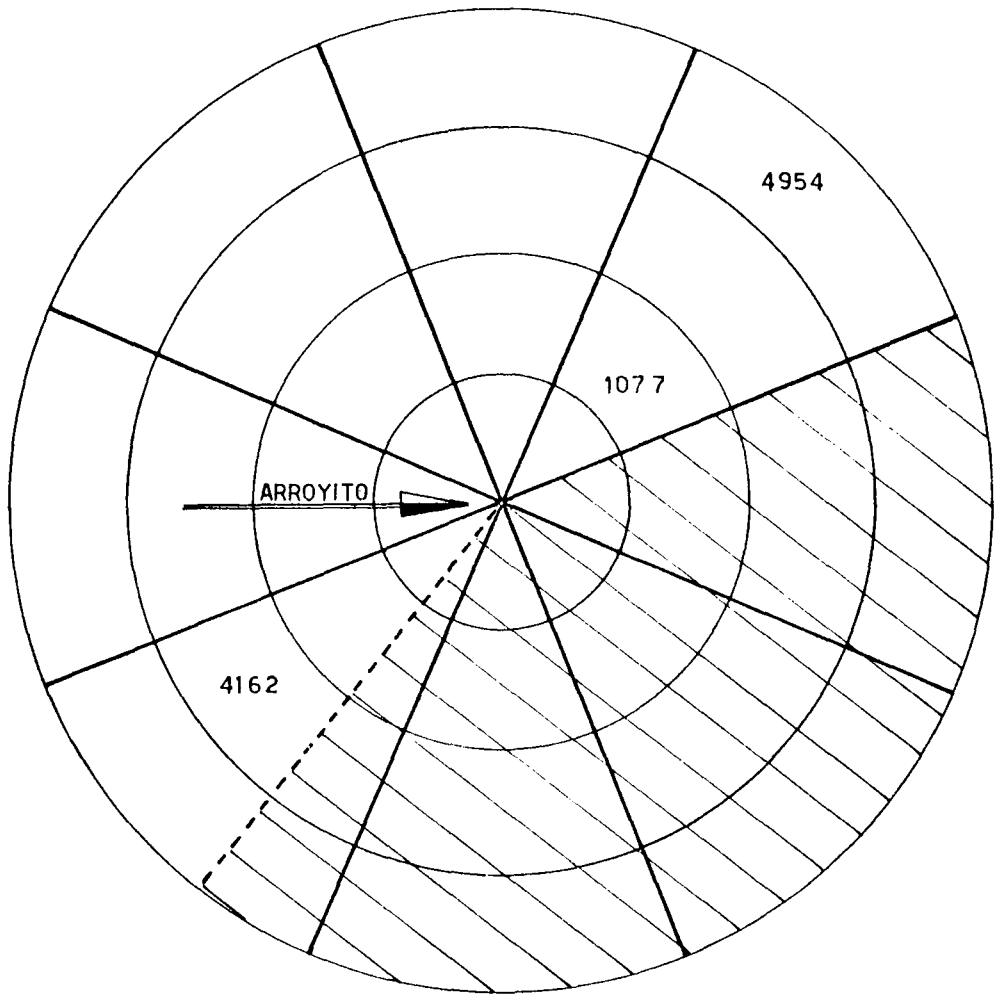


FIGURA N°22

POBLACION URBANA DE DIFERENTES SECTORES EN EL ENTORNO DE ARROYITO



-  Sector correspondiente a la Prov. Neuquén
Densidad de la población rural: 1,2 hab./km²
-  Sector correspondiente a la Prov. Río Negro
Densidad de la población rural: 0,1 hab./km²



Escala
0 10 km.

VII.4	EFFECTOS DE LA PLANTA EN FUNCIONAMIENTO NORMAL
4.1	GENERALIDADES
4.2	EFLUENTES GASEOSOS ELIMINADOS A LA ATMOSFERA
4.2.1	Efectos sobre el hombre
4.2.2	Efectos sobre los vegetales
4.2.3	Efectos sobre los animales
4.2.4	Transporte y dispersión de contaminantes
4.2.5	Conclusiones
4.3	EFLUENTES ELIMINADOS EN CURSOS DE AGUA
4.3.1	Contaminación de origen químico
4.3.1.1	Efectos del H_2S sobre los organismos acuáticos
4.3.1.2	Transporte y difusión de contaminantes
4.3.1.3	Conclusiones
4.3.2	Contaminación térmica
4.3.2.1	Efectos sobre la biota acuática
4.3.2.1.1	Efectos letales de la temperatura
4.3.2.1.2	Efectos subletales: crecimiento y producción
4.3.2.1.3	Temperatura en relación con otros factores ambientales
4.3.2.2	Normas para la eliminación de efluentes térmicos
4.3.2.3	Transporte, dispersión y disipación
4.3.2.4	Conclusiones

4.1. GENERALIDADES

Durante el funcionamiento normal de toda industria se generan residuos que, invariablemente deben ser almacenados en los tres grandes reservorios naturales: aire, agua y suelo.

Puede ocurrir que alguno o algunos de estos receptáculos no sean utilizados para almacenar los desechos. Esto depende de la tecnología adoptada para el proceso.

De acuerdo con el mecanismo de operación de plantas de agua pesada funcionando por el método sulfhídrico-agua los principales contaminantes producidos son el anhídrido-sulfuroso (SO_2) que se emite a la atmósfera, el ácido sulfhídrico (H_2S) que se descarga al agua, y energía calórica que se disipa en cursos de agua.

Estos tres tipos de contaminantes producen diferentes efectos sobre el hombre, los vegetales y los animales, que dependerán de sus concentraciones en el ambiente, del tiempo de exposición y de las características del receptor.

Teniendo en cuenta los standards de protección adoptados deberá adecuarse la tecnología de la Planta de forma tal que las descargas de contaminantes al medio, aprovechando su capacidad de transporte y dispersión, aseguren que las normas sean respetadas.

Sin embargo, este criterio debe contemplar, en el caso de no existir una planificación de la utilización del medio ambiente por el hombre, la "reserva ambiental".

Esto implica la previsión del futuro uso del medio ambiente por fuentes generadoras del mismo tipo de contaminantes que los originados por esta industria. De esta manera, mediante la aplicación de normas más restrictivas que las consideradas para un caso de contaminación producida por una fuente aislada, se permitirá el asentamiento futuro de otras actividades sin alterar el equilibrio del medio ambiente.

4.2. EFLUENTES GASEOSOS ELIMINADOS A LA ATMOSFERA

El principal efluente eliminado a la atmósfera durante el funcionamiento normal de una planta de agua pesada está constituido por el SO_2 producto del quemado del H_2S en la chimenea y de la fabricación de H_2S (en el caso de ser producido en el lugar).

En materia de legislación nuestro país no registra muchos antecedentes respecto del establecimiento de concentraciones máximas permisibles del SO_2 en aire. Existe el Decreto Ley 20.284/73 de Preservación de los Recursos del Aire del 3 de Mayo de 1973 el cual no ha sido reglamentado.

Tampoco existen en el país estudios sobre criterios de calidad del aire respecto del SO_2 . Sin embargo, se han llevado a cabo investigaciones sobre este tema en otros países. Tomando como base estos trabajos es posible fijar límites operativos que servirán como comparación para establecer la calidad del aire de una zona.

4.2.1. Efectos sobre el hombre

Investigaciones realizadas en otros países establecieron relaciones entre los efectos y la concentración de SO_2 en aire para diferentes tiempos de exposición del hombre. En la Tabla 5 se incluyen los efectos adversos sobre la salud observados para diferentes concentraciones de SO_2 en aire y distintos tiempos de exposición (11) (12). A partir de estos criterios de calidad de aire se fijan los standards correspondientes. Dichos standards, establecidos por nuestro país (Decreto Ley 20284/73) y por los Estados Unidos de América (11), se encuentran en la Tabla 6. Estos valores serán considerados en este estudio como "límites operativos".

4.2.2. Efectos sobre los vegetales

El dióxido de azufre (SO_2) puede producir dos tipos de efectos en la vegetación: agudos o crónicos (12).

Los efectos agudos suelen relacionarse con exposiciones breves (de pocas horas) a concentraciones relativamente elevadas de SO_2 . Se manifiestan

TABLA 5

EFFECTOS SOBRE LA SALUD EN RELACION CON LA
CONCENTRACION DE SO₂ EN AIRE Y EL TIEMPO DE EXPOSICION (11)

EFFECTOS ADVERSOS A LA SALUD	Concentración		TIEMPO PROMEDIO
	µg/m ³	ppm	
Incremento de la mortalidad.	300-400	0,11-0,15	24 horas
Agravación de síntomas en la edad madura.	365	0,14	24 horas
Síntomas irritatorios agudos.	340	0,13	24 horas
Empeoramiento del asma.	180-250	0,07-0,09	24 horas
Disminución de la función pulmonar en niños.	200	0,075	Anual
Incremento de agudas enfermedades respiratorias.	0-100	0,034-0,037	Anual
Incremento de la bronquitis crónica.	95	0,035	Anual

TABLA 6

Estandards primarios nacionales de SO₂ comparativos entre Argentina y EE.UU.

Estandar primario nacional (concentración)				TIEMPO PROMEDIO
Argentina *		EE.UU (11)		
µg/m ³	ppm	µg/m ³	ppm	
70	0,03			Mensual
		80	0,03	Anual
		365	0,14	24 HORAS (no debe ser excedida más que una vez por año)

* Decreto-Ley 20284/73

a través de necrosis foliar con formación de lesiones localizadas de distinta pigmentación, y se las atribuye a la formación de sulfitos, ácido sulfuroso y ácido sulfúrico por absorción rápida del contaminante.

Los efectos del SO_2 dependen de las características de la planta, de los factores ambientales y fundamentalmente del tiempo de exposición y de la concentración del contaminante. En la Tabla 7 figuran las concentraciones umbrales que producen daño a corto plazo para plantas de distinta sensibilidad (13). Las especies vegetales han sido agrupadas, en base a su sensibilidad diferencial, en tres categorías: sensitivas (arce, batata, trigo, avena, cebada, centeno, alfalfa, etc.), intermedias (cebolla, abeto, álamo, tabaco, papa, etc.) y resistentes (maíz, roble, etc.). De esta Tabla se deduce que para plantas sensibles el daño puede resultar de exposiciones tan bajas como 0,05 a 0,5 ppm durante 8 horas ó 4,0 ppm durante 1/2 hora. En cambio, plantas resistentes son dañadas por exposiciones de más de 2 ppm durante 8 horas, o más de 10 ppm durante 1/2 hora.

Los efectos crónicos, atribuidos a una acumulación de sulfatos en las hojas, son producidos por exposiciones a concentraciones relativamente bajas durante un tiempo prolongado (varios días o semanas). Su manifestación puede ser visible, en cuyo caso se observa una decoloración gradual o clorosis de las hojas y defoliación excesiva, en algunos casos acompañada por marcas necróticas semejantes a las producidas por exposiciones agudas. Los efectos crónicos visibles a menudo están asociados con efectos no visibles, aunque medibles, tales como una supresión o reducción del crecimiento y disminución del rendimiento de la producción.

La susceptibilidad de los vegetales depende no sólo de características genéticas de la especie o variedad a las que pertenecen, sino también del momento del ciclo vital en que sufren la exposición.

Ciertos factores meteorológicos y edafológicos afectan la respuesta de los vegetales al SO_2 , por ejemplo la intensidad de la radiación solar, la humedad del aire, la humedad del suelo, la temperatura del aire y la presencia de otros elementos, tales como el ozono, el dióxido de nitrógeno que actúan en forma sinérgica con el SO_2 .

Así por ejemplo, un incremento de la humedad del suelo, la humedad y la temperatura del aire, generalmente son acompañados por un aumento de la sensibilidad de los vegetales al SO_2 . En base a este tipo de observaciones se ha sugerido como acción preventiva que una menor irrigación de los cultivos durante los períodos de alta contaminación podría reducir daños potenciales.

Se debe tener en cuenta que además bajo condiciones de elevada humedad ambiente puede producirse ácido sulfúrico que también daña a los vegetales.

De los estudios realizados se deduce que la mayoría de las especies vegetales no presentarían síntomas o efectos agudos si la concentración máxima anual se mantiene por debajo de aproximadamente 0,03 ppm ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Sin embargo, existen evidencias de síntomas crónicos y defoliación por exposiciones a largo plazo a bajas concentraciones en zonas donde la concentración media anual es aún menor de 0,03 ppm ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (12).

4.2.3. Efectos sobre los animales

Se han realizado numerosas experiencias sobre los efectos toxicológicos del dióxido de azufre y del ácido sulfúrico en animales de laboratorio y algunos animales domésticos. El fin de estos estudios ha sido obtener información cualitativa sobre los efectos y mecanismos de acción de los contaminantes, que pudiera ser extrapolada al hombre. Los bioensayos con animales experimentales tienen la ventaja de permitir el empleo de concentraciones más elevadas, tiempos de exposición más prolongados y mayor cantidad de organismos.

Sin embargo, a los fines de establecer niveles adecuados de calidad de aire, la protección del hombre parecería asegurar también la de otras especies animales, ya que éstas son en general más tolerantes al SO_2 y el ácido sulfúrico (H_2SO_4) que el hombre (12).

4.2.4. Transporte y dispersión de contaminantes

Existen diferentes modelos fisicomatemáticos (14) que describen los procesos que ocurren en las capas inferiores de la atmósfera, mediante los cuales los contaminantes emitidos al aire se redistribuyen y diluyen. Por un la-

do, el movimiento horizontal de la atmósfera transporta los contaminantes y por otro lado la turbulencia los dispersa. Aún cuando, el problema de la dispersión turbulenta atmosférica no ha sido unívocamente formulado, la mayoría de las teorías aceptan como base la distribución especial gaussiana de los contaminantes en el aire.

Aceptando las siguientes suposiciones:

- Condición de estacionalidad de la atmósfera.
 - Turbulencia homogénea.
 - Inexistencia de transformaciones químicas de los contaminantes.
 - Superficie del suelo no rugosa.
 - No existencia de absorción de gases por la superficie terrestre.
 - Emisión continua de contaminantes a la atmósfera.
 - No perturbación de la atmósfera por la presencia de los contaminantes.
- la concentración de los contaminantes en el aire puede ser estimada por medio de la siguiente ecuación (15):

$$\bar{X}(x, y, z, H) = Q (2\pi\sigma_y\sigma_z u)^{-1} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \cdot \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad \{1\}$$

donde:

$\bar{X}$: es la concentración de contaminantes en aire promediada en un intervalo de tiempo

Q : es la intensidad de la emisión de contaminantes al aire

$\bar{u}$: es la velocidad media del viento que transporta los contaminantes

x : se extiende horizontalmente en la dirección del viento medio

y : se extiende horizontalmente y es perpendicular al viento medio

z : está orientado en la dirección vertical

H : es la altura efectiva de la emisión

σ_y, σ_z : son las desviaciones normales de la distribución horizontal y vertical de contaminantes

Las desviaciones normales varían con la estructura de la turbulencia atmosférica, la altura, la rugosidad de la superficie, el tiempo de promedio de la concentración estimada, la velocidad del viento y la distancia a la

fuentes de emisión. Para alturas dentro de la capa superficial atmosférica, suelo relativamente liso y considerando la velocidad del viento y la estructura de la turbulencia atmosférica representadas por categorías de estabilidad, las desviaciones normales pueden ser estimadas en función de la distancia a la fuente(15):

De esta manera, es posible clasificar la estabilidad atmosférica en las siguientes categorías (16):

- A. Extremadamente inestable
- B. Moderadamente inestable
- C. Levemente inestable
- D. Neutra
- E. Levemente estable
- F. Moderadamente estable

Con el objeto de estimar la magnitud de un eventual impacto en el ambiente originado por una descarga continua de SO_2 al aire, se consideró una inyección a la atmósfera de 5,6 kg/h de SO_2 (17).

Con una hipótesis de una chimenea de 100 m de altura por donde se introduzca el SO_2 al aire y considerando una elevación de la pluma en condiciones atmosféricas isotérmicas y con una velocidad media del viento de 5 m/s, se obtiene una altura efectiva de la emisión ($h_{\text{real}} + \Delta h_{\text{elevación}}$) de aproximadamente 130 m.

Considerando dos posibilidades: condiciones atmosféricas estacionarias durante 24 horas y una distribución anual de las direcciones del viento en la zona de acuerdo a la Figura 13, utilizando la ecuación {1} se estimaron las máximas concentraciones espaciales diarias y anuales de SO_2 en aire que se incluyen en la Tabla 8. Estas estimaciones se realizaron en las diferentes condiciones atmosféricas.

4.2.5. Conclusiones

De la comparación entre las concentraciones máximas estimadas y los "niveles operativos" adoptados surge que, aún en condiciones atmosféricas "desfavorables", las concentraciones de SO_2 en aire originadas por el funcionamiento normal de la Planta de Agua Pesada permanecerían por debajo de

TABLA 7

CONCENTRACION UMBRAL DE DIOXIDO DE AZUFRE (SO_2) CAPAZ DE PRODUCIR DAÑO A CORTO PLAZO EN
TRES GRUPOS DE ESPECIES VEGETALES DE DISTINTA SUSCEPTIBILIDAD (13) *

TIEMPO (h)	ESPECIES SENSITIVAS		ESPECIES INTERMEDIAS		ESPECIES RESISTENTES	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppm
0,5	2620 a 10480	1,0 a 4,0	9170 a 31440	3,5 a 12	≥ 26.000	≥ 10
1,0	1310 a 7860	0,5 a 3,0	6550 a 26200	2,5 a 10	≥ 20.960	≥ 8
2,0	655 a 5240	0,25 a 2,0	3930 a 19650	1,5 a 7,5	≥ 15.720	≥ 6
4,0	262 a 2620	0,1 a 1,0	1310 a 13100	0,5 a 5	≥ 10.480	≥ 4
8,0	131 a 1310	0,05 a 0,5	524 a 6550	0,2 a 2,5	≥ 5.240	≥ 2

* Las concentraciones y tiempos para cada grupo de susceptibilidad son aceptables sólo cuando las especies están creciendo bajo las condiciones ambientales y estado de maduración más sensible.

TABLA 8

Concentraciones máximas y distancia a la cual se producen, para una emisión de SO_2 a la atmósfera.

CATEGORIA DE ESTABILIDAD ATMOSFERICA	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)	DISTANCIA (km)	CONCENTRACION (PROMEDIO: 24hs) $\mu\text{g}/\text{m}^3$	CONCENTRACION (PROMEDIO 1 año) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
				DIREC. SUR	DIREC. OESTE
A	1	0,5	20	4	5
B	1	0,9	15	3	4
C	2	1,6	7	1,5	2
D	3	4,5	2	0,4	0,5
E	2	9,0	2	0,4	0,5
F	2	28,0	0,8	0,2	0,2

dichos niveles.

Asimismo se observa que se respeta la "reserva ambiental" de la zona permitiendo el asentamiento futuro de otras actividades generadoras de este contaminante.

A esto debe agregarse la relativamente pequeña probabilidad de ocurrencia de la dirección del viento hacia las zonas más pobladas y la distancia considerable de los centros poblados al lugar de la instalación.

De esta forma confluyen simultaneamente varios factores que permiten asegurar que la salud de la población será resguardada:

- Las concentraciones máximas estimadas no superan los "límites operativos".
- Existe reducida población en centros urbanos ubicados a distancias no menores que aquellas a las cuales se verifican las máximas concentraciones.
- Baja probabilidad de ocurrencia del viento en la dirección de las áreas urbanas pobladas.

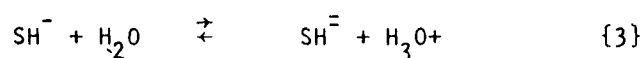
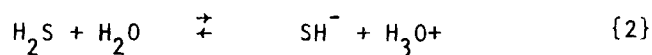
Por otra parte, de acuerdo con las concentraciones estimadas se podría asegurar que una futura actividad agrícola-ganadera en la zona no sería sensiblemente afectada por el SO_2 .

4.3. EFLUENTES ELIMINADOS EN CURSOS DE AGUA

La Planta de Agua Pesada genera residuos de origen químico fundamentalmente H_2S y calor residual que serán introducidos en cursos de agua. En el caso de la instalación de esta industria en la zona de Arroyito (Provincia del Neuquén), el Río Limay sería utilizado como reservorio natural de esta eliminación.

4.3.1. Contaminación de origen químico

La presencia del H_2S en agua da lugar a dos transformaciones químicas principales: su disociación y la reacción con el oxígeno disuelto. Existen evidencias de que el H_2S no ionizado es el componente más tóxico de las soluciones de sulfuros (17). La disociación del H_2S ocurre según las siguientes reacciones:

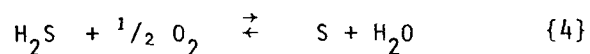


Este proceso es afectado por el pH de la solución: en medio ácido la forma predominante es la no ionizada. La Tabla 9 muestra las concentraciones del H_2S no ionizado con respecto al H_2S total en función del pH de la solución (18).

TABLA 9

pH	Factor de Conversión	Acido Sulfhídrico total (ppm)	Acido Sulfhídrico no ionizado (ppm)
6,0	0,83	6,82	5,66
6,5	0,61	6,82	4,16
7,0	0,33	6,82	2,25
7,2	0,24	6,82	1,64
7,5	0,14	6,82	0,96
7,7	0,091	6,82	0,62
8,0	0,048	6,82	0,33

Según mediciones realizadas las aguas del Río Limay poseen un pH que varía entre 6,6 y 7,3. Por otra parte, la transformación del H_2S en presencia de O_2 disuelto ocurre según la siguiente reacción:



Esta transformación es favorecida por la radiación solar y otros factores fisicoquímicos del medio acuoso. Aún cuando la cinética de la reacción {4}, no es bien conocida existen evidencias experimentales de que la transformación del H_2S es rápida en condiciones de oxigenación adecuada.

4.3.1.1. Efectos del H_2S sobre los organismos acuáticos

El H_2S a pesar de su rápida transformación ha sido detectado en concentraciones perjudiciales para los organismos acuáticos, tanto en ambientes naturales, como en ambientes contaminados por efluentes cloacales o industriales.

Para evaluar la toxicidad del H_2S se han efectuado bioensayos en cámaras experimentales con distintas especies de invertebrados acuáticos y en particular con huevos, alevinos, juveniles y adultos de peces. Debido a que las concentraciones de H_2S detectables suelen encontrarse cerca de la interfase agua-lecho del curso de agua, los estudios sobre efectos del H_2S se han intensificado para aquellas especies o estadíos cuya vida transcurre en o cerca del fondo.

Variando con la concentración del contaminante y el tiempo de exposición empleado, se han observado los siguientes efectos en los peces: mortalidad de huevos, alevinos y juveniles, prolongación del período de incubación de los huevos, reducción en la talla de los alevinos en el momento de la eclosión por una disminución en el ritmo de crecimiento, y mayor incidencia de malformaciones anatómicas letales en alevinos recién eclosionados (17), (18), (19), (20), (21), (22). En la Tabla 10 se registran los límites de tolerancia media (LT_{50}) durante períodos breves de exposición al H_2S (72 y 96 h), correspondientes a algunas de las especies estudiadas.

A pesar del uso difundido del $LT_{50-96\text{ h}}$ en estudios toxicológicos, es conveniente basarse en experiencias más prolongadas para poder establecer niveles compatibles con el bienestar de los organismos. (El $LT_{50-96\text{ h}}$) no tiene en cuenta, por ejemplo, la incidencia de malformaciones letales en los alevinos u otros efectos a largo plazo. Por lo tanto, se puede obtener una medida más adecuada de la toxicidad del H_2S a partir de la incubación de huevos a distintas concentraciones del H_2S y la determinación, en el momento de la eclosión del porcentaje de alevinos con malformaciones (Tabla 11).

En general, los alevinos tempranos, recién eclosionados, constituyen el estadío más sensible al H_2S . Por esa razón, se consideran los mejores indicadores para la determinación de niveles adecuados de H_2S , en experien-

cias a corto plazo (20).

Ciertos factores ambientales tales como la temperatura y concentración de O_2 disuelto, pueden afectar los resultados. La toxicidad del H_2S parecería aumentar con el incremento de la temperatura. Por ejemplo, para la especie *Carassius auratus* existe una relación logarítmica entre la temperatura y los valores de (LT_{50-96h}) (19). Algunos investigadores sostienen que una disminución en la concentración de O_2 disuelto agravaría los efectos tóxicos del H_2S , ya que un bajo contenido de O_2 ejerce efectos perjudiciales directos independientemente de la presencia del contaminante, a la vez que aumenta su toxicidad (20).

Los estudios realizados confirman la extrema toxicidad de concentraciones relativamente bajas de H_2S en los organismos acuáticos. Adelman y Smith han estimado que niveles de H_2S en agua inferiores a $1,4 \times 10^{-2}$ - $1,8 \times 10^{-2}$ ppm para los huevos e inferiores a 4×10^{-3} - 6×10^{-3} ppm para los alevinos de *Esox lucius* pueden ser tolerados sin provocar efectos perjudiciales (17). Smith y Oseid han establecido que niveles en agua que excedan los $2,8 \times 10^{-2}$ ppm de H_2S podrían inhibir el mantenimiento de poblaciones de peces afectando principalmente la supervivencia de huevos y alevinos (22).

4.3.1.2. Transporte y difusión de contaminantes

No existe una única teoría que describa los procesos de transporte y difusión de contaminantes en cursos de agua. Sin embargo, un método frecuentemente utilizado en la estimación de la concentración de contaminantes descargados continuamente en ríos se basa en el uso de la siguiente ecuación de conservación de la masa (23).

$$C_o Q_o + C_i Q_i = C_f Q_f \quad \{5\}$$

donde:

C_o es la concentración de "fondo" de contaminante en el río.

C_i es la concentración del contaminante en el efluente.

