

MENDOZA AMBIENTAL



MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE,
URBANISMO Y VIVIENDA



MENDOZA AMBIENTAL

EDUARDO MARTÍNEZ CARRETERO
ANTONIO DANIEL DALMASSO
EDITORES

S.A.



**MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE,
URBANISMO Y VIVIENDA**

EDITORES

Eduardo Martínez Carretero

Antonio D. Dalmasso

COMITÉ EDITORIAL

Ing. Luis M. Magistocchi (*Fac. Ingeniería, UNC*),

Ing. Pieter Smit (*Dir. San. y Cont. Amb., Mendoza*),

Ing. Adrián Vargas Aranibar (*INCYTH*),

Ing. Armando Llop (*CELAA*),

Lic. T. Petcheneshsky (*Dpto. de Salud Ambiental, Min. de Sal. y Ac. Soc. de la Nación*),

Ing. Fidel Roig (*IADIZA*),

Ing. Nicolás Martinis (*CRAS*),

Dr. Máximo Menentti (*ICW, Holanda*).

GOBIERNO DE MENDOZA

GOBERNADOR

Lic. Rodolfo Gabrielli

MINISTRO DE MEDIO AMBIENTE URBANISMO Y VIVIENDA

Luis E. Böhm

DIRECTOR DE SANEAMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL

Ing. Antonio D. Dalmasso

Febrero 1995

Hecho el depósito que marca la ley 11.729

Libro de Edición Argentina

I.S.B.N. Nº 950-43-7961-6

MENDOZA AMBIENTAL

PUBLICACIÓN AUSPICIADA POR

YPF S.A.	TRITON ARGENTINA INC.
MACAR S.R.L.	MEX PETROL ARGENTINA S.A.
LA CAMIONERA MENDOCINA S.R.L.	COMPAÑIA NAVIERA
PETROLERA SANTA FE S.A.	PEREZ COMPANC
PLUS PETROL S.A.	SIPETROL S.A.
ASTRA C.A.P.S.A.	TECNICAGUA S.A.
CHAÑARES HERRADOS S.A.	ALIANZA PETROLERA ARGENTINA S.A.

El Ministerio de Medio Ambiente de Mendoza, el IADIZA y los Editores agradecen a las empresas auspiciantes el apoyo financiero brindado, que evidencia el compromiso ambiental de las mismas.

Mendoza
1995

Los editores agradecen especialmente a la Prof. Cecilia Scoones por su colaboración en el dibujo de los originales y a María E. Soler por la traducción de los resúmenes al inglés.

Prólogo

El ambiente, del latín Ambiens, tis (alrededor, lo que rodea), es naturalmente complejo y dinámico, lo que se traduce en infinidad de relaciones entre los distintos factores (bióticos y abióticos) que lo componen.

Si se analiza individualmente cada uno de ellos se revela una alta diversidad y complejidad interna, que aumenta cuando se relaciona con los restantes. La actividad humana, cada vez más intensa y diversa, genera una amplia gama de productos residuales, que se transforman en contaminantes, y que en muchos casos o son tóxicos per se o se constituyen como tales al alcanzar determinadas concentraciones o combinaciones. Esta complejidad ambiental requiere para su análisis un tratamiento interdisciplinario.

MENDOZA AMBIENTAL, pretende ser una propuesta inicial que brinde una visión amplia de la problemática ambiental de Mendoza; tarea que debería continuarse en función de los nuevos conocimientos que se van generando como producto de la investigación ambiental.

La generación de políticas ambientales requiere disponer, además de una visión holística, de estudios específicos científico-técnicos, sociales, educativos, en un marco legal específico. Las relaciones interinstitucionales dentro de la provincia y con los estados vecinos facilita el flujo de información.

Brindar el caudal de información disponible es el primer paso para avanzar en el desarrollo científico-tecnológico y el crecimiento de la provincia, en la búsqueda de un mejor nivel de vida para la población. Para ello se debe aunar esfuerzos entre los que producen la información y los encargados de formular las políticas al más alto nivel; así como lograr que la población esté mejor informada para eficientizar la utilización de los recursos.

Esta obra incluye, junto con trabajos técnico-científicos, inventarios, registro de datos y experiencias locales, que si bien en algunos casos son trabajos de prospección y es la única información disponible, constituyen un valioso material documental básico para estudios de detalle.