TABLA 10

Límites de tolerancia media (LT_{50}) a) H_2S para distintas especies de peces (expresados en ppm de H_2S)

Especie	Estadio	Temperatura (°C)	O ₂ disuelto (ppm)	LT-72 h (ppm)	LT-96 h (ppm)
<u>Salmo gairdneri</u> (trucha arco iris)	Huevo (24)	15	6,0	0,055	0,049
	Alevino (22)		6,0	0,020	
<u>Lepomis macrochirus</u> ("bluegill")	Adulto (22)				0,020- 0,030
	Juvenil (22)				0,025- 0,032
<u>Stizostedion vitreum</u> ("walleye")	Huevo (24)	12	6,0	0,060	0,052
	Alevino (22)		6,0	0,017	0,007
	Juvenil (22)				0,018 - 0,020
<u>Esox lucius</u> (lucio)	Huevo (24)	13 13	2,0 6,0	0,038 0,041	0,034 0,037
	Alevino (22)		2,0 6,0	0,012 0,030	0,009 0,026

TABLA 11

Porcentaje de alevinos con malformaciones por incubación de huevos de Stizostedion vitreum a distintas concentraciones de H_2S y O_2

TIEMPO DE INCUBACION (días)	T (°C)	O_2 (ppm)	H_2S (ppm)	% alevinos con malformaciones
20	12	3	0	0,5
20	12	3	0,013	1,2
20	12	3	0,025	1,6
20	12	3	0,039	23,4
20	12	3	0,049	36,2
20	12	3	0,062	20,7

C_f es la concentración del contaminante a una distancia mayor que la longitud de mezcla.

Q_o es el caudal del río antes de la inyección.

Q_i es el caudal del efluente.

Q_f es el caudal final del río.

Considerando $C_o = 0$, es posible describir la ecuación {5} de la siguiente forma:

$$C_f = \frac{C_i \cdot Q_i}{Q_o + Q_i} \quad \{6\}$$

Por otra parte, la longitud de mezcla de un curso de agua es definida como la distancia mínima al punto de inyección a partir de la cual el contaminante se mezcla uniformemente con el fluido. Existen diferentes ecuaciones para estimar el valor de la longitud de mezcla (23). Suponiendo que los coeficientes de difusión longitudinal y transversal son iguales y que la dispersión de contaminantes se adapta a una distribución gaussiana, la longitud de mezcla puede ser calculada por la siguiente expresión (23):

$$L = a \cdot Q^{1/3}$$

donde:

L = longitud de mezcla (m)

a = coeficiente igual a 50 para una inyección en la mitad del curso de agua y 200 cuando se descarga cerca de la orilla.

Q = caudal del río (m^3/s)

De acuerdo con la información proporcionada se considera que la Planta inyectará una solución de 1 ppm de H_2S en agua, que se descarga con un caudal continuo de $0,5 m^3/s$ a las aguas del Río Limay.

Para la estimación de las concentraciones de H_2S en agua del río se adoptó la siguiente hipótesis: el H_2S persiste en la solución acuosa sin experimentar reacciones químicas. Esta suposición tiende a obtener concentraciones sobre estimadas de H_2S en agua respecto de las reales. Los valores de las concentraciones de H_2S en agua y de la longitud de mezcla para las características del

Río Limay calculados a partir de las expresiones {5} y {6} se incluyen en la Tabla 12.

TABLA 12

Caudal (7) (M /s)	Longitud de mezcla (m)	Concentraciones de H ₂ S en agua (ppm)
Máximo medio diario: 1115	2060	4×10^{-4}
Mínimo medio diario: 23	570	8×10^{-6}
Medio anual: 282	1320	1×10^{-4}
Módulo: 760	1820	3×10^{-4}

4.3.1.3. Conclusiones

Teniendo en cuenta que la población urbana más próxima a la zona del emplazamiento (Senillosa) está distante 18 km aguas abajo del Río Limay y que el H₂S en agua se transforma rápidamente como resultado de diferentes reacciones como se describió anteriormente, se puede considerar que la calidad de las aguas para consumo en esa localidad no sería afectada por la descarga de H₂S.

Debido a que los límites de tolerancia media (LT₅₀) para peces e invertebrados acuáticos son comparables, concentraciones inferiores a 2×10^{-2} ppm asegurarían la protección de ambos. De la comparación de dicho valor con las concentraciones estimadas, se desprende que la contaminación de H₂S originada por el funcionamiento de la Planta de Agua Pesada no ejercerá efectos perjudiciales sobre la biota acuática del Río Limay en la zona de Arroyito.

4.3.2. Contaminación térmica

Para la refrigeración de componentes de un proceso industrial se utilizan generalmente cursos de agua o torres de enfriamiento. La inyección de calor procedente de plantas industriales, se transmite y distribuye en los cursos de agua y los diversos mecanismos de transporte transfieren la energía calórica a la atmósfera o la introducen directamente al aire.

Para su refrigeración la Planta de Agua Pesada utilizará las aguas del Río Limay. La inyección de energía calórica al curso de agua podría producir modificaciones de algunas de sus propiedades físico-químicas y alteraciones en los organismos vivos.

4.3.2.1. Efectos sobre la biota acuática

La "contaminación térmica" resultante de la operación normal de la Planta podría afectar la viabilidad y el mantenimiento de la biota acuática.

Con el objeto de establecer un criterio de protección se dará prioridad a los requerimientos de los peces de interés para la pesca comercial, tales como la trucha criolla autóctona (*Percichthys sp.*) y fundamentalmente los salmónidos introducidos.

En vista de un proyecto de construcción de un dique en Arroyito y de la futura formación de un embalse en dicha zona, no se descarta la posibilidad de que pueda mantenerse allí, en el futuro, una reserva de salmónidos mediante la siembra artificial, practicada desde hace años en la cuenca.

Los salmónidos requieren aguas relativamente frías y bien aireadas y son muy sensibles a los cambios de temperatura (los juveniles detectan variaciones de hasta 0,5°C (24)). Por lo tanto, podríamos suponer "a priori" que si las condiciones son adecuadas para su mantenimiento, también lo serán para los demás niveles tróficos.

Actualmente prosperan en la cuenca del Limay cuatro especies de salmónidos introducidos: la trucha salmonada (*Salvelinus fontinalis*), la trucha arco iris (*Salmo iridea*), el salmón encerrado (*Salmo salar sebago*) y

la trucha marrón (*Salmo fario*) (25).

Cabe señalar aquí que los valores y pautas que se fijan a continuación sólo pueden servir de guía puesto que se basan en datos bibliográficos a menudo incompletos sobre variedades, especies y aún géneros diferentes a los que prosperan actualmente en el bajo Limay.

4.3.2.1.1. Efectos letales de la temperatura

La temperatura, especialmente en la zona contigua al punto de descarga o durante el pasaje por el sistema refrigerante, puede actuar directamente como factor letal. Por lo tanto, un estudio preliminar debe incluir la determinación de los límites de tolerancia para cada temperatura de aclimatación y para las especies más importantes en sus distintos estadíos (huevo, alevino, juvenil y adulto). En la Tabla 13 figuran los límites de tolerancia para algunas especies de salmónidos (26) (27) (28) (29) (30) (31).

Sin embargo, la información que permite una aplicación más directa frente a situaciones concretas, es la que brindan los modelos de resistencia térmica, ejemplificados en las Figuras 23, 24 y 25 (32) (33). Las rectas se obtienen representando los tiempos de resistencia media (en que se verifica la mortalidad del 50%) para cada temperatura de impacto o exposición a que es llevada la muestra, a partir de una determinada temperatura de aclimatación.

Los puntos extremos de dichas rectas (por ejemplo los puntos A y B de la Figura 23) representan las temperaturas letales incipientes, que se definen convencionalmente como aquellas que provocan la muerte de una fracción determinada (50%) de la muestra poblacional en un tiempo "indefinidamente" prolongado (generalmente se toma como 1 semana ó 48 horas) (34).

Dichos valores establecen un límite entre una zona de tolerancia y una zona de resistencia térmica. Si la temperatura (T del agua + ΔT) cae dentro de la zona de tolerancia, los organismos podrían mantenerse indefinidamente sin sufrir mortalidad por efectos directos de la temperatura. Si, en cambio, la temperatura cae dentro de la zona de resistencia,

TABLA 13

TOLERANCIA TERMICA DE ALGUNAS ESPECIES DE SALMONIDOS				
Especie o subespecie	Estado	DURACION (horas)	LIMITE SUPERIOR DE TOLERANCIA (°C)	TEMPERATURA DE ACLIMATACION (°C)
<u>Oncorhynchus gorbuscha</u>	Juvenil (29) (30) (31)	168	23,9	20
		168	22,5	10
		168	21,3	5
			24 (a)	
<u>O. keta</u>	Juvenil (30)	168	23,7	20
		168	22,6	10
		168	21,8	5
<u>O. kisutch</u> ("Coho salmon")	Juvenil (29) (30)	168	25	20
		168	23,7	10
		168	22,9	5
<u>O. nerka</u> ("Sockeye salmon")	Juvenil (30)	168	24,8	20
		168	23,4	10
		168	22,2	5
	No especificado		25 (a)	
<u>O. tshawytscha</u> ("Chinook salmon")	Juvenil (30) (32)	168	25,1	20
		168	24,3	10
		168	21,5	5
			25 (a)	
<u>Salmo gairdneri</u> (trucha arco iris)	No especificado (33) (30)		33	25
			30	15
			28	5
			24	11,5
			25 (a)	
<u>S. salar</u> (Salmón del Atlántico)	Alevino (30)	10	26	20
		48	24	20
		2	25-26	10
		12	24	10
	Murcón (30)	24	29,8	
	Salmón de 1 año (30)	24	28,5	
<u>S. trutta fario</u> (trucha marrón)	Embrión (30)		27	
	Alevino (30)	24	26	20
		168	23	20
		12	26	10
		168	23	10
		1	25	5
		130	22,5	5
	Murgón (30)	24	29,0	
	Trucha de 1 año (30)	24	25,9	
<u>S. trutta trutta</u> (trucha marrón)	Alevino (29)	7	26	20
		60	24	20
	Murgón (30)	24	29,1	
	Trucha de 1 año (30)	24	26,4	
<u>Salvelinus fontinalis</u> (trucha salmonada)	Juvenil (34)		25,3 (a)	
	No especificado (30)		25,3	11
			25	20
		24	24	10
	No especificado (30)	5 0	25,0	10
<u>S. fontinalis fontinalis</u>		9 5	24,5	10

(a) Umbral superior letal final ("ultimate lethal level")

TABLA N° 14

Temperaturas para el crecimiento desalmónidos (datos experimentales)

Especie	Temperatura de crecimiento óptimo (alimento no limitante) (°C)	Temperatura de crecimiento nulo (alimento no limitante) (°C)	Rango de temperaturas que proveen condiciones adecuadas para el crecimiento (°C)
<u>Oncorhynchus nerka</u> ("Sockeye salmon") Juvenil (43)	15	23	5-17
<u>Salvelinus fontinalis</u> (trucha de arroyo) alevino (34)	12,4-15,4		9,8-17,9
<u>S. fontinalis</u> (trucha de arroyo)	14		
<u>Salmo trutta</u> (trucha marrón) (38)	Para truchas de 2 a 3 años: 7-9 y 16-19 (*)		
	Para truchas de 3 a 4 años: 8-12 y 15-16 (*)		
	Para truchas de 1/2 a 1 1/2 años: 10-15		

(*) La disminución en el ritmo de crecimiento entre los dos rangos de temperaturas puede atribuirse a que, a pesar de que en esa zona el consumo de alimento es elevado, el pez se mantiene tan activo que una elevada proporción del alimento ingerido es utilizado para el mantenimiento de las funciones corporales, en lugar de para aumentar la biomasa. (41)

FIGURA N°23

Tiempos de resistencia media a temperaturas elevadas para el salmón del Pacífico, Oncorhynchus tshawytscha ("young chinook salmón") aclimatado a las temperaturas indicadas. (29)

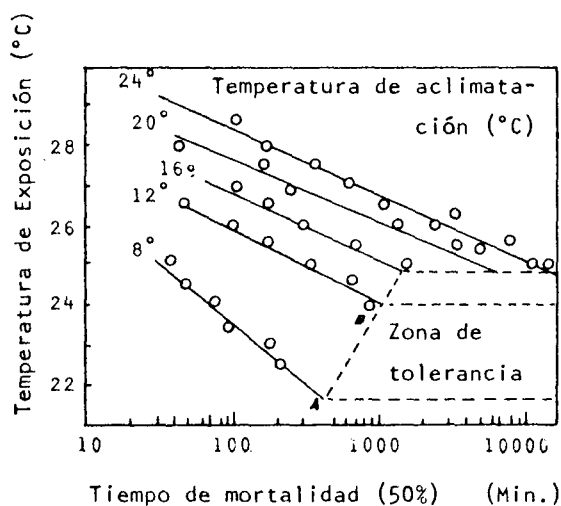
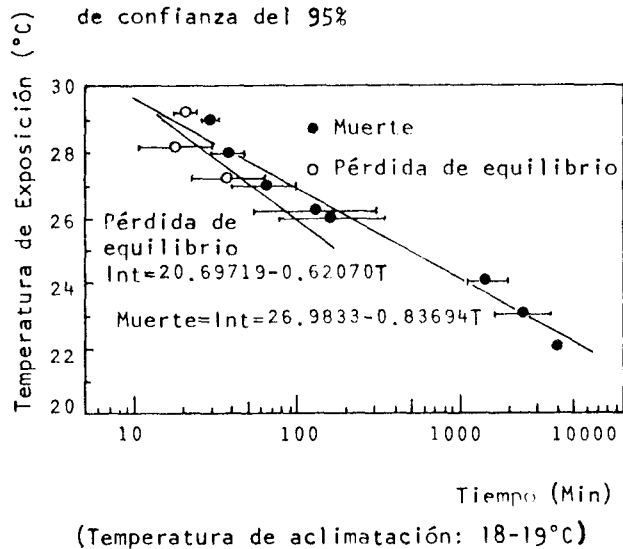


FIGURA N°24

Tiempos (media geométrica) necesarios para alcanzar la pérdida de equilibrio y muerte de adultos de trucha cabeza de acero, Salmo gairdneri gairdneri, (30). con límites de confianza del 95%



Efecto de la temperatura de aclimatación sobre el límite
letal superior de la trucha salmonada ("speckled trout"). (29)

FIGURA N°25

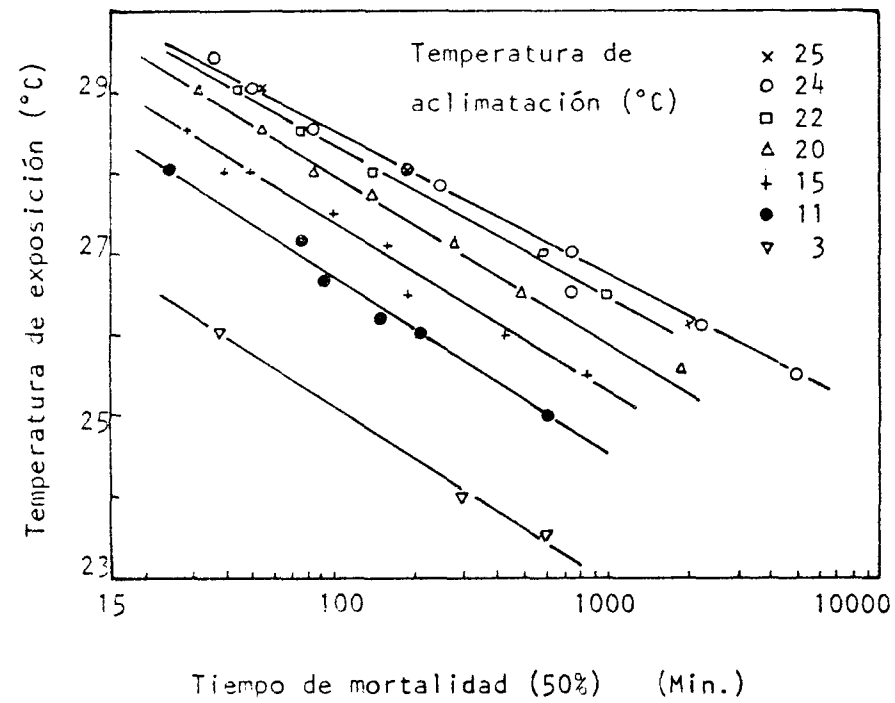
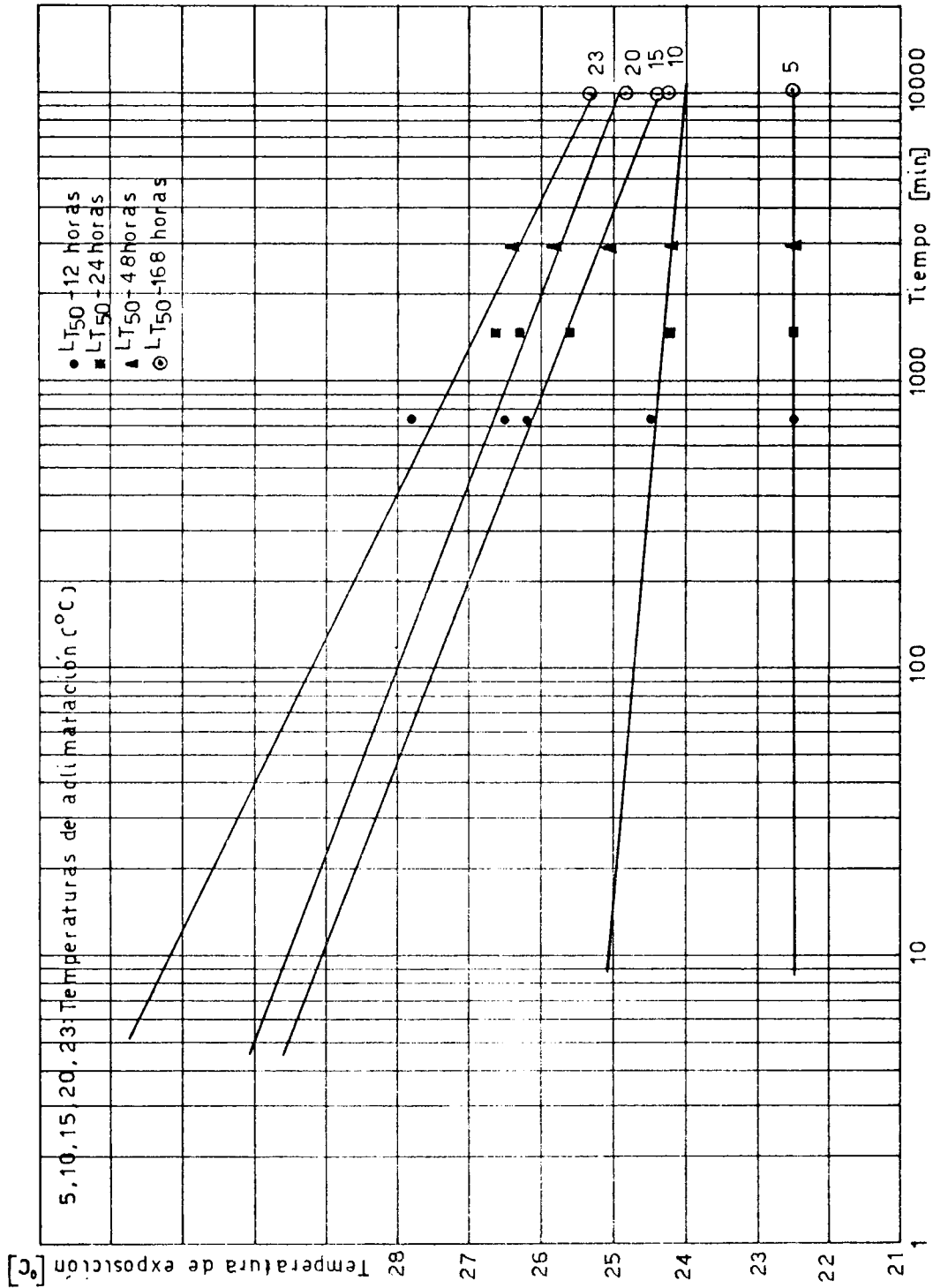


FIGURA N°26

Resistencia térmica de la trucha marrón (*Salmo trutta*) en base a los datos de L_{T50} (límite de tolerancia media) de Frost, W.E. & BROWN. M.E., 1973. (35)



se podrá esperar un cierto porcentaje de impacto o mortalidad acumulativa por pasaje a través de la "zona de mezcla" y/o a través del sistema refrigerante.

Para predecir en este último caso, a partir del modelo, si la mortalidad será significativa o no, es necesario conocer la distribución espacio-temporal de la descarga en base a las condiciones hidro-meteorológicas del curso de agua.

Comparando las isotermas alrededor del punto de descarga con las temperaturas letales, se podrá, en una primera aproximación, estimar el área con temperaturas potencialmente peligrosas para la supervivencia. Luego, conociendo el ciclo estacional de temperaturas y el salto térmico entre la toma y la descarga de agua refrigerante, y superponiendo las temperaturas letales incipientes, se podrá determinar en qué épocas del año la descarga se encuentra dentro de la zona de resistencia para cada especie.

Los modelos de resistencia térmica que permiten predicciones cuantitativas en zonas de fuertes gradientes térmicos, han sido desarrollados muy recientemente (30)(26). Gran parte de la información sobre la respuesta térmica de peces u otros organismos resulta difícil de interpretar, ya que se basa en el cálculo del LT_{50} (límite de tolerancia media o temperatura a la cual sobrevive el 50% de la muestra en un tiempo específico de exposición, generalmente de 24, 48, 96 ó 168 hs.).

En la Figura 26 se intenta obtener una aproximación a las rectas tiempo-temperatura de la Figura 23, utilizando los valores de LT_{50} para 4 períodos distintos (12, 24, 48 y 168 hs.) para la trucha marrón (35), método sugerido por Coutant (36). Es evidente que las rectas, en base a sólo 4 puntos, no permiten más que extrapolaciones muy groseras.

Los modelos descriptos son también aplicables a los efectos subletales de la temperatura, tomando como índice la pérdida de equilibrio o "estado de coma" que precede a la muerte (Figura 24) y que resulta en un alto porcentaje de mortalidad retardada, o la mayor vulnerabilidad a la predación (24) (36). Este último efecto es importante para los juveniles de peces que atraviesan aguas donde existe un marcado gradiente térmico.

Se ha demostrado así, que si los juveniles de trucha arco iris aclimatados a una temperatura de aproximadamente 15°C sufren un breve incremento igual o mayor de 7°C por pasaje a través de la zona de mezcla, tendrán una mayor probabilidad de ser predados (37). Por lo tanto, exposiciones significativamente menores a las necesarias para provocar muerte directa pueden provocarla indirectamente.

Los salmónidos tienen en general una temperatura letal incipiente final del orden de 25°C (30). Esto se deduce también de los datos presentados en la Tabla 13. Este valor se define como la temperatura por encima de la cual se produce una mortalidad del 50%, independientemente de la temperatura de aclimatación, a exposiciones prolongadas.

Sin embargo, entre las especies de salmónidos introducidos en la cuenca del Limay, la trucha arco iris es la más resistente a las temperaturas elevadas y bajo contenido de O_2 , y la que se aclimata con mayor facilidad. De allí que sea la especie que prospera con más éxito en la subcuenca del bajo Limay.

Esta especie "vive en aguas de temperaturas relativamente elevadas con tal de que sean abundantes, corrientes y sombreadas. Soporta temperaturas de 23,8 a 29,4°C" (25). "En aguas con abundante renovación, puede soportar temperaturas de 20 a 22°C, llegando momentaneamente a 24°C o más" (48). "Tolera fácilmente temperaturas mayores de 20°C. La temperatura máxima efectiva es de 30°C, siempre que el agua esté bien oxigenada, pero en ambientes naturales y para los propósitos de su difusión, la temperatura máxima media no debe subir en verano de unos 22°C" (39). Para la trucha marrón, se comprueba que, aunque puede sobrevivir breves períodos a temperaturas superiores a los 27°C, no crece exitosamente a temperaturas que exceden los 20°C. (35)

4.3.2.1.2. Efectos subletales: crecimiento y producción

Aunque la preocupación más inmediata es la supervivencia de las especies de interés, es necesario mantener temperaturas compatibles con procesos vitales tales como el crecimiento, reproducción y desarrollo. Los límites superiores para el crecimiento y alimentación son, por regla general, menores que los correspondientes límites letales.

Para garantizar el mantenimiento de una población productiva en el transcurso del tiempo, en aguas afectadas por descargas térmicas, se ha propuesto recientemente adoptar como temperatura límite superior para los meses más cálidos del año, el promedio entre las temperaturas de crecimiento óptimo y de crecimiento nulo con alimento abundante, calculadas experimentalmente (29). Límites de este tipo, basados en el desempeño fisiológico de los organismos, son aplicables fuera de la "zona de mezcla" (definida posteriormente) donde los organismos quedan expuestos a incrementos de temperatura reducidos, pero durante tiempos prolongados.

Siguiendo este enfoque, se presentan en la Tabla 14 algunos datos de temperaturas en relación con el crecimiento de distintas especies de salmónidos. (31)(35)(40)(41)

Cabe destacar aquí que estos resultados, así como los de temperaturas letales, fueron obtenidos a partir de distintos diseños experimentales, que podrían no reproducir estrictamente las condiciones ambientales naturales.

Por otra parte, los rangos de temperaturas favorables para el crecimiento dependerán, entre otros factores, de la disponibilidad de alimento en el ambiente natural, puesto que en un medio oligotrófico pueden intensificarse los efectos desfavorables de la temperatura.

4.3.2.1.3. Temperatura en relación con otros factores ambientales

La respuesta de los organismos ante el cambio de un factor ambiental tal como la temperatura, dependerá del estado de otros parámetros ambientales. De ahí que el efecto térmico deba analizarse conjuntamente con el de otros factores que actúan en forma sinérgica, por ejemplo ciertos contaminantes químicos (cloro, H_2S , anticorrosivos, etc.). En general, se cumple la premisa de que los organismos sometidos a sustancias tóxicas poseen una menor tolerancia a temperaturas extremas.

Un factor importante a considerar es el contenido de O_2 disuelto, ya que no sólo disminuye la solubilidad del O_2 con el aumento de temperatura, sino que a mayores temperaturas aumenta su consumo por los organismos.

Los salmónidos requieren aguas bien oxigenadas, de aproximadamente 9 ppm. (42). Se recomienda que para organismos de aguas frías, en ningún caso el contenido de O_2 sea menor a 7 ppm. (43).

4.3.2.2. Normas para la eliminación de efluentes térmicos

La Organización Mundial para la Alimentación y la Pesca (FAO) recomienda las siguientes temperaturas provisionales como compatibles con el bienestar de los salmónidos y su biota asociadas (44)

20°C: para el crecimiento y rutas de migración de salmónidos

13°C: para el desove y desarrollo embrionario del salmón y trucha, excepto para la trucha de lago.

9°C: para el desove y desarrollo embrionario de trucha de lago y salmón del Atlántico.

La Tabla 15 contiene una recopilación de las normas propuestas o aplicadas en los Estados Unidos para la eliminación de efluentes térmicos en cuerpos de agua poblados por peces de aguas frías, y en particular por salmónidos. (45)

Los límites que figuran en ella, los cuales están sujetos a permanente revisión, representan las máximas temperaturas permisibles en el cuerpo de agua receptor del efluente y el máximo incremento sobre la temperatura ambiente (ΔT) que puede ser producido por la descarga de efluentes térmicos originados en plantas nucleares, pero que bien pueden aplicarse a cualquier otro tipo de planta generadora de calor. Los valores registrados en la Tabla no se refieren a la diferencia de temperatura entre la toma y la descarga de agua refrigerante, como tampoco especifican a qué distancia del punto de descarga debe efectuarse la medición de temperatura para cumplir con dichas normas.

En general, se permite una "zona de mezcla" inmediata a la descarga, que se entiende como el área donde no se cumple con las normas prescritas (Tabla 11) y cuya extensión no se define con precisión, sino que suele ser delimitada para cada caso particular.

Los organismos competentes en los Estados Unidos recomiendan, sin

TABLA 15

Normas de Calidad de Agua (temperatura), de algunos estados de USA, basados en los criterios propuestos por el NTAC, Comité Nacional Técnico Asesor de la Administración Federal de Control de Contaminación de Aguas (FWPCA) (45)

Estado	Incremento máximo de temperatura (ΔT) (°C)	Temperatura máxima (°C)	Observaciones
Arizona	1,1	12,8 ó 21,1 según la época del año	Para peces de aguas frías
Indiana	El incremento máximo total en 24hs no debe superar el cambio máximo diurno.	18,3 (excepto cuando pueden ser toleradas temperaturas superiores con niveles de O_2 elevados)	
Colorado, Iowa, y Michigan		21,1	
Massachusetts y South Dakota	2,2	20,0	
New Mexico, North Carolina y Utah	1,1-1,6	21,1	
Maryland		22,2	Para truchas y salmones
Nebraska	2,7	18,3	
Oklahoma	2,7 (siempre que la temperatura máxima resultante no supere 21,1)		
Virginia		21,1	
Tennessee	5,5	20,0	
Maine	2,7	20	

embargo, que la "zona de mezcla" cumpla con ciertos requisitos mínimos, que se detallan a continuación: (45) (46) (47)

- La "zona de mezcla" no debe exceder en ningún caso la distancia de 1,6 km, tomada en cualquier dirección a partir del punto de descarga.
- En ningún punto de la "zona de mezcla" se debe superar el $LT_{50} - 96$ hs., con lo cual se cumpliría que dentro de dicha zona las condiciones no sean inmediatamente letales para la biota.
- La "zona de mezcla" no debe abarcar más del 25% del área de la sección transversal de un curso de agua. Esto se establece con el fin de permitir a los organismos un "pasaje" alrededor del área potencialmente peligrosa. (46)

Las normas presentadas, evidentemente difíciles de interpretar, y aplicar, han sido discutidas por diversos autores (45) (46) (47). Sin embargo, se tienen en cuenta aquí debido a que representan uno de los ejemplos más documentados de legislación referida al problema de descargas térmicas en el medio acuático.

Se tiende a establecer recomendaciones especiales para aquellas aguas pobladas natural o artificialmente por truchas y salmones, lo cual evidencia el interés que despierta este recurso y las mayores exigencias de los salmónidos en cuanto se refiere a las condiciones del medio ambiente.

Se aconseja además, evitar la eliminación de efluentes térmicos en la vecindad de las áreas de desove de los peces de interés y la alteración del ciclo de fluctuaciones naturales estacionales de temperatura que pueden ser importantes para desencadenar fenómenos reproductivos, migratorios, etc. Por último, se recomienda evaluar cada área y problema en el contexto de las condiciones locales.

En base a todo lo expuesto, es probable que la época crítica en cuanto a posibles efectos de la descarga térmica, se restrinja a los meses más cálidos del año, cuando las medias mensuales superan los 15°C. Un aumento moderado de la temperatura en invierno puede incluso beneficiar a los organismos, favoreciendo su crecimiento y producción.

Asimilando criterios desarrollados en otros países, se delimitan dos zonas, a las cuales generalmente se aplican normas diferentes: la "zona de mezcla" contigua a la descarga y el resto del cuerpo de agua.

La "zona de mezcla" debería comprender, y ante la falta de estudios "in-situ", de acuerdo con lo ya establecido, un área que no abarque más del 25% del área de la sección transversal del curso de agua, y que no se extienda más de aproximadamente 1,6 km en cualquier dirección a partir del punto de descarga.

El análisis de los límites de tolerancia y modelos de resistencia térmica sugiere que en los meses del año en que la temperatura del cuerpo de agua es igual o inferior a 15°C, los salmónidos, y por ende los demás peces, podrían sufrir en la "zona de mezcla" incrementos de hasta unos 10°C, sin que se produzca mortalidad significativa por efectos directos de la temperatura.

En cambio, durante los meses cálidos del año, con temperaturas cercanas a los 18-20°C, sólo serían aceptables en la "zona de mezcla" incrementos inferiores a aproximadamente 5°C. Esto no significa que un salto térmico mayor de 5°C en verano, en un sector restringido dentro de la "zona de mezcla" provoque necesariamente la muerte de los peces. Sólo implica que esos incrementos, cuando la temperatura del curso de agua se aproxima a los 20°C, podrían provocar cierto impacto que dependerá de la combinación temperatura-tiempo de exposición sufrida por los organismos.

Es conveniente además, que la temperatura de las aguas no supere en ningún punto a partir de la descarga los 28-29°C; que no se efectúe la descarga en las proximidades de áreas de desove de los organismos de interés, y por último, que se conserven las fluctuaciones estacionales de temperatura en el curso de agua.

En el cuerpo de agua receptor, fuera de la "zona de mezcla", se recomienda, de acuerdo con normas propuestas en otros países (EE.UU.), que el incremento de temperatura provocado por la descarga en cualquier época del año no supere los 2-3°C, con el fin de asegurar el mantenimiento de poblaciones productivas a largo plazo.

4.3.2.3. Transporte, dispersión y disipación

Los mecanismos de transferencia de calor en un curso de agua son complejos y en ellos se pueden diferenciar dos aspectos: un proceso de difusión de calor en el agua y un proceso de **transporte** de energía del agua al aire.

Existen diferentes métodos para describir matemáticamente el comportamiento térmico de un reservorio de agua sometido a una descarga de energía calórica (32).

Uno de los más utilizados es el que supone un decaimiento exponencial de la temperatura con la distancia en la dirección del flujo de agua. Este método puede ser enfocado por dos caminos diferentes: el método de la onda de calor y el de la temperatura natural (48).

En el primer caso se supone el movimiento de una onda de calor con el agua a partir de una fuente instantánea de energía y que la temperatura es constante en una sección transversal del río.

En el segundo método la variación de la temperatura es función de condiciones meteorológicas (radiación, viento, humedad del aire, evaporación).

Los dos métodos, con pequeñas diferencias, tienden a la siguiente ecuación:

$$T - T_o = (T_m - T_o) \exp - \left(\frac{k \cdot x}{\rho \cdot C_p \cdot V \cdot Z} \right) \quad \{8\}$$

donde:

x: es la distancia corriente abajo

T: es la temperatura del río a la distancia x

T_o: es la temperatura del río antes de la liberación de calor

T_m: es la temperatura del río en el lugar de la liberación de calor

k: es el coeficiente de intercambio

ρ: es la densidad del agua (10³ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

C_p: es el calor específico del agua (10³ $\frac{\text{cal}}{\text{kg}^\circ\text{C}}$)

Z: es la profundidad del río

V: es la velocidad del agua

Con el objeto de estimar la influencia de una descarga de energía calórica originada por una Planta de Agua Pesada en las aguas del río Limay, se consideraron dos condiciones: una estival y otra invernal.

Para esas estaciones se supusieron los siguientes valores:

TABLA 16

Estación	Coefficiente de intercambio (cal/m ³ s°C)	Calor específico del agua (cal/kg°C)	Velocidad x profundidad (m ² /s)
Verano	10	10 ³	6 x 10 ⁻²
Invierno	5	10 ³	1.2 x 10 ⁻²

En la Figura 27 se observa la variación relativa del incremento de la temperatura a diferentes distancias desde la fuente de calor para el verano y el invierno.

La "longitud de uniformidad" se define como la distancia a la cual la temperatura sólo decrece con la distancia río abajo de la fuente. Existen diferentes ecuaciones (49) para su estimación, que generalmente son aplicables a lugares específicos.

Una de las fórmulas más recomendadas para su aplicación es la siguiente:

$$L = \frac{0,13 \cdot y^2 \cdot C (0,7C + 6)}{g \cdot z} \quad \{9\}$$

donde:

- L: es la "longitud de uniformidad" (m)
- y: es el ancho del río (m)
- C: es el coeficiente de Chezy (m^{1/2}/s²)
- g: es la aceleración de la gravedad (cm/s²)
- z: es la profundidad del río (m)

Utilizando datos del Río Limay y con una hipótesis que deriva en un

Figura N°27 Variación relativa porcentual de la temperatura a diferentes distancias, de la inyección respecto de la temperatura en la descarga.

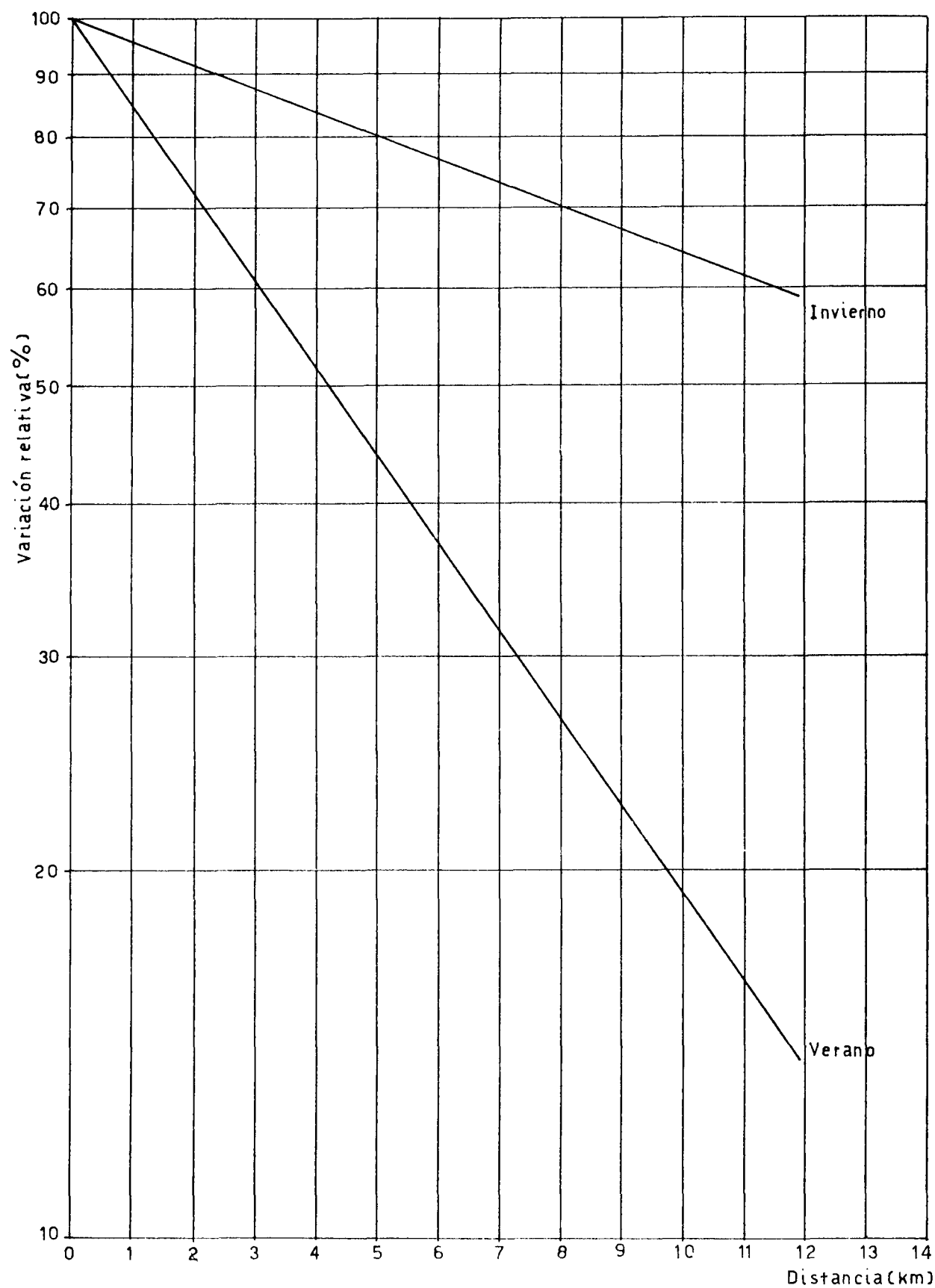
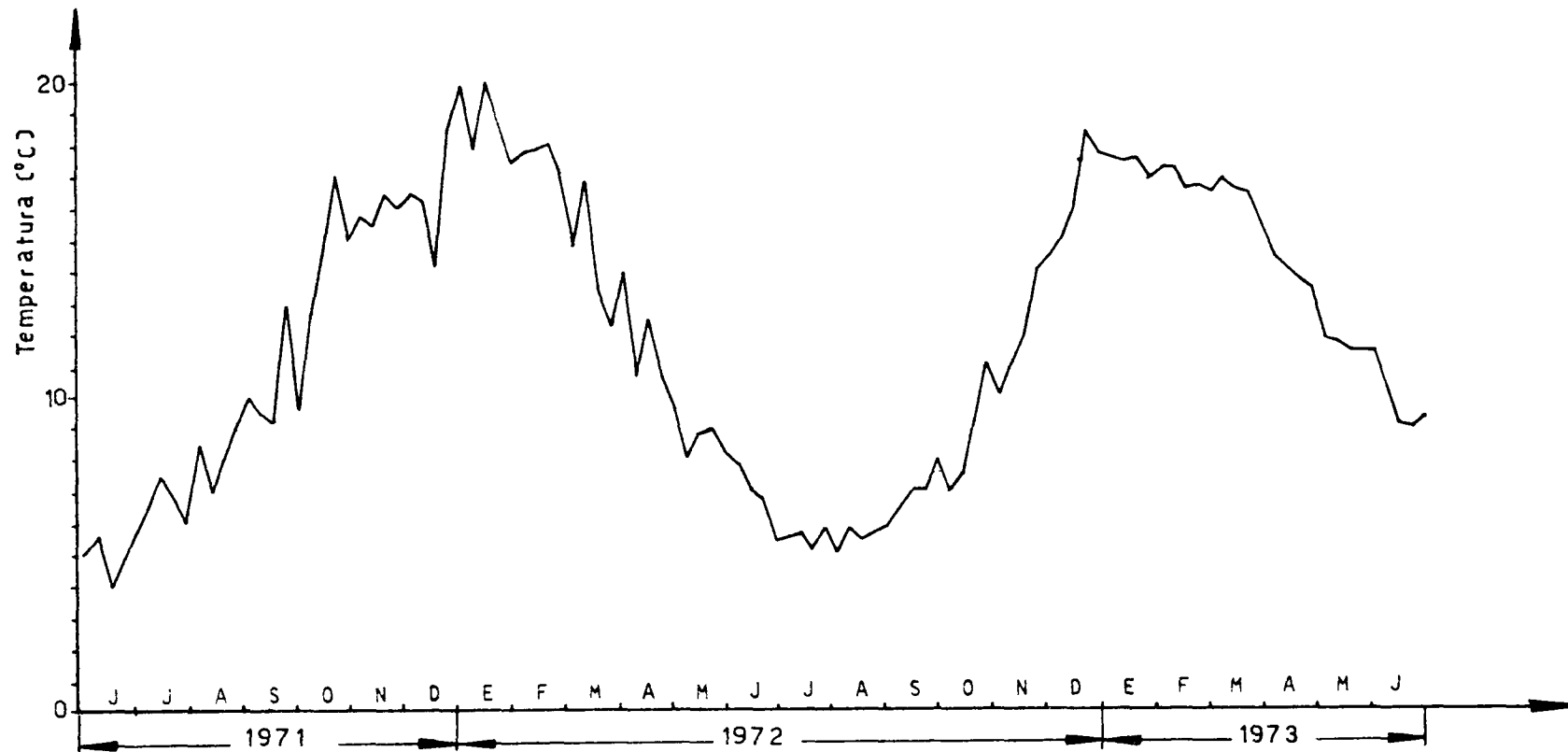


Figura N°28 VARIACION TEMPORAL DE TEMPERATURAS (Promedios semanales)
RIO LIMAY (CHOCON) PERIODO 1971=1973



Temperatura máxima absoluta: 21,5°C (8-1-72, 24-1-72)
Temperatura mínima absoluta: 3,5°C (22/24-6-71)

coeficiente de Chezy $= 30 \text{ m}^{1/2}/\text{s}^2$ se obtiene una "longitud de uniformidad" igual a 1.000 m.

La Figura 28 incluye el gráfico de una serie temporal de temperaturas del río Limay observadas a la altura de El Chocón para el período 1971-1973 en superficie. La temperatura máxima fue de $21,5^\circ\text{C}$ y la mínima de $3,5^\circ\text{C}$. En el gráfico se observa la variación estacional de la temperatura de este curso de agua. Esa información no representa las fluctuaciones térmicas del agua del río Limay cerca de Arroyito y por otro lado sufriría modificación de concretarse el Embalse Arroyito.

4.3.2.4. Conclusiones

De lo expuesto se infiere que las condiciones de dilución térmica del río Limay varían con la estación del año. La distribución de temperaturas en el sentido de la corriente indica que la transferencia de calor en el cuerpo de agua es mayor en verano que en invierno.

Por otra parte, existe mayor probabilidad de que la descarga térmica cree condiciones adversas para los organismos en verano, cuando las temperaturas naturales están más próximas a los límites de tolerancia térmica de las distintas especies.

En base a la extensión máxima propuesta para la "zona de mezcla" y a la Figura 27, se deduce que un $\Delta T \leq 4^\circ\text{C}$ entre la toma y descarga en superficie del agua refrigerante cumpliría con las normas propuestas durante el verano. Este ΔT podría incrementarse mediante soluciones técnicas, por ejemplo, la toma de agua en profundidad y su descarga en superficie. Este límite, que puede considerarse conservador, se basa en una serie de consideraciones hipotéticas y parámetros extrapolados que han sido mencionados oportunamente.

VII.5. EVALUACION DE HIPOTESIS ACCIDENTALES

- 5.1. GENERALIDADES
- 5.2. EXPOSICION DE REFERENCIA
- 5.3. CONSIDERACION DE UN HIPOTETICO
EVENTO ACCIDENTAL
- 5.4. CONCLUSIONES

5.1. GENERALIDADES

El análisis de las situaciones accidentales de una planta industrial debe demostrar que las Exposiciones (Concentración de un contaminante en el aire integrada en el tiempo) que resultarían de hipotéticos accidentes sean menores que las "Exposiciones de Referencia" (E.R.). Las mismas deberán ser seleccionadas de modo tal que la acción de los contaminantes implique por lo menos el mismo orden de riesgos que los eventos de la vida diaria de la población de la región considerada.

Por otra parte, el riesgo real asociado a un accidente en una instalación industrial es el producto de la probabilidad del accidente considerado por el riesgo de la exposición resultante. Aun cuando es imposible estimar la probabilidad de ocurrencia de estos accidentes, la experiencia demuestra que esta probabilidad en plantas de agua pesada es pequeña.

De esta forma, se desprende que en los casos en que las exposiciones resultantes del accidente sean inferiores a las E.R., el riesgo real es totalmente despreciable y que el emplazamiento, desde el punto de vista de la protección de la salud de la población, debe considerarse aceptable.

Cuando las exposiciones resultantes de la hipótesis accidental superen las E.R., se puede mantener el mismo nivel que el riesgo real si el diseño, las pruebas de sus componentes y los procedimientos de operación de la industria aseguran una baja probabilidad de ocurrencia del accidente.

Dos métodos pueden ser utilizados en el análisis de situaciones accidentales:

- Considerando hipótesis accidentales realistas, consistentes en la suposición de una liberación de contaminantes a la atmósfera, estimando las exposiciones resultantes y comparando estas con la E.R.
- Estimando la emisión accidental máxima permisible mediante la delimitación de un área de protección (dentro de la cual existe el riesgo de sobrepasar la E.R.) con población escasa, y fuera de este área, con población protegida de los efectos causados por los contaminantes.

El primer método sólo puede ser aplicado conociendo detalles del diseño, especificaciones de los componentes y aspectos de la seguridad de la instalación industrial (ver Anexo VIII).

Para la aplicación del segundo método es preciso el establecimiento de la "Exposición de Referencia", la delimitación de una zona tal que dentro de ella la población sea muy reducida y en su exterior la exposición resultante sea inferior a la E.R., la suposición de condiciones meteorológicas "desfavorables" y la estimación de la emisión instantánea máxima permisible como representativa de un accidente. De esto se desprende que el diseño y proyecto de la Planta Industrial deberán contemplar las medidas necesarias para asegurar que el máximo accidente permisible no producirá consecuencias en la salud de la población.

5.2. EXPOSICION DE REFERENCIA

Aun cuando no se cuenta con antecedentes de establecimiento de E.R. respecto de plantas de agua pesada, en base al mecanismo de producción de una instalación de esa especie funcionando por el proceso ácido sulfhídrico-agua, se podría asegurar que en un caso accidental se produciría una inyección de H_2S a la atmósfera.

Un accidente representativo de una refinería de petróleo en Poza Rica, México, que emitió H_2S y otros contaminantes al aire, causó consecuencias graves. (50)

Distintas concentraciones de H_2S en aire, mantenidas durante períodos de tiempo variables, causan efectos diferentes en la salud del hombre. En la Tabla 17 se muestra que para concentraciones de H_2S en aire comprendidas entre 50 y 100 ppm, durante intervalos de tiempo menores que 30 minutos, no existen signos clínicos detectables. Por lo tanto, es posible establecer como la E.R. para el H_2S en aire:

$$1,26 \times 10^8 \frac{\mu g \cdot s}{m^3}$$

TABLA 17

TOXICIDAD DEL ACIDO SULFHDIRICO EN EL HOMBRE 50

Concentración H_2S		0-2 min.	2-15 min.	15-30 min.	30 min.-1 hora	1-4 horas	4-8 horas	8-48 horas
ppm	%							
50	0,005				Leve conjuntivitis			
100	0,010				Irritación del tracto respiratorio			
100	0,010		Acceso de tos. Irritación de ojos. Pérdida del sentido del olfato.	Respiración alterada. Dolor en ojos. Insomnio.	Irritación de garganta.	Descarga de mucosa y saliva, agudo dolor en ojos. Accesos de tos.	Se incrementan los síntomas.	Hemorragia y muerte
150	0,015							
150	0,015		Pérdida del sentido del olfato	Irritación de ojos y garganta.	Irritación de ojos y garganta.	Dificultad de respiración. Visión borrosa.	Serios efectos de irritación.	Hemorragia y muerte.
200	0,020							
250	0,025		Irritación de ojos. Pérdida del sentido del olfato.	Irritación de ojos.	Dolorosa secreción de lágrimas. Cansancio.	Catarro nasal. Dolor en ojos. Dificultad de respiración.	Hemorragia y muerte.	
350	0,035							
350	0,035		Irritación de ojos. Pérdida del sentido del olfato.	Irritación de ojos.	Incremento de irritación de ojos y tracto nasal. Dolor sordo de cabeza. Cansancio.	Desvanecimiento. Debilidad. Incremento de irritación. Muerte.	Muerte.	
450	0,045							
500	0,050	Acceso de tos. Colapso. Pérdida de conocimiento.	Disturbios respiratorios. Irritación de ojos. Colapso.	Seria irritación de ojos. Palpitación de corazón. Pocos casos de muerte.	Severo dolor en ojos y cabeza. Desvanecimiento. Temblor de extremidades. Gran debilidad y muerte			
600	0,060							
600	0,060	Colapso. Pérdida del conocimiento. Muerte.	Colapso. Pérdida del conocimiento. Muerte.					
700	0,070							
800	0,080							
1000	0,10							
1500	0,15							

5.3. CONSIDERACION DE UN HIPOTETICO EVENTO ACCIDENTAL

La distribución de la población alrededor de la zona del futuro emplazamiento de la Planta de Agua Pesada se incluye en la Figura 22. La población urbana más cercana a la ubicación propuesta es Senillosa con 1.077 habitantes, distante 18 km del lugar. De esta forma, se puede establecer un área de protección alrededor del emplazamiento de 18 km de radio, tal que fuera de ella las exposiciones resultantes del eventual accidente no sean superiores a las E.R. ($1,26 \times 10^8 \frac{\mu\text{g s}}{\text{m}^3}$ de H_2S en aire)

Mediante la aplicación de un modelo físico-matemático que describa los procesos de transporte y dispersión de contaminantes en la atmósfera (15), cuya explicación se expuso en el inciso 4.2., se estimó la magnitud de la emisión de H_2S tal que las exposiciones resultantes a 18 km de distancia no superen la E.R. En esta estimación se consideraron las condiciones de estabilidad atmosférica y una velocidad del viento de 1 m/s.

A partir de esta estimación resulta que la emisión instantánea máxima permisible de H_2S a la atmósfera para un accidente es de 10 toneladas. Con la hipótesis de esa liberación de H_2S y con las mismas suposiciones atmosféricas, se estimaron las exposiciones resultantes a diferentes distancias de la emisión. Estas concentraciones integradas están representadas en la Figura 29. En la misma se indica la E.R. considerada.

El valor estimado de la emisión máxima permisible para un eventual accidente es lo suficientemente conservador debido a que habría que incluir en las consideraciones la probabilidad de ocurrencia de la dirección del viento hacia Senillosa, indicada en la Figura 13 (13%) y la probabilidad no conocida de ocurrencia de las condiciones atmosféricas utilizadas.