MENDOZA AMBIENTAL rescata parte de ese conocimiento generado por diversas instituciones, restando aún un inmenso caudal de datos, evaluaciones, estudios puntuales, que al ir publicándose contribuirán a dar mayor certidumbre a las propuestas y acciones que involucren al ambiente.

EDUARDO MARTÍNEZ CARRETERO
EDITOR

ANTONIO DANIEL DALMASSO
DIRECTOR
DIRECCIÓN DE SANEAMIENTO Y CONTROL AMBIENTAL

Febrero 1995

Contaminación de las aguas subterráneas

ADRIÁN VARGAS ARANIBAR

Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas (INCYTH), Belgrano 210 Oeste, Mendoza

RESUMEN

Los acuíferos, por la lenta circulación de las aguas, capacidad de adsorción de los terrenos y pequeño tamaño de los canalículos, pueden tardar mucho tiempo en mostrar la contaminación, presentando un notable poder depurador frente a muchos agentes contaminantes. Del mismo modo que un acuífero resiste a la contaminación, una vez que se ha producido y establecido, la regeneración suele ser extraordinariamente lenta, a veces de muchos años, si es que puede lograrse. En el trabajo se hace una descripción de las fuentes contaminantes de las aguas subterráneas. Se dan pautas preventivas y correctivas con vistas a garantizar una óptima gestión del recurso hídrico.

ABSTRACT

Contamination of underground water

Owing to the water slow circulation, to the adsorption capacity of the terrains and to the small size of the conducts the aquifers may take a long time showing the contamination and they present a notable purifying power against many contaminant agents. The same way an aquifer resists contamination, once this has happened and once it is established, the regeneration is usually extraordinarily slow, sometimes it may take years, if it can be achieved. This work describes the contaminant sources of underground waters. The work also gives preventive and corrective patterns to guarantee the optimum from the hydric resource.

INTRODUCCIÓN

La actividad humana produce una gran cantidad de desechos y provoca perturbaciones en el ciclo hidrológico y en la circulación de las aguas. El resultado es casi con frecuencia una contaminación de las mismas, unas veces en forma depurable pero otras veces prácticamente irreversible.

La contaminación de las aguas superficiales es muy visible y por ello es capaz de movilizar acciones y remedios para evitarlas o corregirlas. No sucede lo mismo con las aguas subterráneas, que al no ser visibles y estar su explotación muy distribuida, la acción protectora o correctiva llega con frecuencia tarde. Además, cuando la contaminación se hace perceptible, usualmente ya ha alcanzado un importante desarrollo en extensión. Los acuíferos, por la lenta circulación de las aguas, capacidad de adsorción de los terrenos y pequeño tamaño de los canalículos, pueden tardar mucho en mostrar la contaminación y presentan un notable poder depurador frente a muchos agentes contaminantes, aunque aquel tiene un límite, que varía según el agente contaminante. Además el gran volumen

que contiene hace que las contaminaciones extensas se manifiesten muy lentamente y que las contaminaciones focalizadas no aparezcan hasta después de un tiempo, hasta que se hayan desplazado a captaciones en explotación.

Del mismo modo que un acuífero resiste a la contaminación, una vez que se ha producido y establecido, la regeneración suele ser extraordinariamente lenta, a veces de muchos años, si es que puede lograrse. Lógicamente, la persistencia y evolución depende del contaminante, pues mientras unos son fácilmente degradables naturalmente, otros lo son con dificultad y otros son estables.

En caso de contaminación masiva de aguas superficiales, las aguas subterráneas pueden ser una fuente inestimable de agua de buena calidad durante un determinado tiempo.

De lo expresado se desprende la gran importancia que tiene proteger los embalses subterráneos contra la contaminación, cualquiera sea su origen y sólo en casos extraordinarios queda justificado su sacrificio.

Para combatir la contaminación de los acuíferos es conveniente que la población en general y principalmente los industriales adquieran los conocimientos generales acerca de las leyes básicas de las aguas subterráneas y sobre la contaminación. Desde el punto de vista de la planificación y control, es preciso conocer bien los posibles caminos a recorrer por los agentes de contaminación en base a los condicionantes geológicos, hidráulicos y químicos.

En cuanto al tipo de contaminantes cabe considerar:

- minerales
- orgánicos degradables (excretas, purinas, ...)
- orgánicos poco o no degradables (pesticidas, detergentes duros, hidrocarburos, ...)
- biológicos (bacterias, algas, virus, ...)
- radiactivos (tritio, Sr-90, Cs-137, ...)
- gaseosos.

También cabe considerar si está en estado coloidal o en suspensión; si se trata de un líquido se debe tener en cuenta si es miscible o no, y cuándo es inmisible el grado de solubilidad.

La contaminación de acuíferos depende mucho de los factores locales y por ello su estudio requiere un buen conocimiento de la zona y el estudio de casos similares.

MODOS DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Puede decirse que las aguas subterráneas sufren una contaminación directa, sin dilución, cuando las sustancias contaminantes se introducen directamente en el acuífero, tal como el vertido en pozos de inyección o en pozos negros, o bien una contaminación indirecta, con dilución, cuando se produce por contaminación de la recarga natural o por entrada de aguas contaminadas, debido a alteraciones de las condiciones hidrodinámicas preexistentes, tal como la producida por bombeos de pozos, drenajes, etc.

La contaminación a través de pozos negros, ríos contaminados, cloacas, canales con fugas, abonos, riego con agua residual, excedentes de riego salinos, lixiviación de depósitos de basuras o escombreras, fugas de depósitos de materiales derivados del petróleo o productos químicos, etc. (Figuras 1 y 2), es muy fácil comprender cuándo se trata de acuíferos freáticos o libres, es decir sin ninguna presencia de materiales impermeables suprayacentes que los protejan y tal entrada es posible bajo un punto de vista hidráulico.

Los acuíferos confinados, con un nivel impermeable superior están protegidos naturalmente contra la contaminación, la cual en principio sólo puede producirse cuando el acuífero cautivo pasa a ser libre. En la realidad un acuífero confinado puede ser contaminado si su potencial hidráulico es menor que el de otros acuíferos superpuestos; el paso del agua contaminada puede hacerse a través del nivel confinante si éste es algo permeable (acuífero semiconfinado) o bien a través de pozos mal construidos o con corrosión en su tubería (Figura 3).

En zonas costeras, en las proximidades de lagos salados o salobres y en acuíferos con agua salada bajo agua dulce, el bombeo puede originar que estas aguas de mala calidad invadan parte del acuífero y afecten las captaciones y pozos.

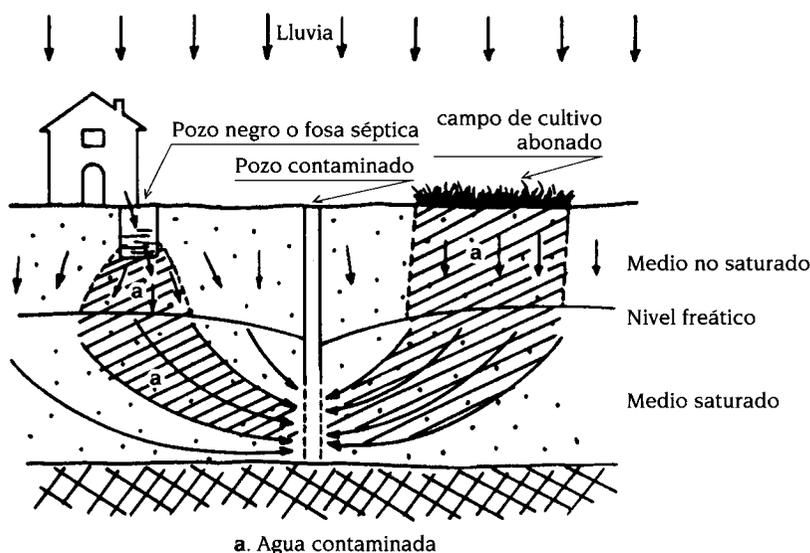


Figura 1. Esquema de la contaminación de un pozo en un acuífero libre por una fosa séptica y por un campo de cultivo abonado o regado con aguas residuales.