De acuerdo a lo mostrado en la Figura 29, se desprende que ninguna población urbana cercana a la instalación podría recibir exposiciones superiores a la E.R. En cambio, los pobladores aislados comprendidos dentro de un radio de 18 km del emplazamiento propuesto, podrían estar expuestos a exposiciones superiores a las E.R. Sin embargo, el riesgo real de estos pobladores se reduce a partir de la baja probabilidad del accidente y de contramedidas por evacuación o por la administración de específicos. Es necesario

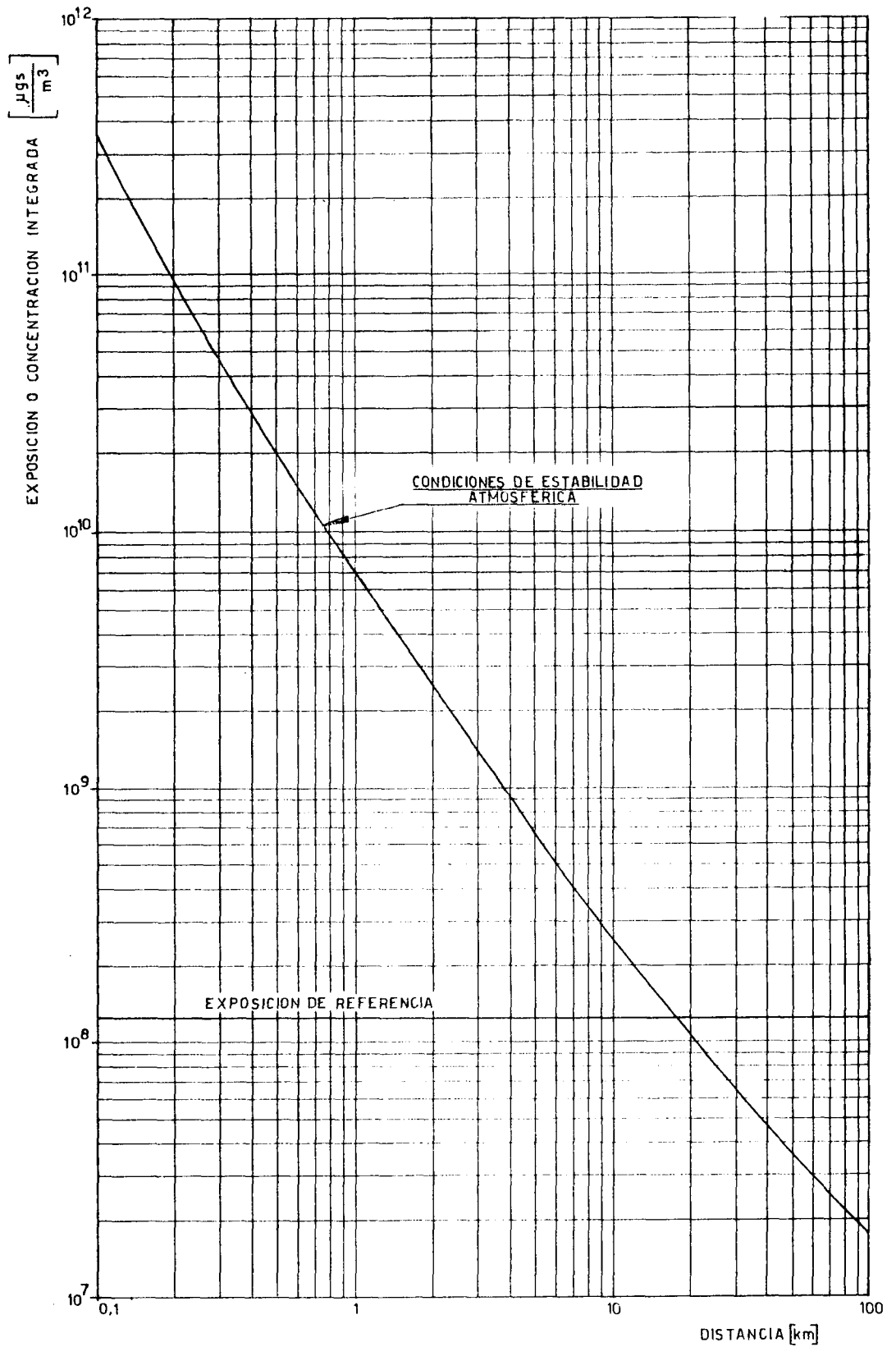
puntualizar que al planificarse contramedidas como las mencionadas, debería realizarse un balance entre el riesgo por contaminación evitado al público y el riesgo inherente a la misma contramedida. Por lo tanto, las contramedidas deberán ser estudiadas detalladamente para cada caso en particular.

5.4. CONCLUSIONES

El análisis de una hipótesis accidental de la Planta de Agua Pesada indica que las diferentes características de ingeniería deberán garantizar que un accidente no libere a la atmósfera una cantidad superior a 10 toneladas de H_2S . De esta manera se asegurará que fuera de un área de radio igual a 18 km alrededor de la planta, las exposiciones resultantes de un eventual accidente no superen la "Exposición de Referencia"

FIGURA N°29

EXPOSICIONES(concentración integrada de H_2S en aire)RESULTANTE DEL
ACCIDENTE A DISTINTAS DISTANCIAS DE LA INSTALACION.



VII.6 CONCLUSIONES FINALES

De los análisis y evaluaciones precedentes surge que, desde el punto de vista de la protección ambiental, la zona del Río Limay es la más recomendable para el emplazamiento de una Planta de Agua Pesada, frente a las demás consideradas (Paraná, Rosario, Atucha, Ensenada y Río Neuquén).

Por otra parte en cuanto a la proposición de la instalación en Arroyito (zona del Río Limay), se extraen las siguientes conclusiones:

- Durante el funcionamiento normal de la planta la contaminación ambiental de origen químico provocada por la misma se mantendrá por debajo de los "límites operativos" seleccionados.
- Un adecuado diseño de ingeniería de proyecto deberá garantizar que la descarga térmica cumpla con los requerimientos propuestos.
- La consideración de un hipotético accidente dio como resultado que si las condiciones de ingeniería de la Planta garantizan una liberación instantánea de 10 toneladas de H_2S al aire, las exposiciones resultantes se mantendrán por debajo de los valores de Referencia considerados.

VII.7. RECOMENDACIONES

Los estudios e investigaciones que se recomiendan a continuación para ser efectuados previamente a la puesta en funcionamiento de la Planta, servirán para evaluar las hipótesis incluidas en este trabajo y planificar el control del medio:

- a) Estudio de la meteorología local con el objeto de conocer la clima tología de la dispersión atmosférica.
- b) Selección del método más adecuado para el muestreo y análisis de con taminantes emitidos al ambiente.
- c) Determinación de las concentraciones de contaminantes en el ambiente antes de la puesta en marcha de la Planta, con el objeto de determinar la contaminación de "fondo" en la zona.
- d) Estudio de la cinética de transformación del H_2S en las aguas del Río Limay.
- e) Estudio limnológico de la subcuenca del bajo Limay, estudio de los efectos de los contaminantes y requerimientos térmicos para las espe cies autóctonas.
- f) Análisis de modelos de transporte, dispersión y disipación de energía calórica en cursos de agua. Aplicación de un modelo adaptado a la situación local.
- g) Planificación del monitoreo ambiental de los contaminantes emitidos durante el funcionamiento de la Planta, en base a la información obtenida de los puntos anteriores.

VII.8 BIBLIOGRAFIA

- 1) CNEA. Estudio de Preinversión - Central Nuclear para la zona del Gran Buenos Aires - Litoral (1965)
- 2) CNEA. Estudio de Preinversión - Central Nuclear para la Provincia de Córdoba (1968)
- 3) Mazzeo, N. y Nicolini, M. Eficiencia de la dispersión atmosférica en la zona de La Plata (Prov. de Bs. As.) Congreso Nacional de Contaminación Ambiental - Rosario (1973)
- 4) Mazzeo, N. y Nicolini, M. Estudio Preliminar de la Contaminación potencial de la atmósfera en la zona de La Plata (Prov. de Bs. As.) IV Congreso Argentino de Saneamiento - Tucumán (Mayo 1974)
- 5) Mazzeo, N., Nicolini M., Moledo L. y Muller C. Estimación en gran escala de la capacidad de dispersión vertical atmosférica en la Republica Argentina - III Congreso Mundial del Aire Limpio - Dusseldorf (Alemania) (Octubre 1973)
- 6) Servicio Meteorológico Nacional - Estadísticas Meteorológicas 1951 - 1960. Publicación B, N°6 (1969)
- 7) Agua y Energía Eléctrica - Resumen de la estadística hidrológica hasta 1962. (1966)
- 8) INDEC. Censo Nacional de población, familias y viviendas 1970 (1973)
- 9) INDEC. Censo Nacional económico - industria 1963 (1966)
- 10) Secretaría de Estado de Recursos Naturales y Ambiente Humano - Plan de estudio de la contaminación ambiental en el eje fluvial. Rosario-La Plata. Plan Trienal 1973-76
- 11) EPA. "The Health Basis for the Ambient Primary Air Quality Standards for Sulfur Oxides" - Draft (1973)
- 12) NAPCA "Air Quality Criteria for Sulfur Oxides". Publ. N°AP-50 (1969)
- 13) EPA "Effects of Sulfur Oxide in the Atmosphere on Vegetation". "Revised Chapter 5 for Air Quality Criteria for Sulfur Oxides". EPA - R3 - 73 - 030. (1973)
- 14) Mazzeo, N.: Inserción de un modelo de calidad de aire en el control de la contaminación atmosférica. (1° Congreso Latinoamericano de Meteorología. Bs. As. Dic. (1974)

- 15) Pasquill F. "Atmospheric Diffusion". Ed. Van Nostrand (1962)
- 16) USAEC "Meteorology and Atomic Energy". TID-24190 (1968)
- 17) Adelman, I.R. y Smith, L.L., Jr.: "Effect of Hydrogen sulfide on Northern Pike Eggs and Sac Fry". Trans. Am. Fish. Soc. 99:501-509. (1970)
- 18) Bonn, E.W. y Follis, B.J.: "Effects of Hydrogen Sulfide on Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*". Trans. Am. Fish. Soc. 96; 31-36 (1967)
- 19) Adelman, I.R. y Smith, L.L., Jr.: "Toxicity of Hydrogen Sulfide to Goldfish (*Carassius auratus*) as influenced by Temperature, Oxygen, and Bioassay. Techniques". J. Fish. Res. Bd. Canadá 29:1309-17 (1972)
- 20) Smith, L.L., Jr. y Oseid, D.M.: "Toxic Effects of Hydrogen Sulfide to Juvenile Fish and Fish Eggs". Proc. Ind. Waste Conf., Purdue Univ.: 739-744. (1971)
- 21) Oseid, D.M. y Smith, L.L., Jr.: "Factors Influencing Acute Toxicity Estimates of Hydrogen Sulfide to Freshwater Invertebrates". Water Res. 8: 739-746 (1974)
- 22) Smith, L.L., Jr. y Oseid, D.M.: "Effects of Hydrogen Sulfide on Fish Eggs and Fry". Water Res. 6: 711-720 (1972)
- 23) IAEA. Clayton, C.G. y Smith D.B.: "A Comparison of Radioisotope Methods for River Flow Measurement". STI/PUB/71 (1963)
- 24) Becker, C.D., Coutant, C.C. y Prentice, E.F.: "Effects of Effluent Discharges on Juvenile Salmonids". BNWL-1550. Vol. 1. Pt. 2. UC-48: 13-16 (1971)
- 25) Fuster de Plaza, M.L.: "Reconocimiento y determinación de las especies de salmones introducidos en el parque Nacional Nahuel Huapi". Publ. Misc. Minist. Agric. y Ganad. 336 (1950)
- 26) "Biological Aspects of Thermal Pollution". Ed. Krenkel, P.A. y Parker, F.L. Vanderbilt Univ. Press. (1969)
- 27) "Environmental Biology". Ed. Altman, P.L. y Dittmer, D.S. Federation of American Societies for Experimental Biology (1966)
- 28) Brett, J.R.: "Thermal Requirements of Fish-Three Decades of Study, 1940-1970". Biological Problems in Water Pollution. Trans. 1959 Seminar, R. A. Taft Sanit. Eng. Center. Rep. N° W 60-3 (1960)

- 29) Coutant, C.C.: "Physiological Considerations of Future Thermal Additions for Aquatic Life". CONF-740944-1 (1974)
- 30) Fry, F.E.J.,: "Responses of Vertebrate Poikilotherms to Temperature". Cap. 11 en "Thermobiology". Ed. Rose A.H. Academic Press (1967)
- 31) Mc. Cormick, J.H., Hokanson, K.E.F. y Jones, B.R.: "Effects of Temperature on Growth and Survival of Young Brook Trout, *Salvelinus fontinalis*". Journal Fish. Res. Bd. of Canada 29(8); 1107-1112 (1972)
- 32) IAEA. "Thermal Discharges at Nuclear Power Stations - Their Management and Environmental Impacts". Tech. Rep. Series No. 155 (1974)
- 33) Templeton, W.L. y Coutant, C.C.: "Studies on the Biological Effects of Thermal Discharges from Nuclear Reactors to the Columbia River at Hanford". IAEA-SM-146/33: 591-614 (1971)
- 34) Coutant, C.C.: "Responses of Salmonid Fishes to Acute Thermal Shock". BNWL-1050. pt. 2: 19-26 (1971)
- 35) Frost, W.E. y Brown, M.E.: "The Trout". Ed. Gilmour, J.; Huxley, J.; Davies, M. y Mellanby, K. Great Britain (1973)
- 36) Coutant, C.C.,: "Effects on Organisms of Entrainment in Cooling Water: Steps Toward Predictability". Nuclear Safety 12 (6) (1971)
- 37) Schneider, M.S.: "Vulnerability of Juvenile Salmonids to Predation Following Thermal Shock". BNWL-1550 Vol. 1 pt. 2. UC-48: 16-17 (1971)
- 38) Huet, M.: "Tratado de Piscicultura". Ed. Mundi-Prensa. 728p. (1973)
- 39) Ringuelet, R.A.; Aramburu, R.H. y Alonso de Aramburu, A.: "Los peces argentinos de agua dulce". Com. de Investigación Científica. La Plata (1967)
- 40) Brett, J.R.; Shelbourn, J.E. y Shoop, C.T.: "Growth Rate and Body Composition of Fingerling Sockeye Salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to Temperature and Ration Size". J. Fish Res. Bd. of Canada 26 (9): 2363-93 (1969)
- 41) Clark, J.R.: "Thermal Pollution and Aquatic Life". Scientific American 220 (3). (1969)
- 42) Ghittino, P.: "Piscicoltura e Ittiopatologia". Edizione Rivista di Zootecnia: 43-44 (1969)

- 43) Liebmann, H.: "The Thermal Pollution Capacity of Surface Waters by Discharge of Cooling Water from Nuclear Reactors". AED-CONF-71-100-41. Germany (1971)
- 44) Parker, F.L.: "Thermal Discharges from Power Stations". Atomic Energy Review 11(4): 801-816. (1973)
- 45) USAEC. "Thermal Effects and U.S. Nuclear Power Stations". (1971)
- 46) Mount, D.I.: "Thermal Standards in the United States of América". IAEA SM-146/15: 195-199 (1971)
- 47) Nakatani, R.E.; Miller, D. y Tokar, J.V.: "Thermal Effects and Nuclear Power Stations in the U.S.A.: IAEA-SM-146/30: 561-573 (1971)
- 48) Sweers H.E.: "Two Methods of Measuring the Heat Dissipation of Discharged Cooling Water: A Phenomenological Approach". IAEA STI/Pub/378 - (1975)
- 49) Parker, F.L. "Thermal Discharges from Power Stations". Atomic Energy Review 11 (4) (1973)
- 50) McCabe, L.C. y Clayton, G.D.: "Air Pollution by Hydrogen Sulfide in Poza Rica, México". Arch. of Ind. Hygiene and Occupational Medicine. 6(3): 199-213. (1952)
- 51) Production of Heavy Water. Savannah River and Dana Plant Technical Manual. DP-400 (1959).

ANEXO VIII

Riesgos de una planta de agua pesada

A N E X O VIII

I N D I C E

VIII.1.	GENERALIDADES	VIII-1
VIII.2.	DESCRIPCION DE LOS EFLUENTES	VIII-1
VIII.3.	MECANISMOS DE TRATAMIENTO DE CONTAMINANTES EN LOS EFLUENTES	VIII-2
VIII.4.	INDUSTRIAS QUE ELIMINAN H_2S	VIII-4
VIII.5.	CONCLUSIONES	VIII-5
VIII.6.	BIBLIOGRAFIA	VIII-6

VIII.1. GENERALIDADES

El proceso de producción de D_2O por el método H_2S/H_2O involucra una serie de riesgos derivados de la toxicidad del H_2S . Todos los desarrollos de ingeniería luego de 15 años de experiencia han logrado acotar favorablemente todo tipo de riesgos. Además el hecho de que la producción de D_2O está muy ligada a la industria nuclear, ha contribuido a reducir los riesgos ya que es una de las industrias que más ha estudiado la confiabilidad de los equipos y sistemas de seguridad, los mecanismos de polución del medio ambiente y los problemas ecológicos.

El proceso de producción no involucra condiciones rigurosas de operación, ya que las temperaturas de trabajo oscilan entre 30 y 130°C y la presión es de 22 ATA. Se deduce que las soluciones tecnológicas para esas condiciones son comunes a la industria química en general. El conocimiento debido a la experiencia de las empresas de montajes aseguran un índice de riesgos aceptable debido a posibles fallas de construcción.

VIII.2. DESCRIPCION DE LOS EFLUENTES

Sobre la base de datos obtenidos de las plantas de Port Hawkesbury, Bruce, Glace Bay y Savannah River, como así también de preofertas de Lummus y Canatom Mon Max, se pudo calcular en forma estimativa las cantidades de efluentes líquidos y gaseosos que evacúa una unidad de producción de 400 t/a.

Para esto se ha asumido que el consumo de H_2S es del 5% de la carga inicial más un 30% de eventuales. Dado que el inventario de la planta se considera de 600 t, la cantidad de H_2S para reposición será de 40 t/a. (Anexo II, inciso 2.5.4. pág. II.52.).

Un esquema simplificado del movimiento del H_2S en la planta se observa en la Figura 1.

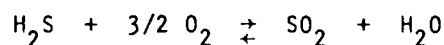
a) Efluentes líquidos

Se evacúan 1.800 t/h de agua de Proceso con una concentración de H_2S de alrededor de 1 ppm. Este caudal se arroja a un canal de aereación que se describirá más adelante.

De acuerdo a esta estimación se pierden 1,8 kg/h de H_2S o sea 15 t/a aproximadamente.

b) Efluentes gaseosos

De las 40 t/a de H_2S que gasta la planta suponemos que 25 t se queman en la chimenea antorcha. Esto equivale a 3 kg/h de H_2S que se queman totalmente según la reacción:



De esta manera se emiten 5,6 kg/h de SO_2 por la chimenea de 120 metros de alto.

VIII.3. MECANISMOS DE TRATAMIENTO DE CONTAMINANTES EN LOS EFLUENTES

Se ha tratado de lograr que los efluentes normales de las fábricas de Agua Pesada cumplan las normas sobre cantidades de contaminantes que se puedan arrojar al medio ambiente. Son entonces las situaciones accidentales las que podrían ocasionar estados de emergencia en la planta y alrededores. Algunas de las medidas que se adoptaron para minimizar los efectos en casos de accidentes son:

- 1- Adopción de un radio de seguridad en el cual no haya propiedad urbanas o rurales. En caso de que se produjera un escape de H_2S , se supone que no habrá concentraciones letales más allá del radio de seguridad a).

En Canadá y E.E.U.U. (1) se ha adoptado un radio de seguridad de 1,5 km, en prevención de escapes del orden de las 100 t de H_2S .

Ha habido casos en que la zona de seguridad de radio de 1,5 km no pudo ser lograda, como ocurre en la Planta de Glace Bay en Canadá. En los alrededores de esta planta se han colocado quemadores de propano con sistema de ignición automática que funciona cuando hay escapes importantes de gas sulfhídrico. Al encenderse estos quemadores, la masa de aire caliente formada eleva los gases tóxicos evitando altas concentraciones a nivel del suelo (ver Figura 2).

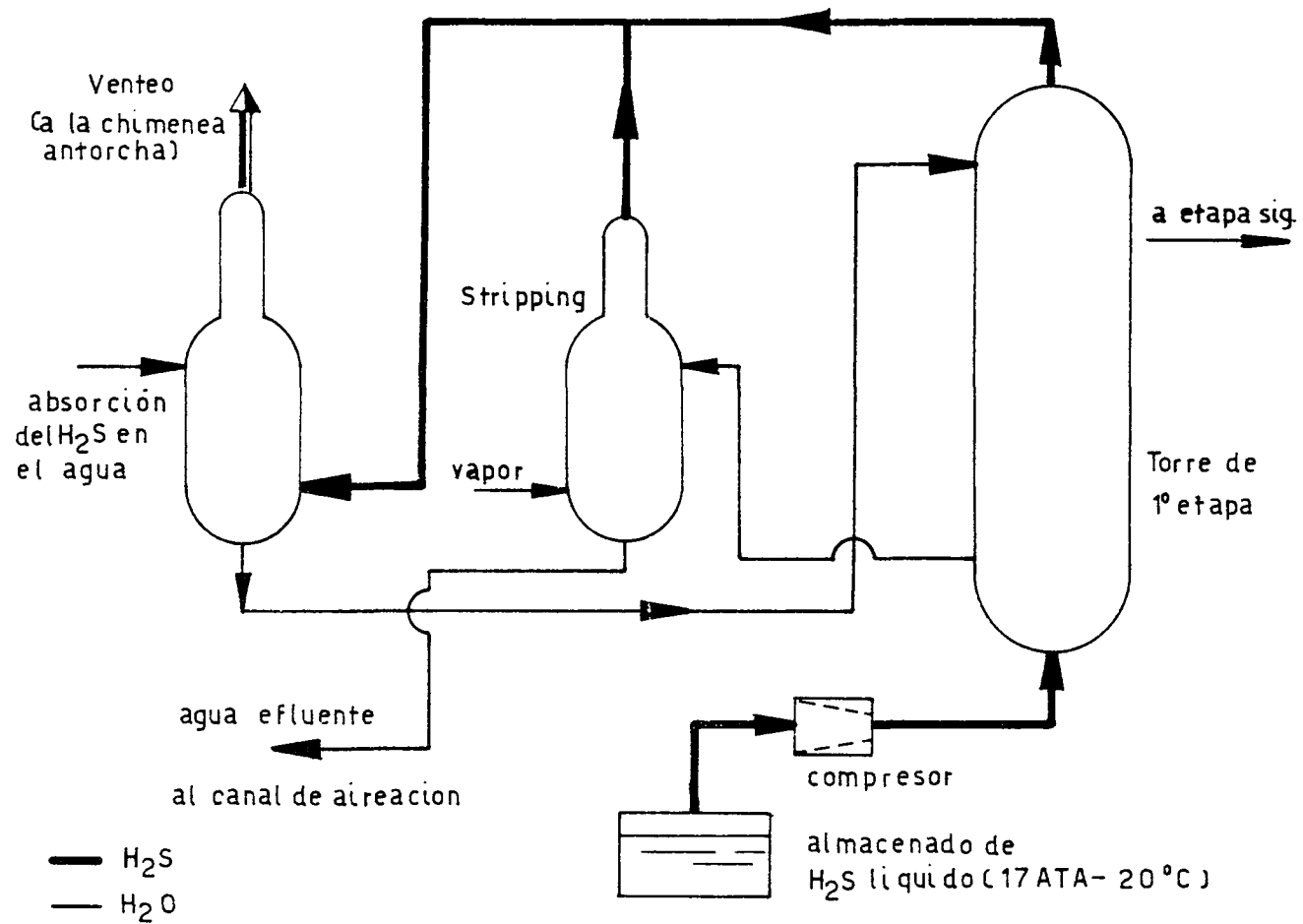


Fig. N° 1 ESQUEMA SIMPLIFICADO DEL CAMINO DEL H_2S EN LA PLANTA GS.

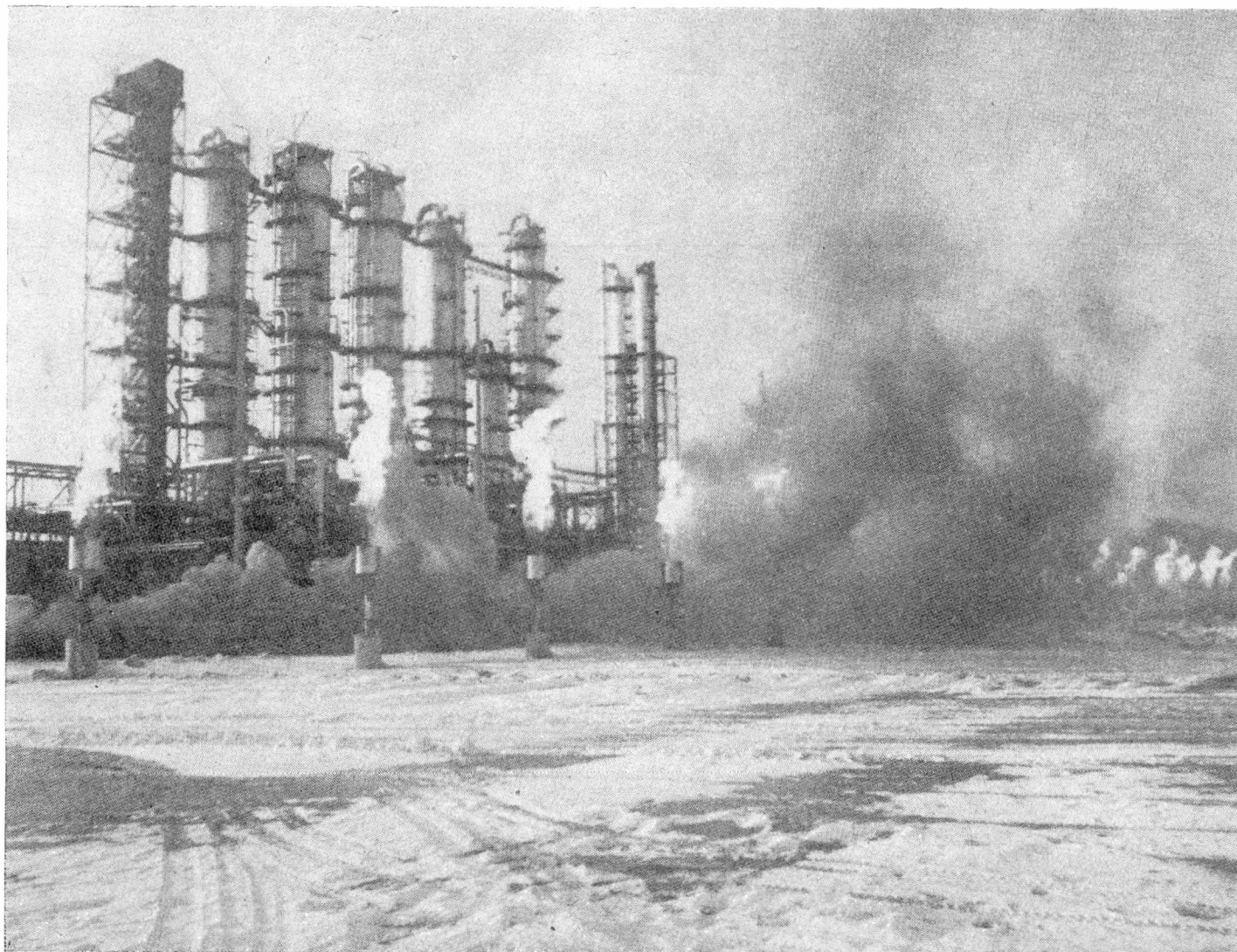
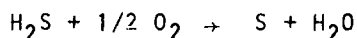


Figura 2

La protección del personal de la planta se logra con el uso de adecuados elementos de seguridad (equipos autónomos, salas acondicionadas, detectores, etc.).

- 2- El escape accidental de H_2S se produce, pero disuelto en el agua evacuada. En este caso se aprovecha la velocidad de oxidación de las soluciones diluídas de H_2S , y la dilución tanto al mezclarse con el agua de refrigeración como cuando ingresa al cuerpo receptor.

El caudal de agua de proceso ($1.800 \text{ m}^3/\text{h}$) al mezclarse con el agua de refrigeración ($17.500 \text{ m}^3/\text{h}$) aparte de la dilución permite una primera oxidación del H_2S , debido al oxígeno disuelto que contiene esta corriente (2). La mezcla de las dos corrientes ingresa en un canal provisto de aspersores que provocan una oxidación importante del efluente. En este canal se logra un tiempo de residencia del orden de minutos, tiempo suficiente para que se produzca la reacción:



luego este efluente ingresa al cuerpo receptor, en el cual se produce una dilución considerable (más de 100 veces para ríos de más de $400 \text{ m}^3/\text{s}$).

- 3- Ante situaciones de emergencia se puede eliminar el H_2S de un equipo por la chimenea antorcha, logrando su combustión completa. Esta operación es similar a la que se realiza en destilerías de petróleo cuando se requiere eliminar fracciones que pudieran entorpecer el funcionamiento de la planta.

Se asegura la combustión del H_2S en la antorcha mediante un quemador de gas natural encendido continuamente.

- 4- La máxima pérdida de H_2S que puede preverse, es la correspondiente al vaciado de una sola torre, debido a una rotura, ya que esta puede aislarse mediante el cerrado de válvulas oportunamente ordenado por la sala de comando.

Las cantidades de H_2S en las distintas torres es la siguiente:

Torre de 1 ^a etapa	140 t
Torre de 2 ^a etapa	90 t
Torre de 3 ^a etapa	14 t

5 - En la sala de comando se puede detectar rápidamente las pérdidas con la información suministrada por los equipos detectores, y ordena la apertura o cerrado de válvulas que controlen la situación. Este tipo de operaciones es común en plantas químicas y destilerías de petróleo donde generalmente el escape es debido a un producto muy inflamable.

VIII.4. INDUSTRIAS QUE ELIMINAN H_2S

Se poseen datos de Refinerías de Petróleo y de Plantas Químicas que producen rayón y celofán ubicadas en las cercanías de la Capital Federal en zonas densamente pobladas.

1) Refinerías de Petróleo

El gas de destilería proveniente de los procesos de cracking catalítico, purificación de gas licuado y gas residual de coque está compuesto por hidrocarburos de carbono 1 a 4 saturados y no saturados, hidrógeno, anhídrido carbónico, monóxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y sulfuro de hidrógeno. Este último varía su concentración con el tipo de crudo que se procesa. Generalmente luego de un proceso de stripping se elimina el H_2S de la corriente de agua del proceso y se evacúa por una chimenea antorcha. En algunos casos se desecha con el agua a un río.

Datos de distintas destilerías:

LOCALIDAD	t/a de H_2S	DESTINO
Dock Sud (Bs. As.)	1.200	quemado en chimenea
La Plata (Bs. As.)	4.600	quemado en chimenea
Campana (Bs. As.)	420	en efluente líquido
	máx. 1.400	en su mayor parte

2) Fábricas de Rayón y Celofán

Producen una cantidad apreciable de H_2S como subproducto.

Durante la xantogenación se producen reacciones secundarias, que dan productos que luego al llevar a cabo la regeneración en baño ácido, generan H_2S . Este gas se envía principalmente a chimenea donde puede quemarse.

Cantidades que se eliminan en las distintas fábricas:

LOCALIDAD	t/a de H_2S
Plátanos (Bs. As.)	500
Berazategui (Bs. As.)	120
Zárate (Bs. As.)	115

Todas estas fábricas y refinerías han sido estudiadas (Anexo IX) como posibles proveedores de H_2S para el proceso GS.

Las plantas de agua pesada están diseñadas con una concepción más moderna desde el punto de vista de la seguridad y protección del medio ambiente, que se puede apreciar al comparar con otras industrias que tienen la misma calidad del efluente.

VIII.5. CONCLUSIONES

Con un adecuado diseño de Ingeniería se puede lograr un índice de riesgos aceptable, por debajo del índice correspondiente a la industria química nacional.

VIII.6 BIBLIOGRAFIA

- 1) Poda, L.C. - Hydrogen can be handled safely. Archives of Environmetal Health. Vol. 12, junio 1966 (pág. 796).
- 2) Production of Heavy Water. Savannah River and Dana Plants. Technical Manual. DP 400. 1959 (pág. 77).

ANEXO IX

Posibilidades de producción de ácido sulfhídrico

A N E X O IX

I N D I C E

IX.1.	INTRODUCCION	IX-1
IX.2.	REQUERIMIENTOS	IX-1
IX.3.	METODOS DE OBTENCION	IX-1
3.1.	SINTETICOS	
3.2.	COMO SUBPRODUCTO	
IX.4.	DISPONIBILIDADES DE H ₂ S EN LA REPUBLICA ARGENTINA	IX-6
IX.5.	RESOLUCION DEL SUMINISTRO	IX-6

IX.1. INTRODUCCION

Este Anexo resumirá la información recogida en el país referente a la posibilidad de suministrar H_2S de fabricación nacional a las plantas GS a instalarse en la República Argentina.

La experiencia de U.S.A. y Canadá al respecto, los ha llevado a utilizar el H_2S principalmente obtenido de plantas químicas o destilerías de petróleo que lo producen como sub-producto.

Se ha realizado una evaluación, en base a información recibida directamente, de la cantidad de H_2S que se produce actualmente en el país. La casi totalidad de la producción es un desecho industrial que en estos momentos se arroja a la atmósfera o vías de agua como tal, o se quema en chimeneas desprendiéndose por lo tanto SO_2 .

IX.2. REQUERIMIENTOS

Los requerimientos de H_2S para una planta que produzca 400 t/a de D_2O son (Anexo II, inciso 2.5.4., pag. II-52):

Carga Inicial: 600 t

Reposición: 40 t/a

El H_2S necesario debe ser de alta pureza, la especificación es: no menos que 99,5% en moles de H_2S .

En la Tabla 3 se detalla la demanda de H_2S hasta el año 1989 sobre la base de un cronograma de construcción de plantas de D_2O que contempla, una planta de 400 t/a en 1981 y otra de 400 t/a en 1986 (ver Capítulo 5).

IX.3. METODOS DE OBTENCION

3.1. SINTETICOS

Haciendo reaccionar en forma directa hidrógeno con vapores de azufre a una temperatura aproximada de $500^{\circ}C$, en presencia de catalizadores tales

como bauxita o silicatos hidratados de aluminio, se obtiene H_2S con un rendimiento del 96% en base al azufre.

El H_2S así obtenido no contiene CO_2 ni otros gases ácidos lo que lo hace apropiado para usar en plantas GS.

3.2. COMO SUB-PRODUCTO

La mayor cantidad de H_2S producido se obtiene como sub-producto de otras operaciones. Normalmente, la recuperación de H_2S es debida a la necesidad de purificar una materia prima o un producto y no por el valor del gas obtenido.

Esto es particularmente importante en las refinerías de petróleo, de las cuales se puede obtener la mayor cantidad de gas.

Los procesos que lo producen se pueden dividir en tres grandes grupos, según su origen, que se indican a continuación:

A) Refinerías de petróleo

1) Recuperación a partir del gas de destilería

Este gas se obtiene en los procesos de cracking catalítico, purificación de gas licuado y gas residual de coque.

Este gas de destilería está formado comunmente por cantidades variables de: metano, etano, etileno, propano, propileno, butano, isobutano, butileno, hidrógeno, anhídrido carbónico, monóxido de carbono, oxígeno, nitrógeno y ácido sulfhídrico.

Las cantidades de todos estos gases en la mezcla se mantiene aproximadamente constante dentro de valores máximos y mínimos bastante similares, salvo para el H_2S , cuya concentración depende del tipo de crudo que se procese, agrio o dulce. El crudo agrio contiene mayor cantidad de compuestos azufrados. Por ejemplo un agrio da un gas de destilería con 5,4 moles % de H_2S , mientras que un dulce da uno con 1,2 moles %.

TABLA 1

PROCESO	ABSORBENTE	REACCION	REGENERACION
VACUUM CARBONATE	Na_2CO_3 al 3%	$\text{NaHCO}_3 + \text{NaHS} \rightleftharpoons \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{S}$	Liberación del H_2S por stripping con vapor
GIRBOTOL	Aminas Alifáticas	$(\text{RNH}_2)_2\text{S} \rightleftharpoons 2\text{RNH}_2 + \text{H}_2\text{S}$	"
SHELL PHOSPHATE	K_3PO_4 al 40 %	$\text{KHS} + \text{K}_2\text{HPO}_4 \rightleftharpoons \text{K}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{S}$	"
ALCAZID	Sales sódicas o potásicas de aminoácidos	$\text{RCHNH}_2\text{CO}_2\text{H} + \text{NaHS} \rightleftharpoons \text{RCHNH}_2\text{CO}_2\text{Na} + \text{H}_2\text{S}$	"

2) Agotamiento de aguas de proceso

El agotamiento de aguas de proceso (stripping) puede ser por inyección directa de vapor o por calentamiento en un intercambiador con vapor.

B) Plantas Químicas de rayón y celofán

Estas plantas producen una cantidad apreciable de H_2S como subproducto. Durante la xantogenación se producen reacciones secundarias que dan productos que luego, al llevar a cabo la regeneración en baño ácido generan el H_2S .

Normalmente en este tipo de plantas existe un sistema de ventilación mediante extractores de gran potencia, o un tipo de maquinaria con el sistema de extracción de gases y vapores ya incluidos en cada equipo.

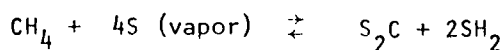
La mezcla de gases extraída contiene ácido sulfhídrico, aire y vapores de agua y de sulfuro de carbono.

En algunas de estas industrias existen equipos recuperadores de sulfuro de carbono con el objeto de volver a utilizarlo en el proceso y abaratar costos, ya que se trata de una materia prima cara.

El gas que sale de estos recuperadores contiene alrededor de 1% de sulfuro de carbono, no tiene cantidades importantes de otras impurezas y es apropiada para recuperar ahora el ácido sulfhídrico que es tá presente aproximadamente en un 20%.

C) Casos Especiales

El principal método para obtener sulfuro de carbono en escala industrial utiliza como materias primas azufre y gas natural, que reaccionan a $500-700^{\circ}C$ en presencia de catalizadores, por ejemplo silicagel, para dar S_2C y H_2S



El H_2S puede sacarse como sub-producto, pero normalmente se lo usa para regenerar azufre mediante el método de Claus, que consiste en oxidar parte del H_2S a SO_2 y a éste hacerlo reaccionar con más H_2S dando entonces azufre elemental (que se recicla) y agua.

El gas a partir del cual se regenera azufre, que es una fuente potencial de H_2S , contiene entre 90-95 moles % de H_2S y el resto está constituido por hidrocarburos e inertes, S_2C y pequeña cantidad de aceite de arrastre (mezcla de Kerosene y gas-oil).

IX.4. DISPONIBILIDADES DE H_2S EN LA REPUBLICA ARGENTINA

Los datos obtenidos se agruparon, de acuerdo a la clasificación hecha en 3-2, en la Tabla 2.

Los valores que se indican son aproximados, se calcularon en base a promedios, y representan la disponibilidad total de H_2S en cada lugar, el ácido proviene de mezclas de gases que lo contienen en distintos porcentajes, cuya composición es también diferente.

IX.5. RESOLUCION DEL SUMINISTRO

Comparando la cantidad de H_2S necesaria para la planta GS con el tonelaje que se produce anualmente y está potencialmente disponible en el país, se ve que el autoabastecimiento es perfectamente factible.

Los requerimientos anuales son constantes durante el normal funcionamiento de la planta, necesitándose una cantidad quince veces mayor durante las operaciones de puesta en marcha. Esta cantidad de H_2S es la que se encuentra en circulación durante el funcionamiento de la unidad de proceso GS.

Por lo tanto surge que la forma más conveniente de encarar el suministro es construyendo una planta recuperadora y purificadora de H_2S que utilice como materia prima alguno de los gases mencionados en 3.2.

La capacidad de producción de dicha unidad debe exceder los requerimientos anuales de manera tal que se logre el margen de seguridad necesario.

En la Tabla 3 se analizan tres módulos tentativos de plantas de H_2S . En todos los casos se ha supuesto la entrada de operación normal en el año

El módulo de 100 t/a, produciría dos déficit de 300 t cada uno, el primero en 1980 y el segundo en 1985. Esto implicaría la importación de dichas cantidades.

Con posterioridad a 1985, se cubrirían las necesidades de reposición y se incrementará el stock de reserva a 20 t/a, debiéndose determinar en algún momento la reducción de la producción.

La planta de 180 t/a tendría solamente un déficit en el año 1980, de 60 t. Desde 1986 en adelante debería funcionar al 45% y su stock de reserva sería de 100 t.

En el caso de una planta de 300 t/a, no existirían necesidades de importación de H_2S , pero tendría que bajar su producción al 50% a los 2 años de haber sido puesta en marcha y sufrir una nueva disminución al 25% en el año 1986.

Evidentemente esta solución es desde un punto de vista técnico económico, muy desfavorable, a menos que se encuentre un mercado adicional de H_2S que justifique la inversión. Dicha posibilidad escapa al objetivo del presente anexo.

Resulta claro que la rapidez en la decisión de la instalación de la planta de H_2S , redundará en beneficio de asumir menores inversiones y posibilidad de menores gastos de importación, pues se podrá conseguir mayor inventario al aumentar el período comprendido entre la puesta en marcha de la planta de H_2S y la planta de D_2O .

De lo expuesto surge la necesidad de encarar el tratamiento de la instalación de la planta de H_2S simultáneamente con la decisión de la instalación de la planta de D_2O .

Las disponibilidades de H_2S son tan amplias que fácilmente podría lograrse el autoabastecimiento de este insumo, mas aún cuando es Yacimientos

Petrolíferos Fiscales uno de los más importantes proveedores.

TABLA 2

FUENTES	DISPONIBILIDADES - t/a
A) REFINERIAS DE PETROLEO Dock Sud La Plata Campana Luján de Cuyo	1200 Máximo: 8.700, 100% de crudos agrios Mínimo: 2.000, 100% de crudos dulces Promedio según % de crudos procesados: 4.600 380 616
B) PLANTAS QUIMICAS DE RAYON Y CELOFAN SNIAFA REY-SOL DUCILO	500 115 120 + 56 * * Se obtiene una solución de Na_2S con una concentración aproximada del 16,5%
C) CASOS ESPECIALES DUPERIAL	7.000

TABLA 3: DEMANDA DE ACIDO SULFHIDRICO

ITEM \ AÑO		1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
PLANTAS DE D ₂ O A INSTALARSE PRODUCCION t/año					400					400			
CARGA INICIAL DE H ₂ S (t)				500					600				
REPOSICION DE H ₂ S (t./año)	PLANTA A				40	40	40	40	40	40	40	40	40
	PLANTA B									40	40	40	40
PARCIALES ANUALES (t)				500	40	40	40	40	640	80	80	80	80
TOTAL ACUMULADO (t)				500	540	580	720	760	1300	1380	1460	1540	1620
MODULOS TENTATIVOS	1) 100 t/año	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Saldo	100	200	-300	50	120	180	240	-300	20	40	60	80
	2) 180 t/año	180	180	180	180	180	180	180	180	180	80	80	50
	Saldo	180	360	-60	140	280	420	560	100	100	100	100	100
	3) 300 t/año	300	300	150	150	150	150	150	150	80	80	80	80
	Saldo	300	600	150	260	370	480	590	100	100	100	100	100

ANEXO X

Interconexión de una planta de agua pesada
a un reactor nuclear

A N E X O X

I N D I C E

X.1.	INTRODUCCION	X-1
1.1.	UTILIZACION DE VAPOR	
1.2.	UTILIZACION DE ENERGIA ELECTRICA	
X.2.	ALTERNATIVAS DE INTERCONEXION	X-2
X.3.	CONCLUSIONES	X-5
X.4.	BIBLIOGRAFIA	X-6

X.1. INTRODUCCION

Las plantas de D_2O que utilizan el intercambio químico H_2S/H_2O como proceso básico, consumen grandes cantidades de energía, tanto eléctrica como térmica. Plantas de 400 t/a necesitan alrededor de 40 MW eléctricos y cerca de 300 MW térmicos (ver Anexo 11.2.).

Como estas plantas son de funcionamiento continuo y los consumos son constantes durante todo el año se debe buscar que el suministro se efectúe a través de fuentes de características similares.

Los reactores nucleares generan energía de base o semibase, y por consiguiente tienen funcionamiento constante, lo que les permite que sean considerados como una posible solución de las necesidades de las plantas de D_2O suministrando vapor y/o energía eléctrica.

Canadá e India han ensayado esta solución y existen otros ejemplos, que si bien no son específicos de plantas de D_2O , sirven para probar la viabilidad de la utilización dual de las centrales nucleares (ver Tabla 1).

TABLA 1

CENTRAL NUCLEAR	POTENCIA ELECTRICA NOMINAL MW	USO DEL VAPOR	PAIS
Douglas Point	200	Planta GS	Canadá (1)
Rajasthan I	200	Planta GS	India (2)
SGHWR	75	Desalinización	Inglaterra (3)
Proyecto	900	Proceso	Francia (4)

1.1. UTILIZACION DEL VAPOR

El vapor puede ser utilizado en la planta de D_2O para calefacción y para energía mecánica. En ambos casos deberá contemplarse que el consumo sea lo mas constante posible. Si así no fuere, debe preverse los usos alternativos que puedan absorber el vapor remanente.

En el caso de la utilización del vapor para energía mecánica-impulso de grandes compresores o bombas de líquido- se puede usar el vapor de escape de estos equipos también para calefacción.

Para evitar una contaminación accidental del vapor de la central con el H_2S de la planta de D_2O , conviene colocar intercambiadores de calor intermedios en la sección GS (Figura 1) (2).

La experiencia recogida en la materia indica que el complejo funciona bien, pero que es necesario tener fuentes de vapor convencionales como suministro de reserva.

1.2. UTILIZACION DE LA ENERGIA ELECTRICA

El aporte necesario de energía eléctrica, se puede obtener directamente desde la central nuclear, a través de su estación transformadora, o desde la red de interconexión a la cual está conectada la central.

X.2. ALTERNATIVAS DE INTERCONEXION

Las formas de interconexión central nuclear - planta de D_2O dependen de las necesidades energéticas, de los diseños respectivos y de la incidencia económica que produzca el acoplamiento.

Las alternativas principales son:

- a) Acoplar la planta a una central nuclear ya instalada.
- b) Proyectar la construcción de ambas instalaciones en forma conjunta.

En el primer caso, la entrega de vapor a la planta de D_2O producirá una disminución de la energía eléctrica que el reactor es capaz de suministrar (se supone que la central está operando a su máxima capacidad), razón esta que puede provocar una limitación de la cantidad y la calidad del vapor disponible.

La extracción de energía eléctrica no afecta el funcionamiento de la

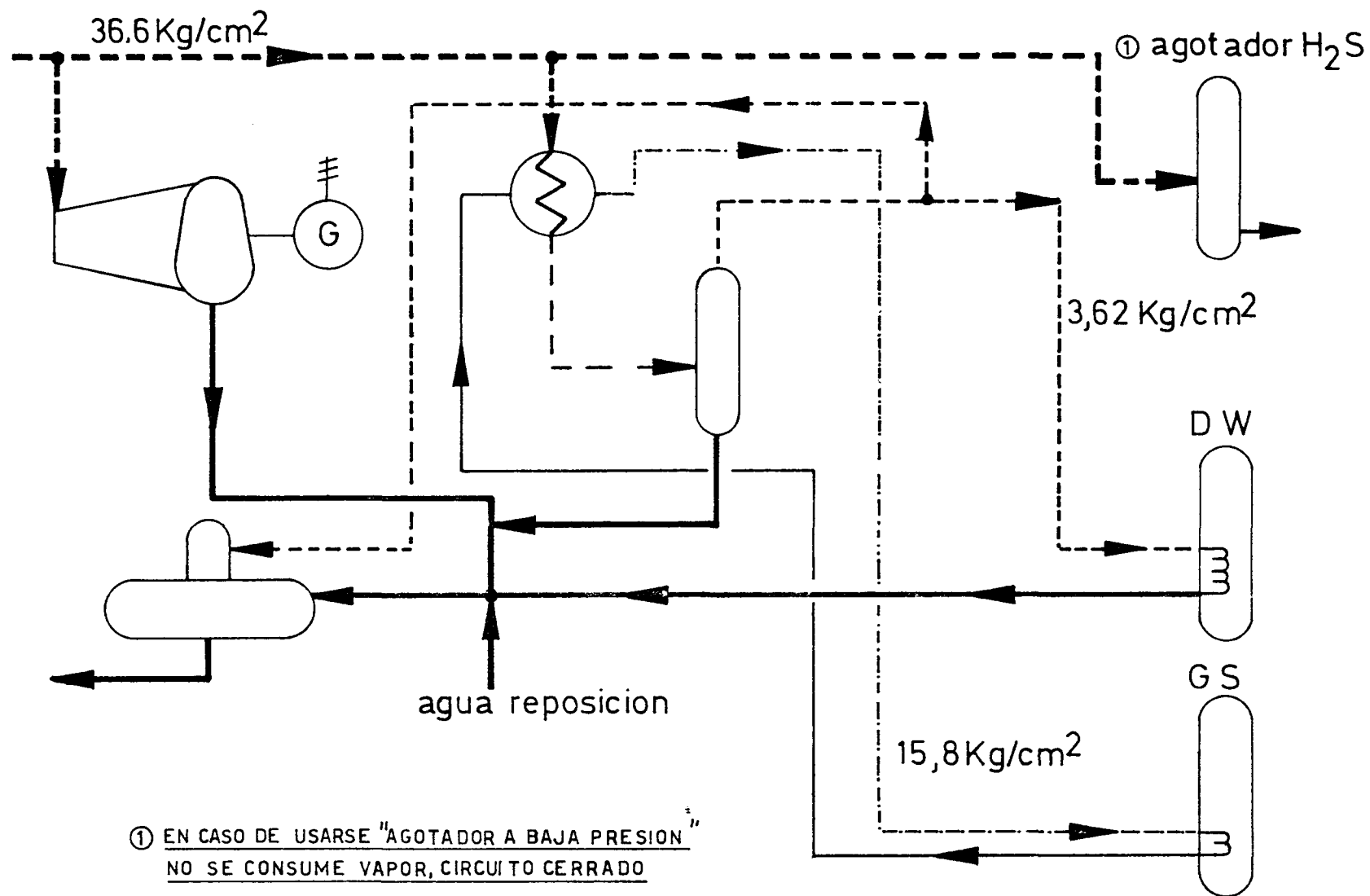
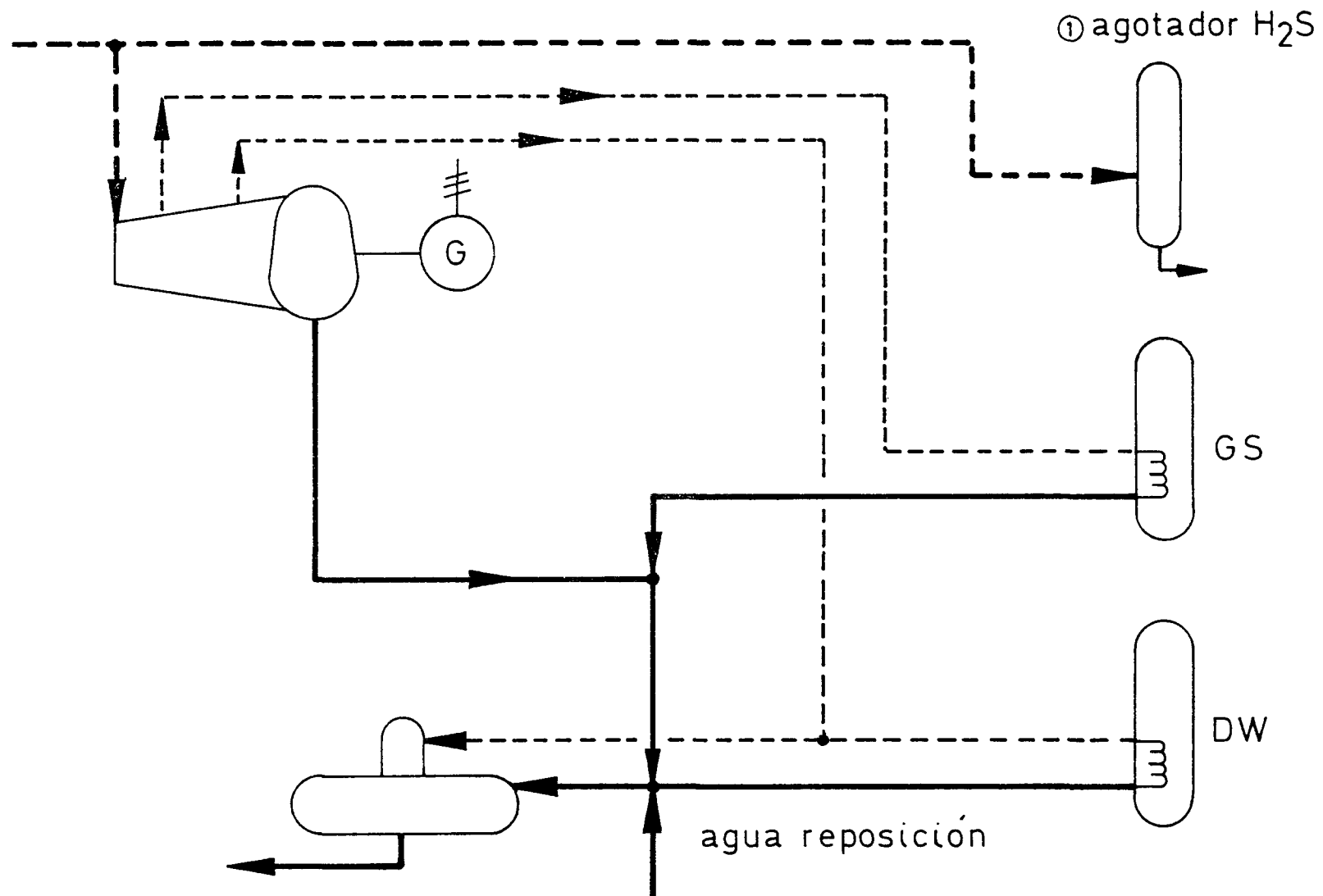


FIGURA N° 1



① EN CASO DE USARSE "AGOTADOR A BAJA PRESION"
NO SE CONSUME VAPOR, CIRCUITO CERRADO

FIGURA N° 2

central, solamente se reducirá la potencia y la energía disponible en la red.