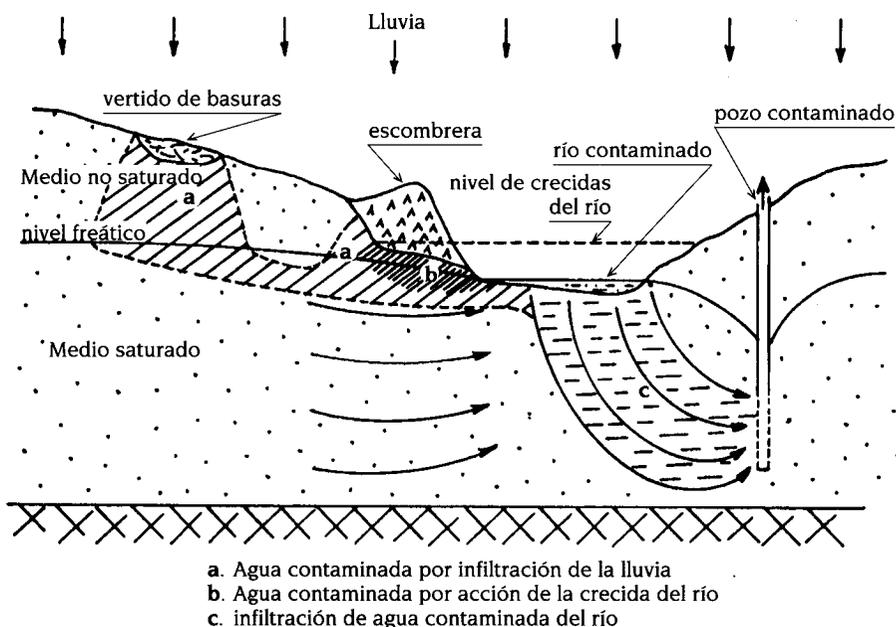


Figura 2. Esquema de la contaminación por acción de la lluvia de un acuífero y un pozo sobre una escombrera y vertido de basuras, de un río sobre escombrera y de una recarga inducida.

No sólo la producción de aguas residuales, deposición de basuras, almacenamiento de sustancias tóxicas, prácticas insalubres, etc., pueden ser causa de contaminaciones, sino que ésta puede también ocurrir como consecuencia de otro tipo de acciones tales como drenaje de terrenos, dragado de ríos, pavimentaciones. Las obras hidráulicas de superficie también pueden jugar un papel importante en la contaminación de las aguas subterráneas, unas veces favoreciéndola (creación de zonas de regadío) y otras reduciéndola (Figura 4).

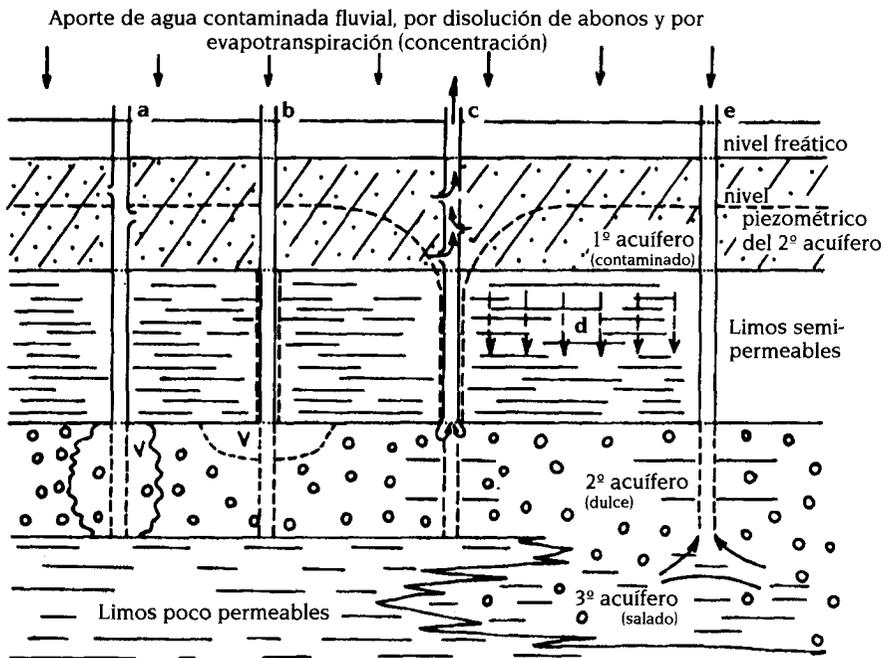


Figura 3. Acuífero profundo contaminado por un acuífero libre de mayor potencial, a- pozo parado o abandonado con roturas en el primer acuífero, b- pozo que permite un flujo vertical a lo largo de sus paredes, c- pozo en bombeo, con roturas y mal cementado, d- lenta infiltración vertical general con agua contaminada, e- pozo sobre un acuífero salado que se contamina por ascenso salino.