La segunda alternativa permite contemplar en forma integral las distintas aplicaciones del vapor y prever la cantidad que el reactor producirá para uso específico de la planta de D_2O . Esto redundará en una mayor eficiencia en la operación de ambas instalaciones.

Las Figuras 1 y 2 muestran dos esquemas de conexión posible para aprovechar el vapor de una central nuclear (ya instalada), en la calefacción y el agotado de H_2S de la planta de D_2O .

La Figura 3 muestra un reactor PHWR y el circuito simplificado del vapor. Se han indicado en dicha figura distintos puntos posibles de extracción, cuyas características son:

- Punto 1: Vapor de gran contenido calórico y de baja temperatura, por consiguiente solo utilizable para precalentar agua.
- Punto 2: Vapor que ya ha realizado trabajo útil en las turbinas de alta y media y le resta aún presión suficiente como para ser transportado a cierta distancia del reactor y entregar calor.
- Punto 3: Vapor que no realiza trabajo en las turbinas de media y de baja, pero tendrá mayor presión que el caso anterior y por consiguiente mayor posibilidad de transporte, trabajo y calor.
- Punto 4: La extracción disminuye el caudal de vapor vivo que se entrega a las turbinas lo que provoca una menor producción de energía eléctrica.

Las ventajas de la extracción de este punto son principalmente que se independiza el suministro de vapor de la producción de electricidad y de las posibles fallas de funcionamiento de la sección turbinas.

El vapor extraído puede utilizarse para mover compresores y bombas por medio de turbinas de contrapresión que además permiten

usar el vapor de escape para calefacción.

Si se proyectan especialmente la central nuclear y la planta de D_2O (alternativa b) pueden a su vez contemplarse dos variantes:

- i) Central nuclear que suministra directamente vapor y energía eléctrica a la planta.
- ii) Central nuclear que suministra solamente vapor.

La variante i) se esquematiza en la Figura 4. En la turbina principal A se produce la mayor cantidad de potencia eléctrica y en la de contrapresión B se acopla un generador secundario de electricidad y el vapor de salida se introduce en la planta de D_2O .

En este caso también pueden usarse turbinas de contrapresión para mover grandes compresores o bombas.

En ii) se puede utilizar el esquema anterior, enviando la energía de ambas turbinas a la red, o si no, se puede utilizar el esquema de la Figura 5. En el mismo existe una derivación de vapor vivo hacia la planta.

Este sistema requiere menor inversión puesto que no utiliza turbinas de contrapresión y tiene las ventajas de una más simple operación y de independizar la planta de D_2O de la generación de electricidad.

La desventaja estriba en que el vapor que se extrae no realiza trabajo útil.

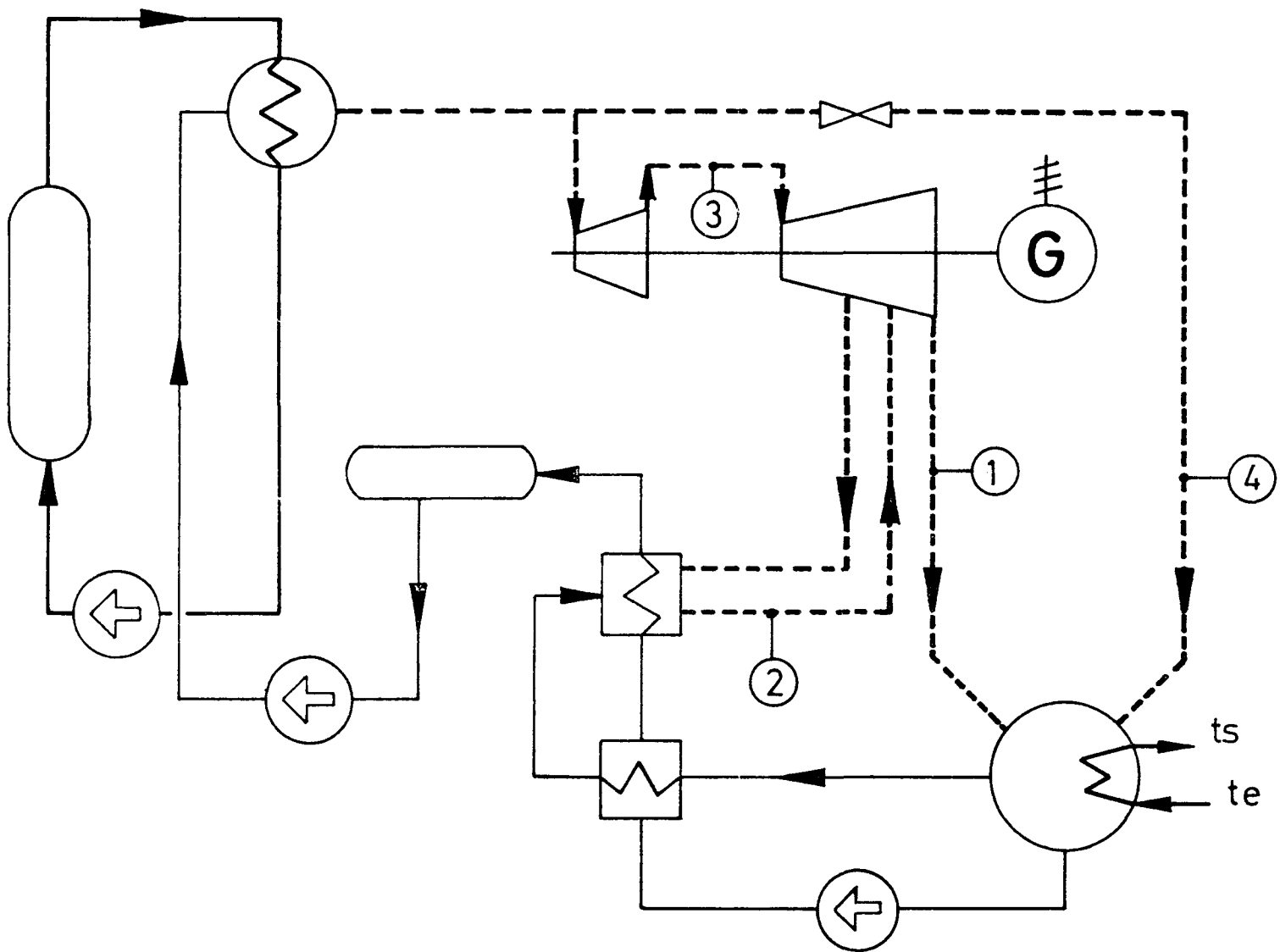


FIGURA N° 3

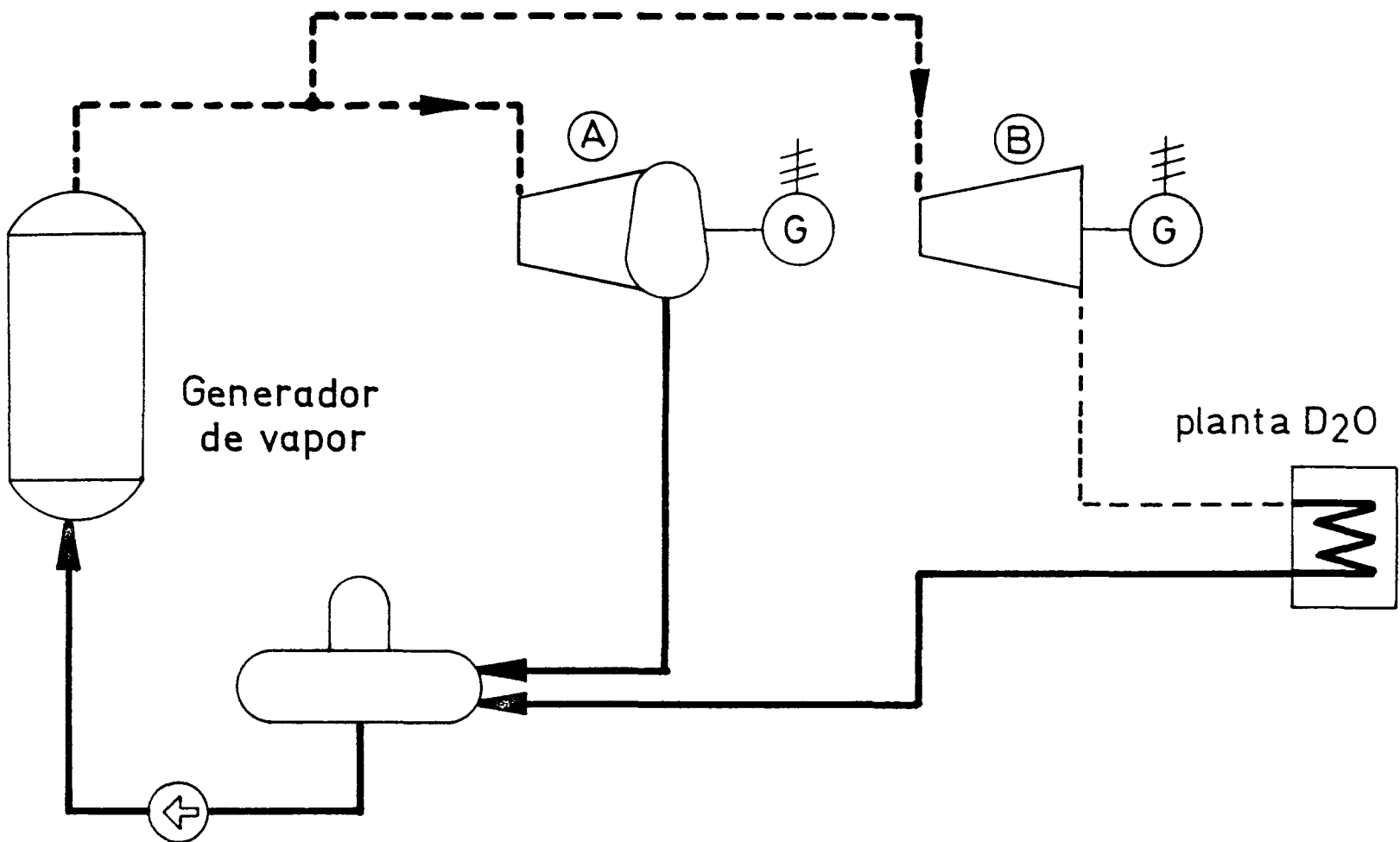


FIGURA N° 4

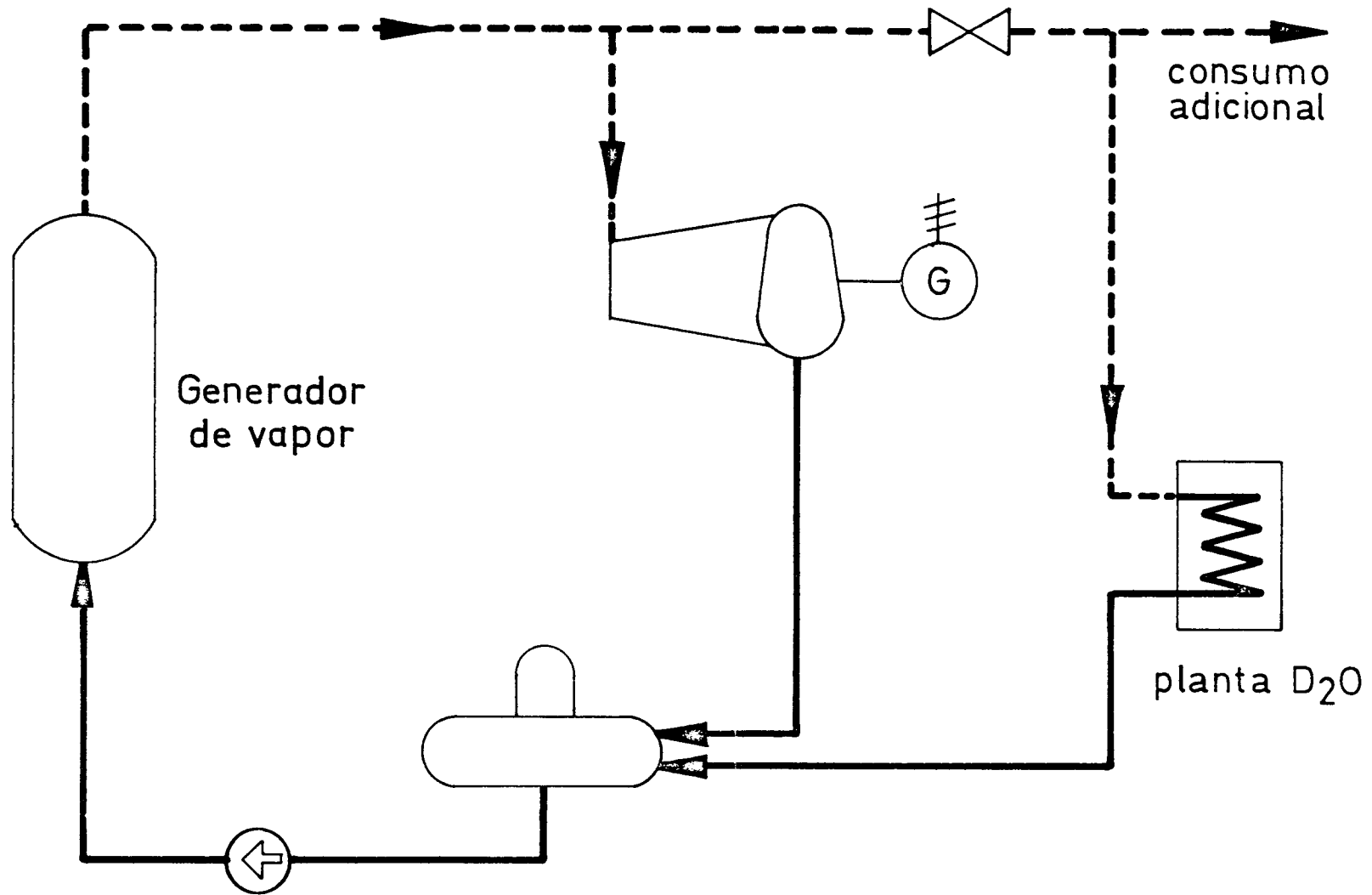


FIGURA N° 5

X.3. CONCLUSIONES

De lo expuesto resulta:

- Es factible la integración de la Central Nuclear de potencia con una planta productora de agua pesada.
- De las alternativas de acoplamiento surge como más ventajosa aquella en que ambas instalaciones se proyectan en forma conjunta.
- La experiencia indica que la Central Nuclear no debe ser la única fuente de energía térmica debiéndose contar con la posibilidad de suministros convencionales alternativos, que actúen como reserva técnica.

X.4. BIBLIOGRAFIA

- 1) CNA 74-300, pág. 7
- 2) Proc. Symp. Nucl. Sc. Engin. BHABHA ATOMIC CENTRE, TROMBAY, 1973
- 3) ATOM, N° 215, pág. 198, September 1974
- 4) Revue L'energie 265, 24° annee, Aout-Sept, 1974
- 5) AECL, Annual Report 1973-1974, pág. 10

ANEXO XI

Consumos de combustibles y costos de operación

A N E X O X I

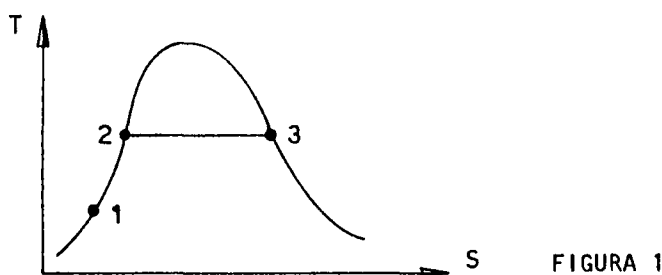
I N D I C E

XI.1.	CONSUMOS DE COMBUSTIBLE PARA LA PRODUCCION DE VAPOR	XI-1
XI.2.	CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA LA AUTO GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA	XI-9
XI.3.	COSTO DE OPERACION	XI-11

XI.1. CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA LA PRODUCCION DE VAPOR

1.1. HIPOTESIS DE CALCULO

Se dispuso de los datos provenientes de dos oferentes (que denominaremos oferente A y oferente B), consistentes en caudales de vapor necesarios para el proceso y las condiciones de ese vapor (saturado seco, punto 3 de la Figura 1).



Se supuso que el punto 3 se alcanzaba a partir del punto 1 (que se encuentra a igual presión que el punto 3 y a la temperatura de 100°C).

La cantidad de calor a entregar por cada kg de vapor resulta entonces:

$$q_{13} = (i_3 - i_1) \quad (\text{kcal/kg de vapor})^* \quad \{1\}$$

Esta cantidad de calor puede obtenerse con calderas que consuman gas, fuel-oil o carbón. Los rendimientos de las mismas son algo distintos según el combustible. Tomamos los siguientes valores (que han sido suministrados por los fabricantes de calderas):

$$\eta_{\text{gas}} = 0,85 \qquad \eta_{\text{fuel oil}} = 0,89 \qquad \eta_{\text{carbón}} = 0,85$$

Además asumiremos los siguientes poderes caloríficos que son normales para los combustibles en el país:

$$\begin{aligned} \text{pci (gas)} &: 8.300 \text{ kcal/m}^3 \\ \text{pci (fuel oil)} &: 9.800 \text{ kcal/kg} \\ \text{pci (carbón)} &: 5.900 \text{ kcal/kg} \end{aligned}$$

* Entalpía específica

Utilizando la expresión {1} y los valores anteriores se llegan a los siguientes consumos específicos:

$$\begin{aligned}
 \text{gas:} & \quad \frac{(i_3 - i_1)}{7055} & (\text{en } \frac{\text{m}^3 \text{ gas}}{\text{kg de vapor}}) \\
 \text{fuel oil:} & \quad \frac{(i_3 - i_1)}{8722} & (\text{en } \frac{\text{kg de fuel oil}}{\text{kg de vapor}}) \quad \{2\} \\
 \text{carbón:} & \quad \frac{(i_3 - i_1)}{5015} & (\text{en } \frac{\text{kg de carbón}}{\text{kg de vapor}})
 \end{aligned}$$

1.2. OFERENTE A:

$$\begin{aligned}
 - \text{ Condiciones de vapor:} \quad p_3 &= 28 \text{ ATA} \\
 i_3 &= 669,6 \text{ kcal /kg} \\
 p_1 &= 28 \text{ ATA} \\
 i_1 &= 100,6 \text{ kcal/kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \text{ Horas de producción:} & \quad 8.300 \text{ horas/año} \\
 - \text{ Factor de producción*} & \quad 0,88
 \end{aligned}$$

Además, para cada nivel de producción nominal figuran (tal como se indica en la Tabla 1) un caudal mínimo de vapor (G') y otro máximo (G''). Se agrega también el promedio de los dos anteriores (G).

TABLA 1

Prod. Nominal (t/a)	Prod. Real (t/a)	G' (t/h)	G'' (t/h)	G (t/h)
181	160	136	226	181
362	320	272	452	362
543	480	408	678	543

* Relación entre la producción real y la nominal

Con los valores que figuran en {2} y los datos de la Tabla 1 se calculan los consumos horarios de combustibles mínimo (Tabla 2), máximo (Tabla 3) y promedio (Tabla 4).

Además, por el tipo de planta (producción continua) para calcular el consumo diario se toman 24 horas/día. Los resultados para los caudales de vapor mínimo, máximo y promedio están volcados en la Tabla 5, 6 y 7.

Para el cálculo del consumo mensual se toman 30 días/mes y el caudal promedio (Tabla 8).

En cuanto al consumo anual se calcula en función de 8.300 horas/año tomando el caudal de vapor promedio (Tabla 9).

La Tabla 10 se confecciona dividiendo el consumo anual de cada combustible por la producción real anual de agua pesada.

1.3. OFERENTE B:

- Condiciones de vapor:	p_3	=	10,5 ATA
	i_3	=	663 kcal/kg
	p_1	=	10,5 ATA
	i_1	=	100 kcal/kg
- Horas de producción:	8.300 h/año		
- Producción:	400 t/año		
- Caudal de vapor:			
Máximo (invierno):	1.255×10^6 libras/hora	=	570 t/hora
Mínimo (verano):	$1,150 \times 10^6$ libras/hora	=	522 t/hora
Promedio:			550 t/hora

Con los datos anteriores y las expresiones {2} se calculan los consumos*, Tablas 11, 12, 13.

* Para la relación entre los distintos consumos (horario, diario, mensual y anual) se utilizan las mismas hipótesis que en 1.2.

XI-4

OFERENTE A

TABLA 2

CONSUMO HORARIO DE COMBUSTIBLE (Mínimo)

PROD. NOMINAL (t/a)	GAS (m ³ /h)	FUEL-OIL (t/h)	CARBON (t/h)
181	11.020	8,84	15,37
362	22.040	17,68	30,74
543	33.060	26,52	46,11

TABLA 3

CONSUMO HORARIO DE COMBUSTIBLE (Máximo)

PROD. NOMINAL (t/a)	GAS (m ³ /h)	FUEL-OIL (t/h)	CARBON (t/h)
181	18.310	14,69	22,54
362	36.620	29,38	45,08
543	54.930	44,07	67,62

TABLA 4

CONSUMO HORARIO DE COMBUSTIBLE (Promedio)

PROD. NOMINAL (t/a)	GAS (m ³ /h)	FUEL-OIL (t/h)	CARBON (t/h)
181.	14.660	11,77	20,45
362	29.320	23,54	40,90
543	43.980	35,31	61,35

TABLA 5

CONSUMO DIARIO DE COMBUSTIBLE (Mínimo)

PROD.NOMINAL (t/a)	GAS (m ³ / día)	FUEL-OIL (t/día)	CARBON (t/día)
181	264.480	212,16	368,88
362	528.960	424,32	737,76
543	793.440	636,48	1106,64

TABLA 6

CONSUMO DIARIO DE COMBUSTIBLE (Máximo)

PROD.NOMINAL (t/a)	GAS (m ³ / día)	FUEL-OIL (t/día)	CARBON (t/día)
181	439.440	352,56	540,96
362	878.880	705,12	1081,92
543	1.318.320	1057,68	1622,88

TABLA 7

CONSUMO DIARIO DE COMBUSTIBLE (Promedio)

PROD.NOMINAL (t/a)	GAS (m ³ / día)	FUEL-OIL (t/día)	CARBON (t/día)
181	351.840	282,48	490,80
362	703.680	564,96	981,60
543	1.055.520	847,44	1472,40

XI-6

TABLA 8

CONSUMO MENSUAL DE COMBUSTIBLE (Promedio)

PROD.NOMINAL (t/a)	GAS (m ³ /mes)	FUEL OIL (t/mes)	CARBON (t/mes)
181	10.555.200	8.474,40	14.274
362	21.110.400	16.948.80	29.448
543	31.665.600	25.423,20	44.172

TABLA 9

CONSUMO ANUAL DE COMBUSTIBLE (Promedio)

PROD.NOMINAL (t/a)	GAS (m ³ /año)	FUEL OIL (t/año)	CARBON (t/año)
181	121,7 × 10 ⁶	97.691	169.735
362	243,4 × 10 ⁶	195.382	339.470
543	365 × 10 ⁶	293.073	509.205

TABLA 10

CONSUMO ESPECIFICO DE COMBUSTIBLE (Promedio)

PROD.NOMINAL (t/a)	GAS (m ³ /kgD ₂ O)	FUEL-OIL (kg/kgD ₂ O)	CARBON (kg/kgD ₂ O)
181			
362	761	611	1061
543			

OFERENTE B

TABLA 11
CONSUMO MINIMO DE COMBUSTIBLE

CONSUMO	COMBUSTIBLE		
	GAS	FUEL OIL	CARBON
Horario	40.920 m ³ /h	33,10 t/h	57,56 t/h
Diario	0,98 x 10 ⁶ m ³ /d	794,40 t/d	1381,44 t/d
Mensual	29,46 x 10 ⁶ m ³ /m	23830 t/d	41440 t/m

TABLA 12
CONSUMO MAXIMO DE COMBUSTIBLE

CONSUMO	COMBUSTIBLE		
	GAS	FUEL OIL	CARBON
Horario	44.680 m ³ /h	36,14 t/h	62,85 t/h
Diario	1,07 x 10 ⁶ m ³ /d	867,36 t/d	1508,40 t/d
Mensual	32,17 x 10 ⁶ m ³ /m	26020 t/m	45252 t/m

TABLA 13
CONSUMO PROMEDIO DE COMBUSTIBLE

CONSUMO	COMBUSTIBLE		
	GAS	FUEL OIL	CARBON
Horario	43.110 m ³ /h	34,87 t/h	60,65 t/h
Diario	1,04 x 10 ⁶ m ³ /d	836,88 t/d	1455,60 t/d
Mensual	31,04 x 10 ⁶ m ³ /m	25110 t/m	43670 t/m
Anual	358 x 10 ⁶ m ³ /a	289420 t/a	503400 t/a
Específico	894,5 m ³ /kg D ₂ O	723,6 kg/kgD ₂ O	1258,5 kg/kgD ₂ O

XI.2. CONSUMO DE COMBUSTIBLE PARA LA AUTOGENERACION DE ENERGIA ELECTRICA

Se efectúa el cálculo para una planta de 400 t/año, con una potencia instalada de 40 MW, que en promedio funciona 8.300 h/año.