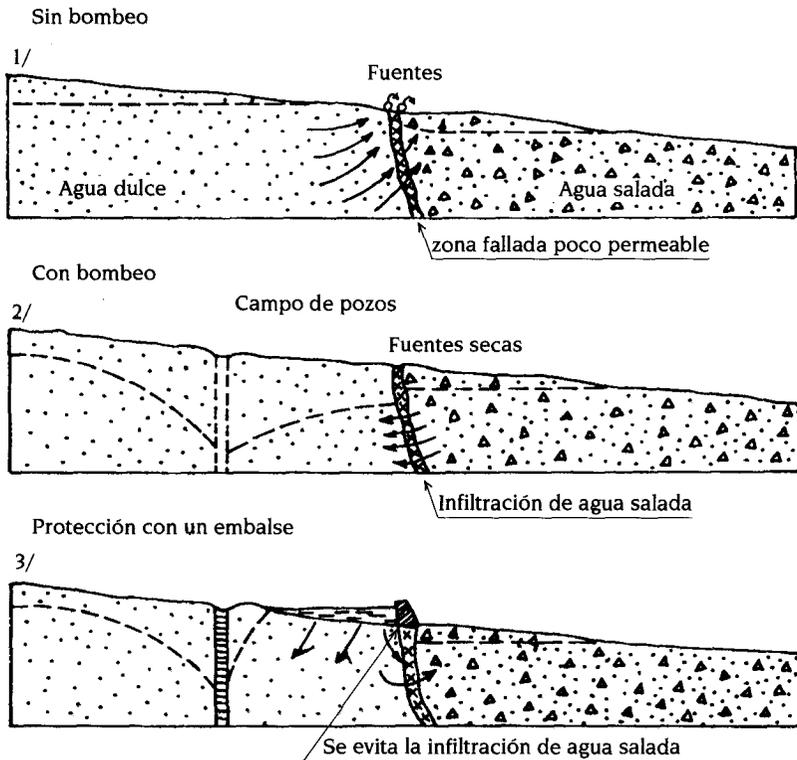


Figura 4. Contaminación de un acuífero de agua dulce por infiltración de un acuífero lateral de agua salada, por intensos bombeos.

REACCIÓN DE LOS ACUÍFEROS CONTRA LA CONTAMINACIÓN

La general lentitud con que se produce la contaminación de un acuífero obedece a varios factores, de los cuales los principales son:

a.- Acción de filtración mecánica

Esta acción se ejerce sobre las partículas en suspensión tales como arenas, limos, arcillas, algas, microorganismos, etc., aunque ciertas bacterias de muy pequeño tamaño pueden circular con cierta libertad. Es tanto más enérgica cuanto menor es el tamaño de los poros y más uniforme es su distribución. En este sentido los acuíferos en gravas fluviales gruesas están deficientemente protegidos, tanto más cuanto más gruesas sean.

b.- Acciones de oxidación-reducción

Los procesos de oxidación son muy importantes en la disminución de la contaminación por productos orgánicos y nitrogenoideos; se realizan predominantemente durante la infiltración en medio no saturado aunque también se puede producir en el medio saturado mientras no se consume el oxígeno disuelto en el agua; los materiales orgánicos se transforman en CO_2 y los compuestos nitrogenados en NO_3^- . Cuando el oxígeno es escaso o inexistente, se producen fenómenos anaeróbicos en los que se consume materia orgánica a expensas de la reducción de nitratos y de sulfatos, y también de compuestos férricos y mangánicos del terreno. El resultado es la producción de: CO_2 , CH_4 , SH_2 , S , Fe^{++} , Mn^{++} , NH_4^+ , N_2 , NO_2^- .

La reducción anaeróbica disminuye un tipo de contaminación pero puede dar lugar a otro tipo de la misma, a veces peor, que puede ir acompañado de malos olores, gustos y colores. Tanto en los fenómenos de oxidación como en los de reducción, juegan un papel muy importante las bacterias y otros microorganismos del terreno.

La presencia de NH_4^+ y de SH_2 o de S^- no necesariamente indica medio reductor, pues pueden aparecer por simple descomposición de materia orgánica en un medio neutro o poco oxidante.

c.- Adsorción y Absorción por el terreno

El terreno puede retener cantidades importantes de materiales contaminantes, en especial aquellos que consisten en moléculas complejas y de gran tamaño. Esta retención puede ser temporal -en realidad es sólo una disminución de la velocidad de circulación- o bien permanente.

La capacidad de retención tiene un límite, de modo que si el compuesto retenido no se descompone por otras acciones, el terreno sólo admite en determinadas circunstancias una cierta cantidad máxima del mismo. La retención supone un mayor tiempo de permanencia y ello permite que otros fenómenos purificadores, como los de oxidación o de acción bacteriana, puedan actuar con mayor intensidad. Entre los fenómenos incluidos en este grupo deben considerarse también los de intercambio iónico.