La energía eléctrica generada resulta:

$$E.E. = 40 \times 10^3 \text{ kW} \times 8.300 \frac{\text{h}}{\text{año}} = 332 \times 10^6 \frac{\text{kWh}}{\text{año}}$$

Los consumos específicos se estiman (datos de proveedores) en:

a) Fuel-Oil: 2.900 kcal/kWh

b) Gas: 2.850 kcal/kWh

Utilizando los mismos poderes caloríficos inferiores que en la primera parte de este Anexo, se llega a:

FUEL-OIL:

$$\frac{332 \times 10^6 \text{ kWh/año} \times 2.900 \text{ kcal/kWh}}{9.800 \text{ kcal/kg}} = 98.250 \text{ t/año}$$

GAS:

$$\frac{332 \times 10^6 \text{ kWh/año} \times 2.850 \text{ kcal/kWh}}{8.300 \text{ kcal/m}^3} = 114 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$$

XI.3. COSTOS DE OPERACION

3.1. INTRODUCCION

3.2. CONSUMOS ESPECIFICOS

3.2.1. Consumo específico de combustible para
generación de vapor

3.2.2. Consumo específico de energía eléctrica

3.2.3. Consumo específico anual de H_2S

3.2.4. Mano de obra específica

3.2.5. Consumo específico por tratamiento de agua

3.2.6. Mantenimiento específico

3.3. COSTO UNITARIO DE OPERACION

3.4. COSTO DE INSUMOS

3.4.1. Tarifa de gas

3.4.2. Tarifa de fuel-oil

3.4.3. Tarifa eléctrica

3.4.4. Precio de H_2S

3.4.5. Mano de obra

3.4.6. Costo de drogas para tratamiento de aguas

3.1. INTRODUCCION

El cálculo de los consumos específicos se efectúa de acuerdo a los datos suministrados por los posibles oferentes. Una vez obtenidos estos y considerando las tarifas que figuran en 3.4, se confecciona la Tabla 15, que constituye la síntesis del mismo.

3.2. CONSUMOS ESPECIFICOS

3.2.1. Consumo específico de combustible para generación de vapor

Del Inciso XI.1, se tiene:

Consumo específico de gas: $895 \text{ m}^3/\text{kg D}_2\text{O}$

Consumo específico de fuel-oil: $724 \text{ kg/kg D}_2\text{O}$

3.2.2. Consumo específico de energía eléctrica

De los datos, para 8.300 h/año y una producción anual de 400 t resulta:

$$\frac{40.000 \text{ kW} \times 8.300 \text{ h/a}}{400.000 \text{ kg D}_2\text{O/a}} = 830 \text{ kWh/kg D}_2\text{O}$$

3.2.3. Consumo específico anual de H_2S

$$\frac{30.000 \text{ kg de H}_2\text{S/a}}{400.000 \text{ kg de D}_2\text{O/a}} = 0,075 \text{ kg de H}_2\text{S/kg D}_2\text{O}$$

3.2.4 Mano de obra específica

Se supone para esta planta un personal de operación permanente de 300 personas. Con tal dotación se llega a la siguiente incidencia específica de la mano de obra:

$$\frac{300 \text{ personas} \times 13 \text{ meses}}{400.000 \text{ kgD}_2\text{O}} = 0,01 \frac{\text{personas}}{\text{kgD}_2\text{O}}$$

3.2.5 Consumo específico por tratamiento de agua

De los datos suministrados por los posibles oferentes y las consultas efectuadas a firmas locales de tratamiento de agua se obtienen los consumos que figuran en la Tabla 14. Cabe señalar que los datos se refieren a la solución técnica de refrigeración a circuito abierto y aguas del Rfo Li may.

TABLA 14

INSUMO	CONSUMO HORARIO (kg/h)	CONSUMO ESPECIFICO (kg/kg D ₂ O)
(SO ₄) ₃ Al ₂	100	2,08
SO ₄ H ₂	14	0,29
Ca (OH) ₂	60	1,25
Cl ₂	175	3,63

Los consumos anteriores incluyen el tratamiento de agua para proceso, caldera y refrigeración.

Los consumos de energía eléctrica propios a esta parte del proceso están considerados en 3.2.2.

3.2.6. Mantenimiento específico

Para el mantenimiento anual de la planta se supone un gasto que es el 1% de la inversión total, por lo cual el costo de mantenimiento específico es:

$$(\text{inversión total}) \times \frac{1\%}{400.000 \text{ kg D}_2\text{O}} = 0,25 \times 10^{-7} \frac{(\text{Inversión total})}{\text{kg D}_2\text{O}}$$

3.3. COSTO UNITARIO DE OPERACION

Se multiplica cada consumo específico por el correspondiente precio unitario. Se suman los rubros así monetarizados y se agrega un 10% más de este valor para imprevistos. (Ver Tabla 15).

Los resultados obtenidos nos ubican practicamente en un punto de indiferencia, desde la perspectiva de costos, para el uso de gas natural o fuel-oil.

TABLA 15

CONSUMO	COMBUSTIBLE: GAS	COMBUSTIBLE: FUEL-OIL
1) De combustible p/vapor	\$ 291	\$ 290
2) De energía eléctrica	\$ 76	\$ 76
3) De H ₂ S	\$ 1	\$ 1
4) De mano de obra	\$ 60	\$ 60
5) De tratamiento de agua	\$ 20	\$ 20
6) De mantenimiento	\$ 90	\$ 90
SUBTOTAL	\$ 538	\$ 537
7) Imprevistos: 0,10 Subtotal	\$ 54	\$ 54
COSTO UNITARIO DE OPERACION	\$ 592	\$ 591

Con la relación de cambio 15\$/U\$, resulta:

COSTO UNITARIO DE OPERACION = 39,40 U\$/kg D₂O

3.4. COSTO DE INSUMOS

3.4.1. Tarifa de Gas

0,325 \$/m³ (para la Provincia del Neuquén)

Fuente: Gas del Estado

3.4.2. Tarifa de Fuel-Oil

400 \$/t

Fuente: YPF

3.4.3. Tarifa Eléctrica

Para la zona de Comahue, Tarifa N° 8

Cargo fijo mensual: 33,05 \$/kW

Cargo móvil mensual: 0,044 \$/kWh

$$\text{Costo promedio kWh} = \frac{12 \text{ meses/año} \times 33,05 \text{ $/kwmes}}{8.300 \text{ h}} + 0,044 \text{ $/kW} =$$

$$= \underline{\underline{0,092 \text{ $/kWh}}}$$

Fuente: Secretaría de Energía

3.4.4. Precio de H₂S

1.300 \$/t

Estimación en base al precio del H₂SO₄

Fuente: proveedores varios

3.4.5. Mano de Obra

Discriminado por sectores y suponiendo incluidas en los sueldos las cargas sociales, resulta:

SECTOR	PERSONAL	SUELDO PROMEDIO DEL SECTOR (\$)	TOTAL DEL SECTOR
Técnico	30	\$ 10.000	\$ 300.000
Producción	220	\$ 5.500	\$ 1.210.000
Administración	40	\$ 5.000	\$ 200.000
Planeamiento	5	\$ 10.000	\$ 50.000
Personal	5	\$ 10.000	\$ 50.000
TOTAL	300	\$ 6.033	\$ 1.810.000

3.4.6. Costo de drogas para tratamiento de aguas

DROGA	PRECIO UNITARIO (\$/kg)
$(\text{SO}_4)_3\text{Al}_2$	3,60
SO_4H_2	1,10
$\text{Ca} (\text{OH}_2)$	1,00
Cl_2	3,00

Fuente: diversos proveedores

ANEXO XII

Climatología

A N E X O X I I

I N D I C E

XII.1.	INTRODUCCION	XII-1
XII.2.	ELEMENTOS METEOROLOGICOS	XII-1
2.1.	TEMPERATURA	
2.2.	HUMEDAD DEL AIRE	
2.3.	PRESION ATMOSFERICA	
2.4.	PRECIPITACION PLUVIAL	
2.5.	VIENTO	
2.6.	NUBOSIDAD	
2.7.	RADIACION SOLAR	
XII.3.	TIPOS DE CLIMA	XII-4
XII.4.	BIBLIOGRAFIA	XII-7

XII.1. INTRODUCCION

Algunos autores (1)(2) denominan clima de una región al "tiempo" promediado sobre un intervalo suficientemente largo. Dicho "tiempo" está integrado por un gran número de elementos meteorológicos tales como temperatura, humedad, nubosidad, precipitación, viento, etc. Cada uno de estos parámetros puede ser expresado en cifras, pero no es posible combinarlos algebraicamente.

Por lo tanto, tiene poco significado expresarse en términos de "tiempo"promedio sin mayor precisión. De esta forma, al referirse al clima sólo se puede definir el entorno de variación de algunos elementos meteorológicos en un lapso variable, que es función de la ubicación topogeográfica de la zona considerada (3).

Para elaborar una climatología preliminar de la región de Arroyito se debe tener en cuenta que no existe ninguna estación meteorológica instalada en el lugar y que los resultados que se obtengan podrían sufrir alteraciones debido a la modificación del clima originada por la futura construcción de la presa compensadora de El Chocón en la zona.

De esta forma, teniendo en cuenta la precariedad de la información, se consideraron las variaciones temporales de algunos elementos meteorológicos y la ubicación de la región en algunos sistemas climáticos. Para el análisis de la información se efectuaron interpolaciones de estaciones circundantes (4)(5).

XII.2. ELEMENTOS METEOROLOGICOS

2.1. TEMPERATURA

En la siguiente Tabla se incluyen los valores medios mensuales y anuales, mínimo y máximo medios, mínimo y máximo absolutos de la temperatura del aire de la zona (°C):

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
21.5	20.5	17.0	13.0	9.0	5.0	5.0	7.0	10.5	13.0	18.0	20.5	13.0

Temperatura máxima media: 40.0

Temperatura mínima media: -13.0

Temperatura máxima absoluta: 42.0

Temperatura mínima absoluta: -18.0

2.2. HUMEDAD DEL AIRE

Los valores medios mensuales y anuales de la humedad relativa (%) se muestran a continuación:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
48	48	55	58	68	70	70	65	57	55	48	47	58

2.3. PRESION ATMOSFERICA

En la siguiente Tabla se presentan los valores medios mensuales y anual de la presión atmosférica (mb) reducida al nivel del mar:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
1009	1010	1011	1013	1013	1014	1014	1014	1015	1013	1011	1010	1014

2.4. PRECIPITACION PLUVIAL

a) Los promedios mensuales y la cantidad total anual de la lluvia caída (mm) en la zona se incluyen en la siguiente Tabla:

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
12	7	22	18	13	19	13	12	16	27	20	16	195

b) A continuación se presenta la frecuencia mensual media de días con precipitación mayor que 0.3 mm.

E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
2	3	3	4	5	4	5	3	3	4	3	3	42

2.5. VIENTO

a) Velocidad del viento

Se presentan en la Tabla siguiente la velocidad media y máxima mensual y anual del viento (km/h) en la región.

Mes Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Velocidad media	12	9	7	7	6	6	7	8	8	9	11	12	9
Velocidad máxima	103	127	97	89	99	102	105	97	94	94	104	98	

b) Dirección del viento

En la Figura 1 se representa la rosa de viento de la zona en la cual se observan las frecuencias relativas de las diferentes direcciones del viento.

2.6. NUBOSIDAD

En la Tabla siguiente se incluye la frecuencia mensual media de días con cielo claro (nubosidad $\leq 2/8$) y con cielo cubierto (nubosidad $\geq 6/8$).

Mes Nubosidad	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
$N \leq 2/8$	14	14	14	10	6	6	6	7	7	9	10	12	115
$N \geq 6/8$	3	3	3	8	13	14	11	9	9	7	7	6	93

-2.7. RADIACION SOLAR

La estimación del balance de radiación solar en una zona se puede realizar en base a la siguiente ecuación: (6)

$$Q^* = (K\downarrow + L\uparrow) - (K\uparrow + L\downarrow)$$

donde Q^* es el balance energético

$K\downarrow$ es la radiación solar global de onda corta

$K\uparrow$ es la radiación solar reflejada de onda corta

$L\uparrow$ es la radiación de onda larga saliente

$L\downarrow$ es la radiación de onda larga emitida por la atmósfera

En la siguiente Tabla se muestran los valores medios mensuales de $K\downarrow$, $K\uparrow$, A (albedo %) y Q^* en $\text{cal/cm}^2 \cdot \text{día}$ para la zona:

Mes Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
$K\downarrow$	671	565	451	306	215	170	171	261	352	501	609	690
$K\uparrow$	151	142	113	66	50	46	34	60	89	126	148	159
A	22	25	25	21	22	24	19	23	25	25	24	22
Q^*	308	211	157	100	56	56	92	107	134	184	225	298

XII.3. TIPOS DE CLIMA

Se han realizado varios ensayos sobre tipología climática de la República Argentina (7). De ellos surgen dos sistemas climáticos importantes:

FIGURA Nº 1 ROSA DE VIENTO RIO LIMAY (1951 - 1960)



- a) La clasificación de Köppen (2) que se basa en la ponderación de la humedad según la relación que existe en la naturaleza entre la precipitación y el consumo de agua por la evaporación; pero tal que en la estimación de los índices hídricos interviene la temperatura en vez de la humedad.
- b) El sistema de Thornthwaite (8) que muestra que el balance hídrico o "efectividad de la precipitación" se obtiene teniendo en cuenta la evapotranspiración potencial del suelo y de la vegetación y la capacidad de retención del suelo, en cuyo caso la temperatura es una de las variables calculadas experimentalmente que determinan la evapotranspiración potencial.

Según el sistema desarrollado por Köppen se proponen los siguientes tipos de clima:

Zonas Principales	Subdivisiones
A Climas tropicales lluviosos	Af. Bosques tropicales lluviosos Aw. Sabana
B Climas secos	BS. Estepa BW. Desierto
C Climas templados lluviosos	Cw. Templado, con invierno seco Cf. Templado, lluvioso todo el año Cs. Templado, con verano seco
D Climas fríos de los bosques nevados	Df. Bosques nevados, con precipitación todo el año Dw. Bosques nevados con invierno seco
E Climas polares	ET. Tundra EF. Helado

De acuerdo a las características de la zona de Arroyito, éste se podría clasificar dentro de la zona BW o Clima seco-desértico.

De acuerdo con la clasificación de Thornthwaite resultan los siguientes tipos de clima y sus posibles límites de índices hídricos.

TIPO CLIMATICO	INDICE HIDRICO
A Perhúmedo	> 100
B ₄ Húmedo	80 a 99
B ₃ Húmedo	60 a 79
B ₂ Húmedo	40 a 59
B ₁ Húmedo	20 a 39
C ₂ Sub-húmedo húmedo	0 a 19
C ₁ Sub-húmedo seco	-20 a -1
D Semí-árido	-40 a -21
E Árido	-60 a -41

Según esto se desprende que el índice hídrico de la zona de Arroyito está comprendido entre -60 y -41; por lo tanto, el clima correspondiente es Árido.

XII.4. BIBLIOGRAFIA

- 1) Pettersen, S. Introducción a la Meteorología. Espasa Calpe S.A. (1962)
- 2) Köpen W. y Geiger R. "Hand buch der Klimatologie". Berlín (1936)
- 3) Munn, R.E. "Biometeorological Methods". (1971)
- 4) Servicio Meteorológico Nacional. Estadísticas Climatológicas 1951-1960. Publicación B.Nº6 (1969)
- 5) Servicio Meteorológico Nacional. Atlas Climático de la República Argentina (1960)
- 6) Kurlat, M., Crivelli E. y Fernández R. Medidas de la Radiación Solar en la Argentina. Acta Científica Nº30 (1971)
- 7) Burgos J.J. y Vidal A. Los Climas en la República Argentina, según la nueva clasificación de Thornthwaite. Meteoros Nº1 (1951)
- 8) Thornthwaite C.W. "An Approach toward a Rational Classification of Climate". The Geographical Review XXX VIII. Nº1 (1948)

ANEXO XIII

Transporte

A N E X O X I I I

I N D I C E

XIII.1.	CONSIDERACIONES GENERALES	XIII-1
XIII.2.	TRANSPORTE VIAL	XIII-3
XIII.3.	TRANSPORTES FERROVIARIOS	XIII-7
XIII.4.	PUERTO GALVAN	XIII-8

XIII.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Este estudio tiene por objeto establecer las pautas que posibiliten el transporte para la instalación y operación de una planta productora de agua pesada en la localidad de Arroyito, Provincia del Neuquén.

Para ello se ha tenido en cuenta la modalidad de una instalación industrial que requiere:

- 1) El transporte de grandes componentes, equipos y materiales durante la construcción.
- 2) El transporte de materias primas, combustibles y productos terminados durante el procesamiento.

Dentro de la evaluación general nos ocuparemos del primer punto, puesto que el transporte de combustibles se contempla en el Capítulo 6 del presente estudio. La parte correspondiente a materias primas y producto terminado está comprendida dentro de las generales del primer punto.

Para el presente análisis valen las siguientes consideraciones:

- a) El transporte de grandes componentes que sobrepasen las 40 toneladas y/o superen el gálibo ferroviario, debe ser realizado mediante la utilización de vehículos especiales para transportes por carreteras.

El transporte vial puede desarrollarse con eficiencia y seguridad debiendo adoptarse una serie de previsiones para lograr el objetivo propuesto.

Para ello se deberán coordinar, antes de realizar los transportes, las comunicaciones a todas aquellas empresas o reparticiones que son afectadas por el paso de los grandes componentes.

De acuerdo con el plan de transporte se dispondrán los lugares para las plataformas de desvío y estacionamiento nocturno de los carretones con los bultos, para interferir al mínimo el tránsito normal de las rutas.

- b) Las cargas normales no superiores a 40 t y de dimensiones no superiores

XIII-2

a 8 m de largo, 3 m de ancho y 2 m de alto pueden ser transportadas sin problemas, vía ferrocarril, hasta la estación Senillosa, para continuar de allí, por camión, hasta el emplazamiento de la planta.

Vale también la posibilidad de utilizar el transporte por carretera empleando camiones o carretones menores.

XIII.2. TRANSPORTE VIAL

2.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

De la evaluación practicada surge como vía posible la que partiendo de puerto Galván, sito en el partido de Bahía Blanca, con rumbo al oeste llega a la localidad de Arroyito mediante el siguiente recorrido:

-De puerto Galván por la Av.Circunvalación hasta empalmar la Ruta Nacional N°3, por ésta al sur hasta conectar con la Ruta Nacional N°22 en la localidad de Argerich, continuando con el mismo rumbo hasta la localidad de La Adela, empalmando con rumbo norte con la Ruta Provincial N°2 hasta el arranque de la Ruta Provincial N°23 con rumbo oeste, hasta enfrentar la presa de derivación Andersen, donde debe ejecutarse el camino de acceso. Vado sobre el río Colorado y puente sobre el canal derivador (ver 2.2.1), para continuar por la Ruta Provincial N°302 hasta el encuentro con la Ruta Nacional 22 en la localidad de Choele-Choel, continuando por ésta hasta el primer acceso a la localidad de Cipolletti, circunvalando la ciudad hasta su encuentro con la Ruta Nacional N°151 rumbo norte hasta el dique puente Contraalmirante Cordero, donde se hace nuevamente necesario practicar un nuevo vado (ver 2.2.2) aguas abajo del dique, tomando la Ruta Nacional N°234 hasta la localidad de Neuquén para retomar la Ruta Nacional N°22 con rumbo a Arroyito, donde se deberá practicar el camino de acceso al obrador.

La Figura 1 muestra los accesos viales descritos, desde Bahía Blanca hasta Arroyito; las Figuras 2,3 y 4 muestran en detalle los accesos viales entre Cipolletti y Neuquén y los accesos viales a la zona de Arroyito.

2.1.1 Características

El itinerario propuesto se desarrolla dentro de una zona agrícola-ganadera y frutícola, con gran incidencia de transporte pesado (camiones) en casi un 70%.

La influencia de las poblaciones divide las características del camino en zona rural y urbana. Estas últimas se encuentran localizadas en puerto Galván y salida de Bahía Blanca, Choele-Choel y sus proximidades y desde Chichinales hasta la salida de la Ciudad de Neuquén incluido el cruce de Cipolletti.

La vía elegida se encuentra pavimentada en toda su longitud, excepto las rutas provinciales, que son calzadas naturales de conservación primaria de aproximadamente 180 km de largo.

Las pendientes no superan el 5% y los radios son mayores de 120 m, excepto los de fuera de ruta y de acceso a los vados, debiendo para ello tomar las previsiones adecuadas.

Existen diversas líneas de alta y baja tensión, cables telefónicos, semaforizaciones, alambrados, postes de iluminación, etc. que son necesarios de elevar o retirar para permitir el paso de los grandes bultos, operaciones éstas que no demandarán grandes erogaciones.

Las estructuras menores son fáciles de salvar mediante pequeños sobrepuentes, las de mediana longitud será necesario apuntalarlas o sobrepuentearlas con estructuras especiales.

Para las grandes estructuras, con cargas que superen las 80 t, no hay solución posible, por lo que deberán vadearse.

El detalle actualizado de todas las estructuras -según el código establecido por la Dirección Nacional de Vialidad- como así también las características, número de tramos, longitudes y sus progresiones en orden ascendente, se encuentran disponibles en la D.N.V., en el respectivo inventario vial.

2.2. VADOS Y ACCESOS

2.2.1. Vado sobre el Río Colorado - Localidad Andersen

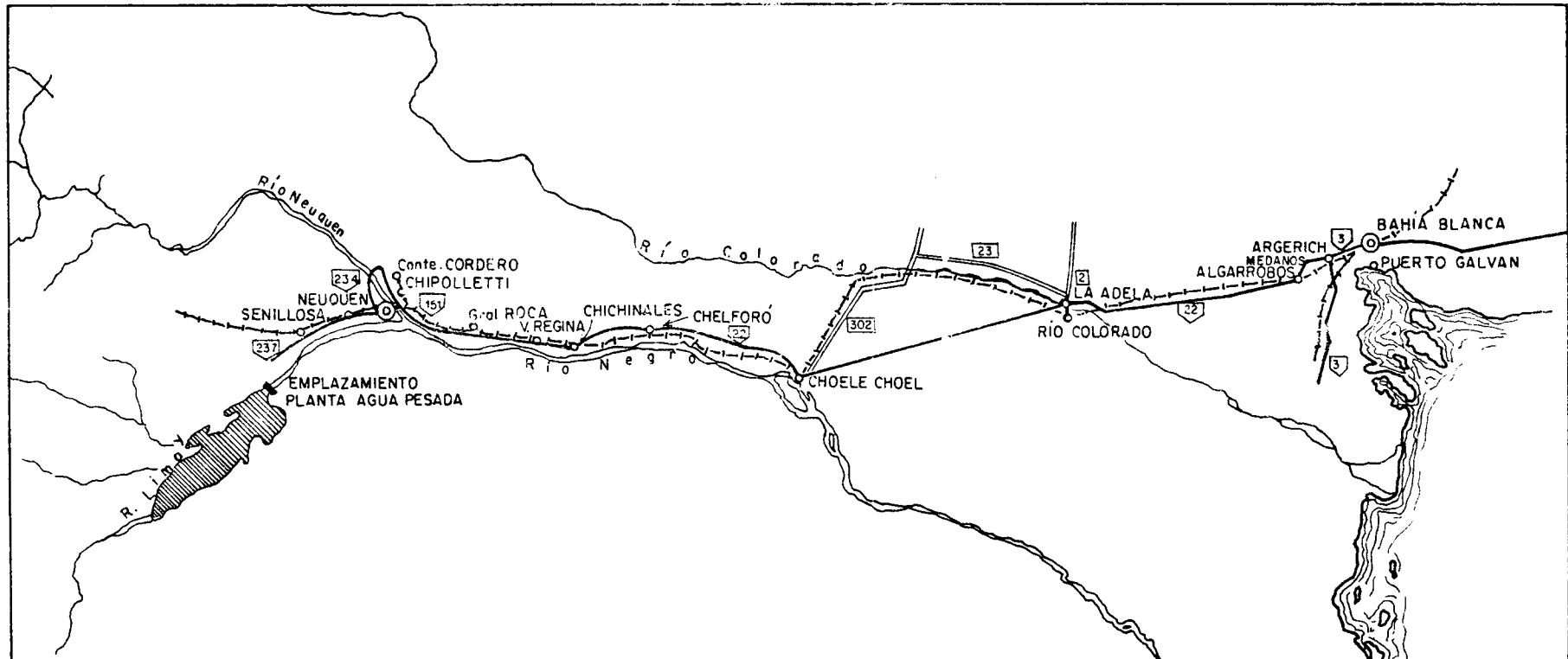
Para vadear el Río Colorado se hace imprescindible practicar una pi-

PLANTA DE AGUA PESADA EN ARROYITO

ACCESOS VIALES

BAHÍA BLANCA - ARROYITO

FIGURA Nº 1



- Camino consolidado
- Camino pavimentado
- 31 Ruta nacional
- 23 Ruta provincial