En la zona de tránsito de un medio reductor a un medio oxidante, la precipitación de hidróxidos férricos y mangánicos, y la formación continuada de lodos bacterianos alrededor de la superficie de gravas y grietas, supone mantener la capacidad sorbente del terreno, aunque ello lleva a una reducción de la permeabilidad.

d.- Procesos bioquímicos.

Los procesos bioquímicos juegan un papel muy importante en el terreno, tanto en la zona no saturada como en la zona saturada, aunque en general es más intensa en la primera. Estos procesos están muy ligados a los de óxido-reducción y los de degradación de muchos productos orgánicos.

e.- Procesos de precipitación y coprecipitación.

Afectan principalmente al Fe^{++} y Mn^{++} que puede tener el agua, principalmente como consecuencia de procesos previos anaeróbicos que los hayan puesto en disolución.

Se origina a causa de una oxidación a pH entre 6 y 8, produciéndose $Fe(OH)_3$ y $Mn(OH)_3$ insolubles. En esta precipitación fácilmente se arrastran por coprecipitación muchos iones metálicos, tales como los de Cu, Pb, Zn, As, W y V, y también los iones F^- y PO_4^- .

En zonas reductoras o pozo oxidante, la generación de SH_2 y S^- anaerobio o por descomposición, puede eliminar todos o parte de los iones Fe^{++} precipitándolos como SFe,

además de precipitar también otros iones metálicos pesados, que en general tienen sulfuros muy insolubles.

La eliminación de Ca^{++} por precipitación en forma de CO_3Ca es poco importante relativamente, aunque puede afectar la permeabilidad.

f.- Intercambio de gases.

En los procesos bioquímicos se desprenden gases cuya composición depende de si el proceso es aeróbico o anaeróbico, el tipo de contaminación y de las reacciones específicas que tengan lugar. Estos gases pueden ser: CO_2 , CH_4 , SH_2 y N_2 y su escape al exterior es una forma de contaminación. Al mismo tiempo se difunde oxígeno de la atmósfera que sirve para mantener los procesos aerobios. Este intercambio es mucho más intenso en el medio saturado. Si existe una cobertura poco permeable se reduce o incluso puede anularse dicho intercambio, con lo que se retardan o inhiben los procesos bioquímicos.

g.- Desintegración radioactiva

La desintegración radioactiva es una forma natural de eliminación de sustancias radioactivas. En los acuíferos el gran tiempo de permanencia en el terreno, sobre todo si los fenómenos de retención son importantes, favorece la descontaminación. De hecho, de los principales radioisótopos que contaminan el agua de lluvia, el Cs-137 no aparece en el agua subterránea y el Sr-90 sólo en ciertas circunstancias y muy disminuido.

h.- Procesos de dilución

El agua contaminada es dispersada en el acuífero, lo que supone un cierto grado de mezcla. Cuando se bombea, las propias captaciones intervienen de forma muy importante en el proceso de mezcla al tomar simultáneamente aguas de diferentes niveles y modificando en cierto modo el movimiento del agua. La importancia de estos procesos de dilución viene muy ligada a la forma en que se produce la contaminación; son importantes si la contaminación es extensa, y son en general reducidas si la contaminación es localizada, tal como la producida por un pozo de vertido, una escombrera, etc. El volumen de agua del acuífero juega también un papel muy importante; acuíferos caracterizados por un elevado tiempo de residencia reaccionan más lentamente a una contaminación que los acuíferos con residencia breve; por idéntica razón los primeros se regeneran más lentamente que los segundos.

En todos estos mecanismos descriptos, el ambiente físico y la estructura, mineralogía y características hidráulicas juegan un papel muy importante en la resistencia a la contaminación.

DIFERENTES TIPOS DE CONTAMINANTES

Es difícil clasificar los contaminantes en grupos homogéneos, pero una primera tentativa permitiría reconocer como principales a los siguientes:

1. Minerales
2. Minerales metálicos pesados y de elementos menores, estables o radioactivos
3. Radioactivos
4. Derivados del petróleo
5. Detergentes
6. Compuestos nitrogenados
7. Pesticidas
8. Orgánicos diversos
9. Biológicos: bacterias
10. Biológicos: virus.

Estos grupos no son coherentes en cuanto a su sistemática pero sirven para la discusión general.

CONTAMINACIÓN POR PETRÓLEO Y SUS DERIVADOS

La contaminación de las aguas subterráneas por petróleo y sus derivados es, desgraciadamente, frecuente y sus consecuencias pueden ser graves. Esta contaminación puede producirse por: fugas en depósitos, vertidos accidentales, enterramiento de residuos que

los contienen, lavado de aglutinantes de caminos asfaltados, riego de caminos de tierra con aceites residuales para evitar el polvo, etc.

Según Sarbouin (1966) estadísticamente resulta que más del 90% de los derrames terrestres de hidrocarburos conocidos son debidos a fugas de depósitos enterrados, accidentes de vehículos de transporte, rebalse en el llenado de depósitos y en la separación de las aguas de purga que acompañan a la extracción. La negligencia y falta de atención de las operaciones pueden explicar el 60% de los vertidos.

Muchos de los derivados del petróleo son capaces de comunicar al agua un sabor desagradable y algunos de ellos son demasiados tóxicos. Un litro de nafta puede impotabilizar entre 1 a 5 m³ de agua; otros productos son aún peores y hasta unas fracciones de miligramo por litro o micrones por litro pueden comunicarle propiedades indeseables.

En general se trata de productos de muy baja degradabilidad capaces de permanecer en el terreno mucho tiempo, con una movilidad diferente a la del agua, de acuerdo con las leyes del flujo multifase (agua-aceite o agua-aceite-aire, en medio no saturado).

Puede decirse que la extensión de una contaminación por aceites minerales está limitada si la cantidad vertida es constante, puesto que la propagación de la fase contaminante se interrumpe cuando la fracción en el terreno desciende por debajo de un cierto límite o valor (saturación irreductible).

El comportamiento y la extensión dependen mucho del tipo de producto, principalmente de su tensión superficial y viscosidad, así la nafta se extiende con cierta rapidez, mientras que el gas-oil lo hace más despacio y con cierta dificultad.

Si el vertido se realiza en superficie, el aceite se propaga verticalmente hacia el nivel freático (en realidad depende de heterogeneidad), y al llegar allí se acumula flotando y desplazando al agua, con tendencia a trasladarse lateralmente según el flujo predominante; después el agua poco a poco lo va extendiendo en el sentido del escurrimiento hasta que la dilución sea tal que se llegue a la saturación irreductible; el movimiento horizontal es inicialmente rápido y se va frenando a medida que se extiende la mancha. La propagación es más rápida en medios muy permeables, las disminuciones de permeabilidad actúan como trampas que tienden a impedir la propagación (Figura 5).

Que la contaminación tenga una extensión limitada es en principio favorable, pero ello impide que la zona afectada se lave con el tiempo, puesto que la saturación irreductible permanece y sólo desaparece muy lentamente por disolución (muy lentamente pues la mayoría de los productos son muy poco solubles). Los productos solubles que pueda contener el aceite, muchos de los cuales son los responsables del mal gusto, pasan poco a poco al agua de acuerdo con el coeficiente de reparto que corresponda.

Es importante destacar que el aceite no puede penetrar en el medio saturado y sólo desplaza el agua bajo la zona de contaminación, manteniendo las condiciones de presión. Sin embargo, en acuíferos en los que los niveles freáticos oscilan ampliamente (gran variabilidad de la recarga, fuertes bombeos, etc.) el movimiento de la superficie libre hace subir y bajar el aceite, dejando la zona de oscilación contaminada por solución residual irreductible.

Los análisis de contaminación por aceites minerales, en especial por fuel-oil de uso doméstico, se han desarrollado con especial atención en las zonas frías del sur, donde el número de instalaciones de almacenamiento para la calefacción son muy numerosas.

Hay un gran número de fluidos peligrosamente contaminantes para el agua, pudiéndolos dividir en dos grandes grupos, basados en la dinámica de fluidos:

- fluidos miscibles con el agua
- fluidos inmiscibles con el agua.

Por supuesto, hay algunos grupos como forma transicional entre ambos, pero estos son muy pequeños y no permiten tratarlos como un grupo definido.

La migración de fluidos inmiscibles con el agua, es originariamente la que más ocupada tiene a la gente en el mundo del petróleo, por considerarla la más complicada.