FIGURA Nº2

ACCESOS VIALES Y VADO ENTRE CIPOLLETTI Y NEUQUÉN

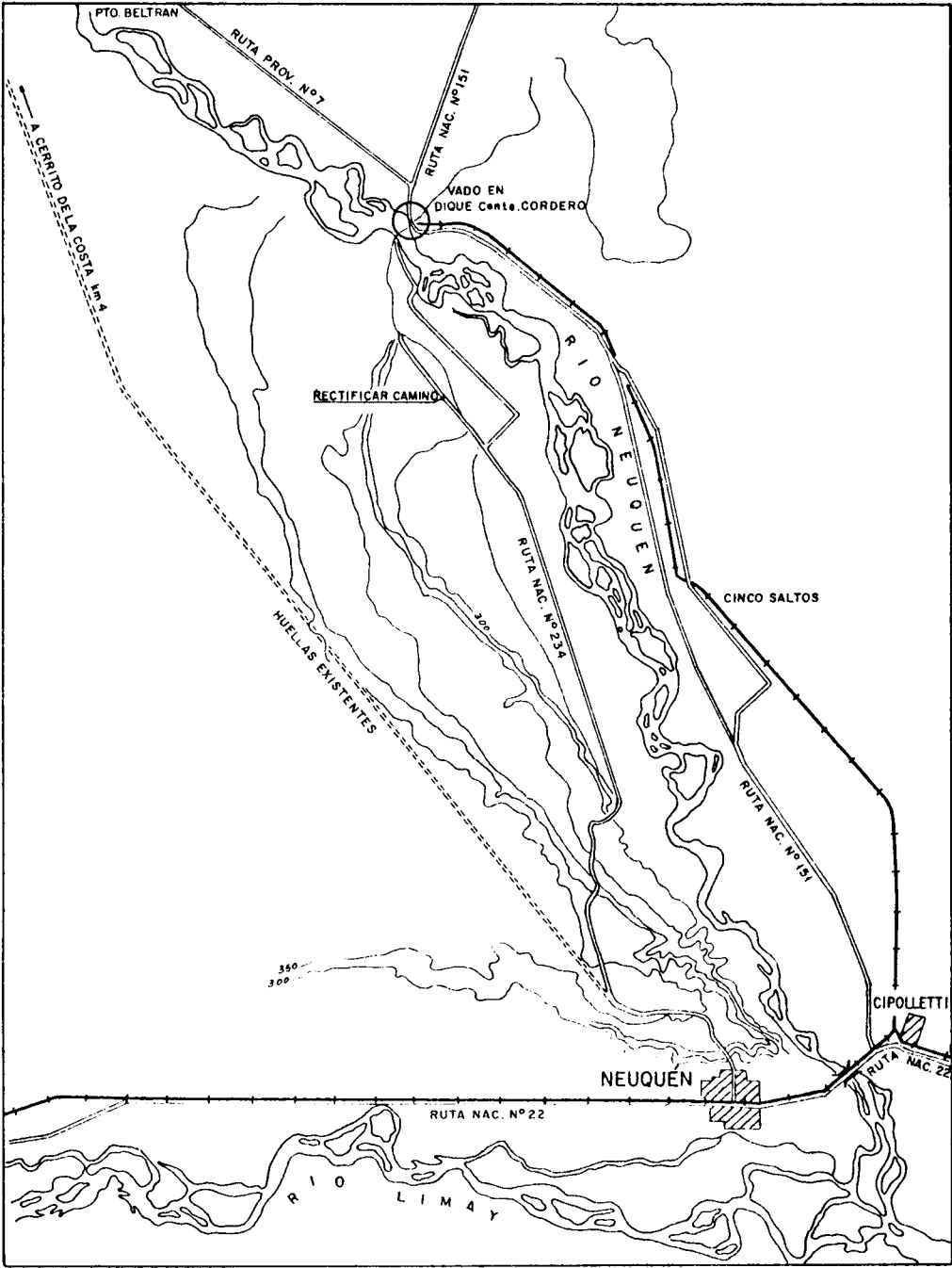


FIGURA Nº 3

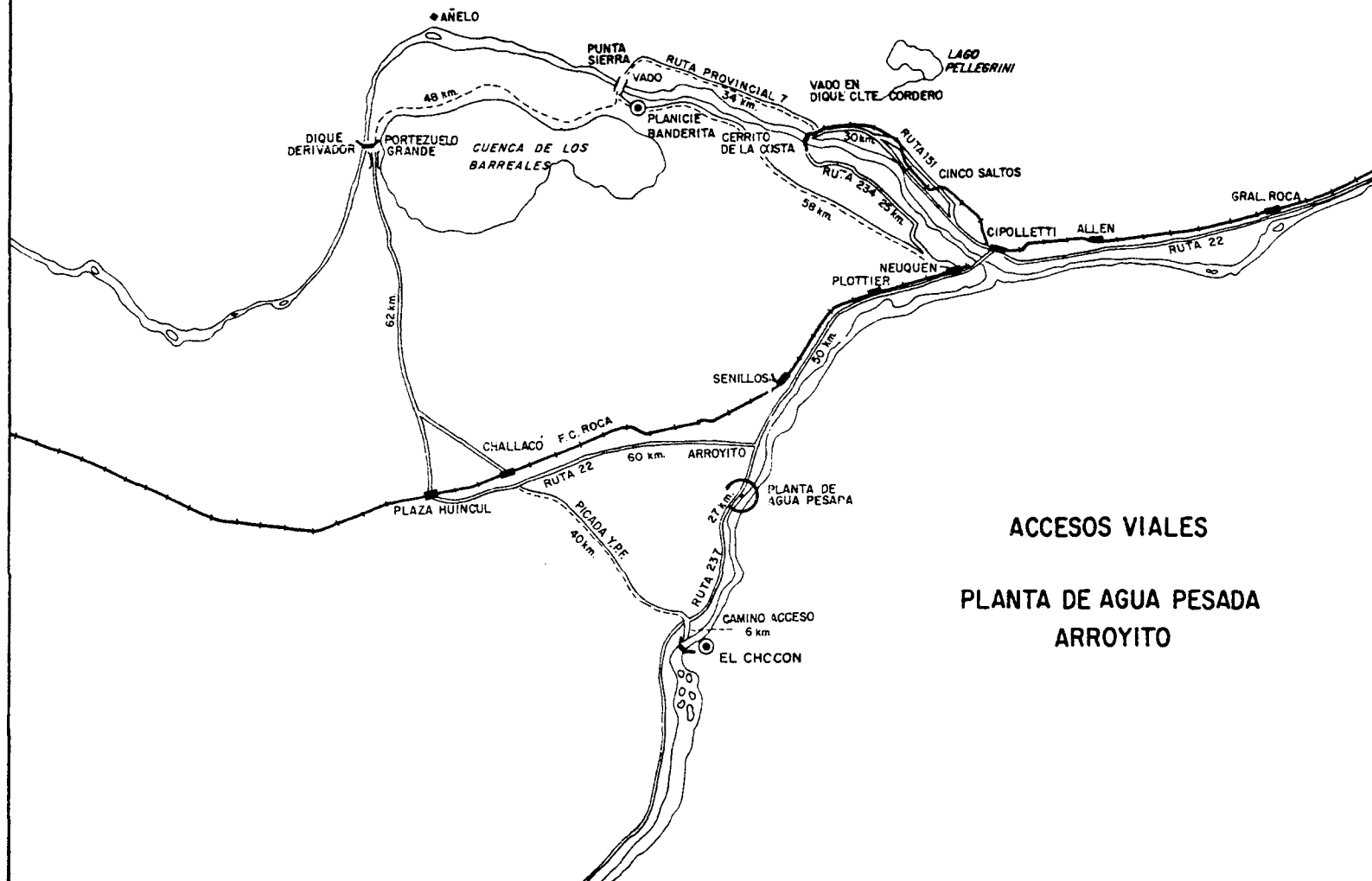
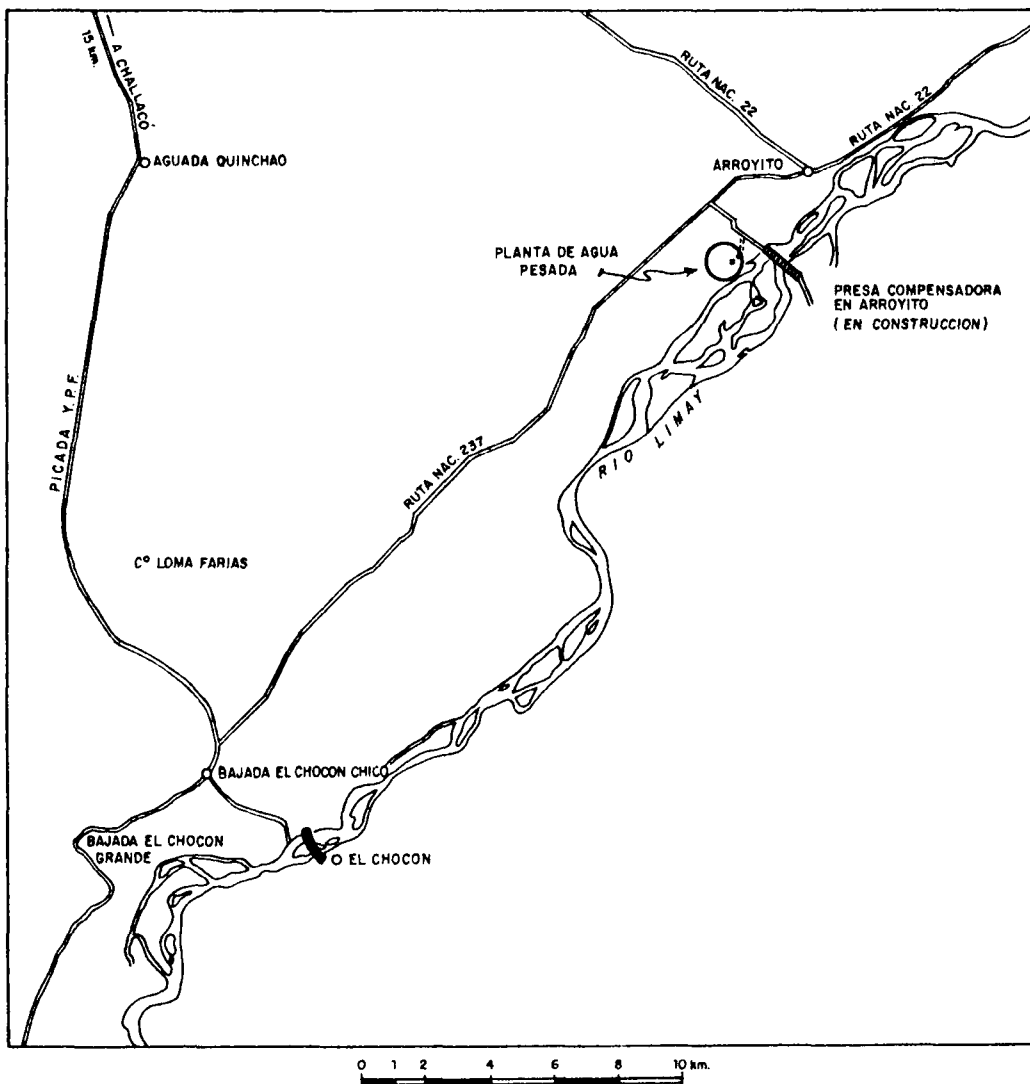


FIGURA N°4

ACCESO VIAL A LA PLANTA DE AGUA PESADA EN ARROYITO



===== ACCESO A LA PLANTA DE AGUA PESADA EN ARROYITO

cada de 3 km de longitud en 10 m de ancho, debiéndose efectuar el desbosque, destronque, limpieza y compactación del terreno natural con emparejamiento. Además se deberá emparejar el lecho del río, para lo cual es necesario dinamitar las rocas sobresalientes, desmontar y terraplenar la margen opuesta hasta lograr las pendientes adecuadas.

Mediante un puente de servicio se procederá a cruzar el canal derivador de 20 m de ancho y una profundidad de 2,50 m, revestido de hormigón; el tirante de agua oscila entre 0,40 m y 1 m de altura, la que podría disminuirse accionando las compuertas de la presa de derivación (ver Figura 5).

2.2.1.1. Costo(*)

1°) Picada y mejoramiento

Desbosque, destronque, limpieza y emparejamiento

3.000 m x 10 m: $10.000 \text{ m}^2/\text{ha} = 3 \text{ ha}$

3 ha x 150.000 \$/ha = \$ 450.000.-

2°) Vado

Voladuras y enripiados parciales

500 m x 10 m = 5.000 m^2

$5.000 \text{ m}^2 \times 300 \text{ $/m}^2 = \$ 1.500.000.-$

3°) Puente metálico

Alquiler s/transporte

20 m x 5.000 \$/m (alquiler FFAA) = \$ 100.000.-

4°) Apuntalamiento

Madera dura (durmientes)

20 m x 2,50 m x 4,00 m = 200 m^3

$200 \text{ m}^3 \times 0,4 \text{ m}^3/\text{m}^3 = 80 \text{ m}^3$

$80 \text{ m}^3 \times 2.500 \text{ m}^3 = \$ 200.000.-$

TOTAL \$ 2.250.000.-

(*) Los precios que figuran en el presente Anexo fueron actualizados al mes de Agosto de 1975.

2.2.2. Vado sobre el Río Neuquén - Contraalmirante Cordero

Aguas abajo del dique Contraalmirante Cordero existe un vado que permite el paso de cargas pesadas, ya que las mismas sobre el dique puente están limitadas a 15 t. El acceso se efectúa desde la Ruta Nacional N°151 para lo cual se hace necesario mejorarlo y realizar los desmontes hasta lograr las pendientes compatibles al transporte, retomándose la Ruta Nacional N°234 hacia Neuquén (ver Figura 6).

Cabe también la posibilidad de la instalación de un puente tipo Bayley (metálico) fundado sobre pilares de hormigón y enripiar todo el vado, dada la posibilidad de materiales locales.

2.2.2.1. Costo

1°) Picadas y mejoramientos

Desbosque, destronque y limpieza del terreno y
emparejamiento

600 m x 10 m de ancho: $10.000 \text{ m}^2/\text{ha} = 0,6 \text{ ha}$

0,6 ha x 150.000 \$/ha = \$ 93.000.-

2°) Vado

Enripiado y emparejamiento

300 m x 10 m = 3.000 m^2

$3.000 \text{ m}^2 \times 200 \text{ $/m}^2 = \$ 600.000.-$

3°) Puente metálico

Alquiler s/transporte

20 m x 5.000 \$/m (FFAA) = \$ 100.000.-

4°) Fundaciones

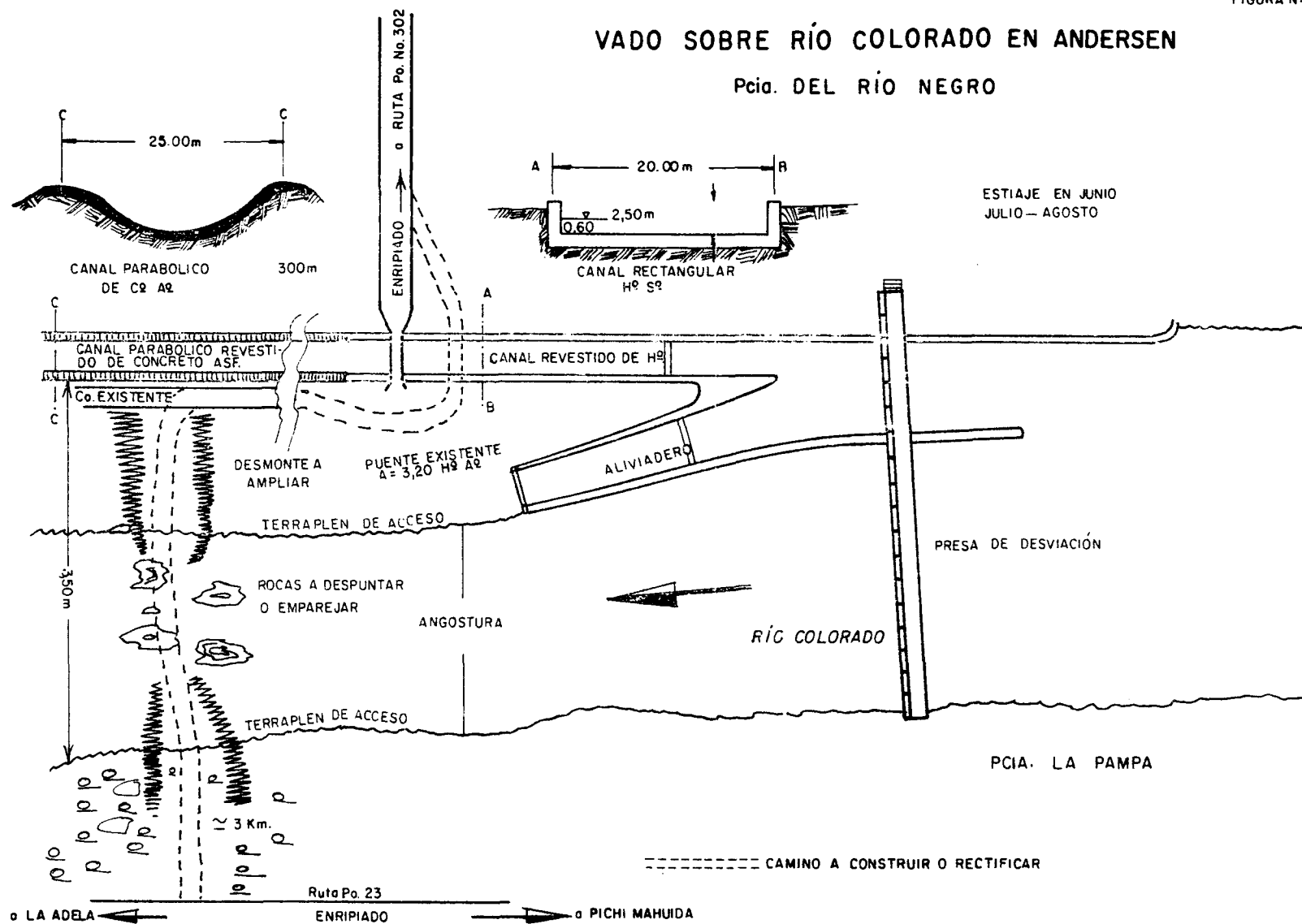
400 m x 0,60 m/promedio x 400 m x 4 veces 40 m^3

$40 \text{ m}^3 \times 25.000 \text{ $/m}^3 = \$ 1.000.000.-$

TOTAL \$ 1.793.000.-

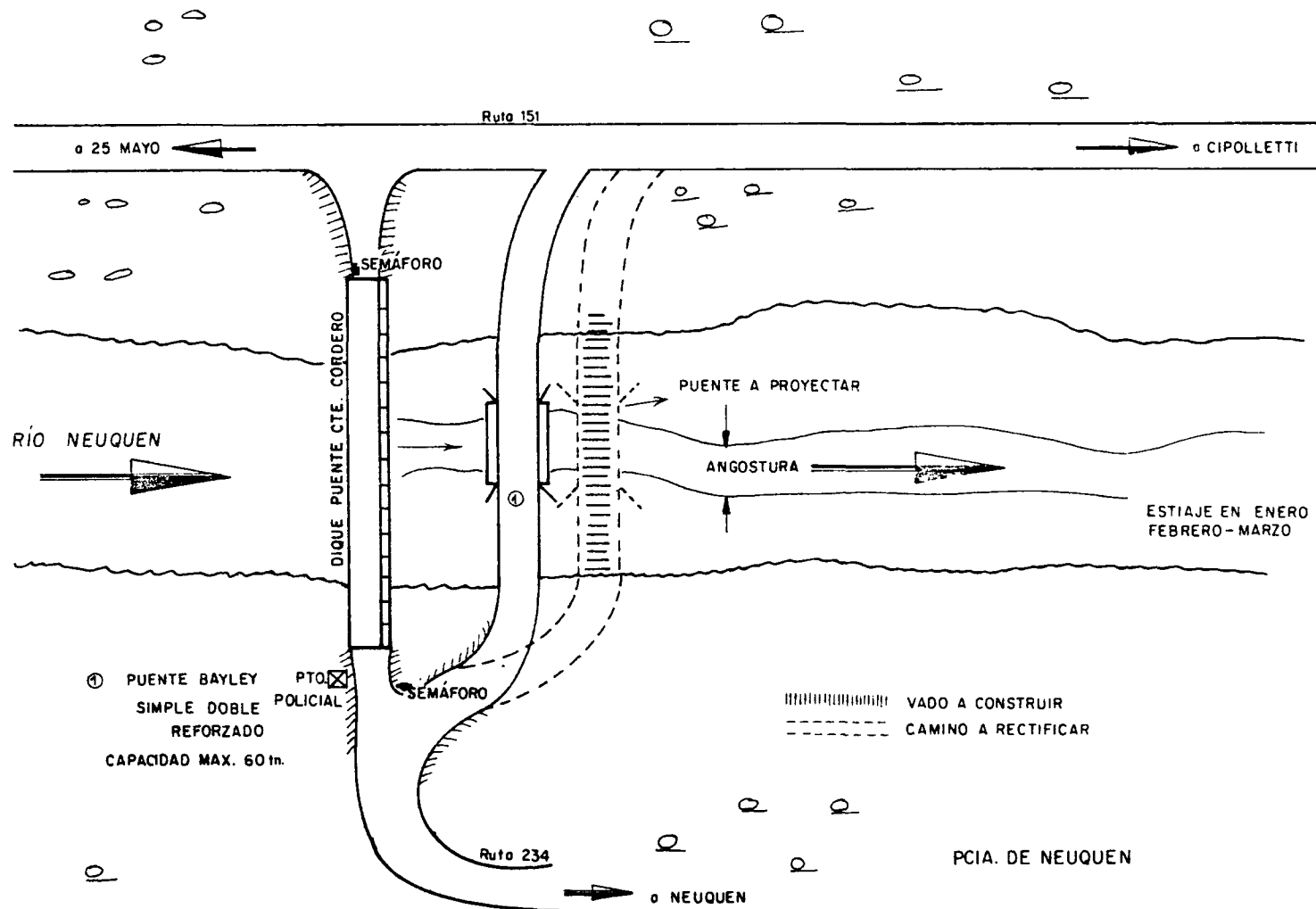
FIGURA Nº5

VADO SOBRE RÍO COLORADO EN ANDERSEN Pcia. DEL RÍO NEGRO



VADO SOBRE RÍO NEUQUEN

Pcia. DEL RÍO NEGRO



XIII.3. TRANSPORTES FERROVIARIOS

3.1. MEMORIA DESCRIPTIVA

Existe infraestructura ferroviaria desde los puertos de Buenos Aires y Bahía Blanca. El primero a través de éste hasta la localidad de Senillosa (Pcia.del Neuquén) distante a 17 km, aproximadamente, del lugar elegido para el emplazamiento de la planta de agua pesada.

El tipo de carril es de trocha ancha y las limitaciones de medidas en la carga están delineadas en el gálibo ferroviario (Figura 7).

Este medio de transporte fue muy usado para las obras de El Chocón, pero hay que tener en cuenta que la naturaleza de esa obra hacía necesario el transporte de 400 t diarias de cemento, con lo cual se formaba un convoy de 10 vagones. Esto aseguró una periodicidad constante de transporte.

Para la obra que nos ocupa debemos establecer las siguientes consideraciones:

- 1°) Las cargas pesadas (mayores de 40 t) no pueden ser transportadas vía ferrocarril.
- 2°) Por el tipo de obra, en contadas ocasiones se realizarán transportes masivos, por lo cual se deberá tener en cuenta que al no ocupar un convoy completo las frecuencias de trenes disminuyen, teniendo que esperar el envío la consolidación del tren completo.
- 3°) En la estación Senillosa existe una excelente playa de maniobras con depósitos que cubrirían las necesidades de esta obra. Pero para ello se considera imprescindible planear estos envíos con suficiente antelación, ya que en la época de la zafra del valle del Río Negro, el transporte y depósitos de mercaderías se ven congestionados por el transporte de fruta.

XIII.4. PUERTO GALVAN

La Figura 8 permite observar las posibilidades de utilización de los muelles de Puerto Galván.

De los 4 disponibles (A,B,C y D) el A ofrece los menores inconvenientes. No obstante, se deberán realizar trabajos de mejoras en la zona de maniobra de grandes bultos y en el camino de acceso.

FIGURA N° 7

F.N.G.R.

ESPACIO LIBRE PARA CARGAS SOBRE VAGONES PLATAFORMA

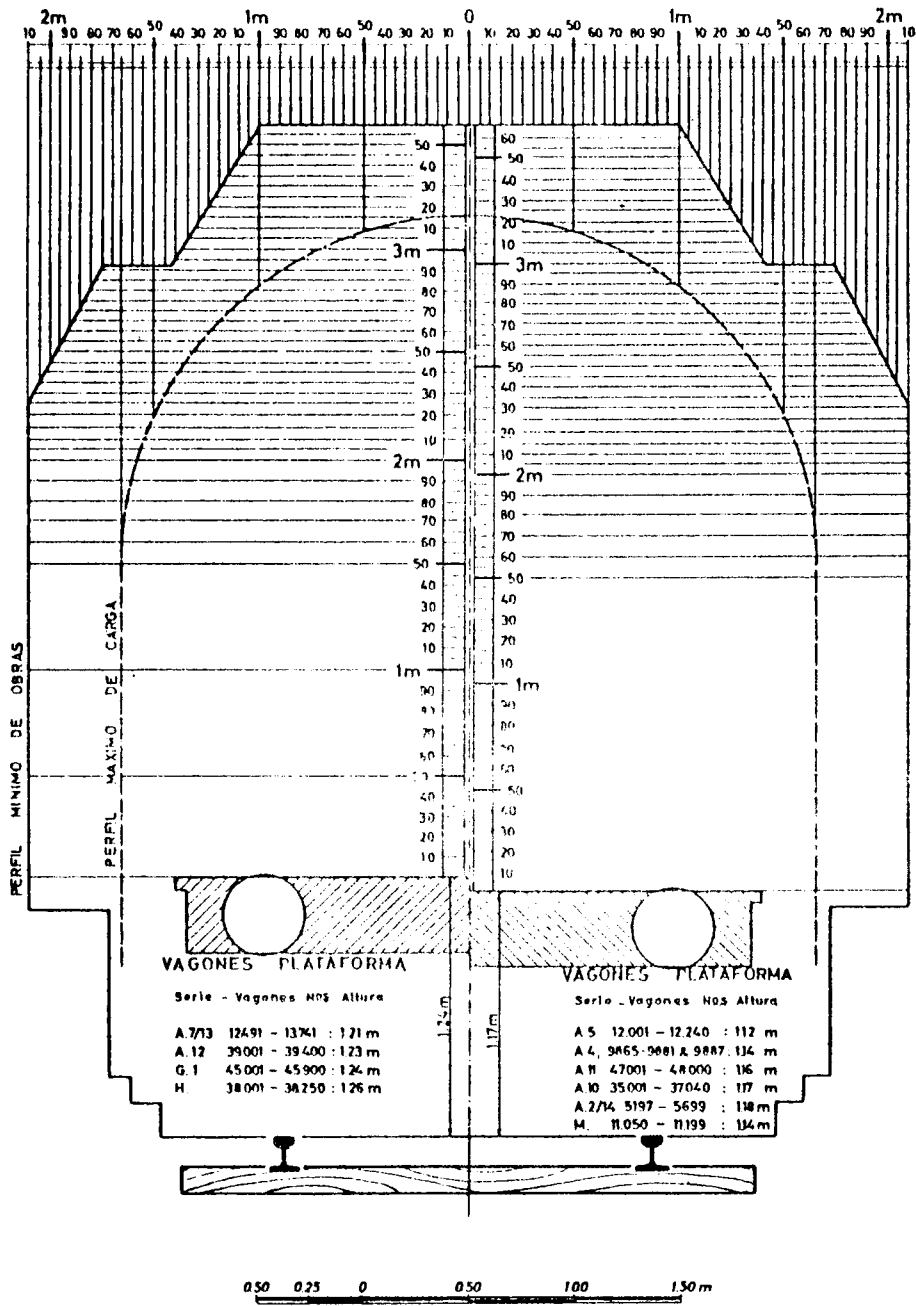


FIGURA Nº8