El flujo de dos fluidos inmiscibles ocurre al principio bajo la influencia de la gravedad como una cohesión de flujo multifase o de dos fases, hasta que el fluido inmiscible en el

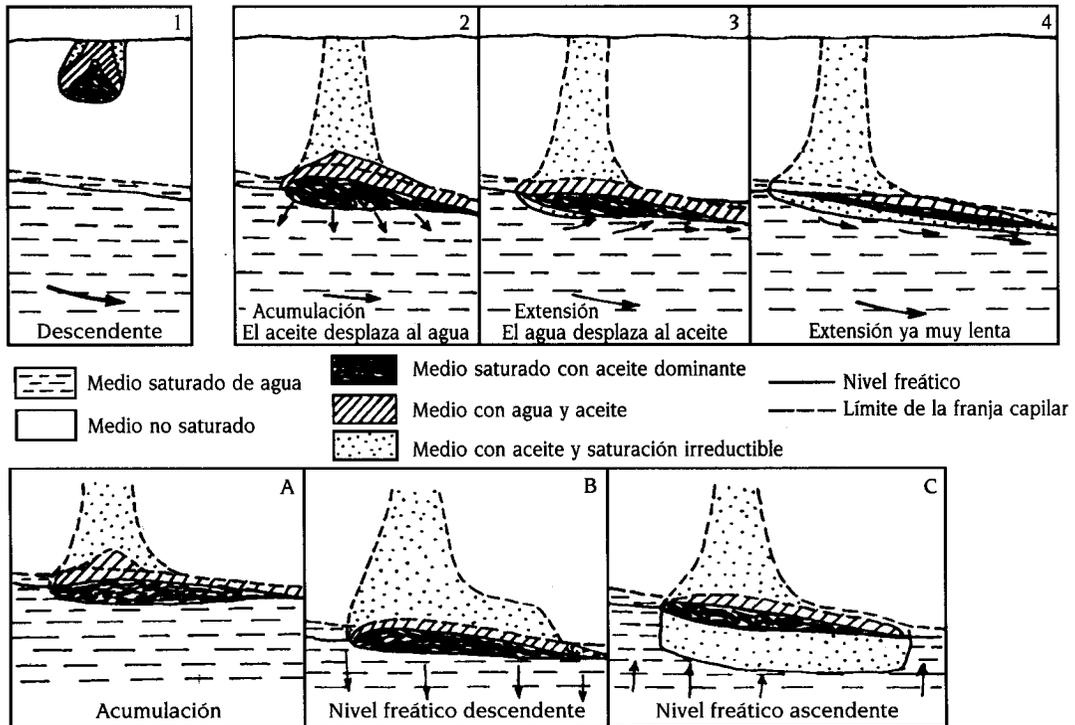


Figura 5. Esquema del movimiento de hidrocarburos pesados en el terreno. 1- descenso vertical de la contaminación, 2- acumulación sobre nivel freático, 3-4- extensión en el sentido del flujo. Fluctuaciones en el nivel freático, A- acumulación, B- contaminación de zona no saturada por descenso del nivel freático, C- área contaminada por ascenso posterior del nivel freático.

medio poroso va disminuyendo su volumen, y queda como un gran número de gotitas aisladas alcanzando la saturación residual irreductible. De esta manera estos fluidos se hacen prácticamente inamovibles bajo las condiciones normales y solamente podrán ser removidos en función de su solubilidad en las aguas subterráneas, que en general es muy baja.

El proceso de flujo, en el acuífero, de fluidos contaminantes inmiscibles, puede ser determinado de distintas maneras, de acuerdo con el tipo de fluido contaminante. Los siguientes parámetros se requieren además para su determinación: densidad, viscosidad (cinemática), presión de vapor (volatilidad), tensión superficial en la interfase y las características fisico-químicas.

LIQUIDOS INMISCIBLES CON EL AGUA

DENSIDAD 1,0

TRANSPORTE VERTICAL HASTA LA BASE DEL ACUIFERO

TRANSPORTE VERTICAL HASTA EL NIVEL FREATICO

EL LIQUIDO FLOTA SOBRE LA SUPERFICIE FREATICA

EL LIQUIDO SE INTRODUCE EN EL ACUIFERO

COHESION DEL FLUJO DE DOS FASES

Los fluidos inmiscibles con el agua son -en cuanto concierne a la protección de aguas subterráneas- principalmente sustancias orgánicas y aceites minerales. Las principales propiedades de estos fluidos son:

Nombre/fórmula	Densidad*	viscosidad**	solubilidad en el agua
Clorohidrocarburos alifáticos:			
Tricloroetileno C_2HCl_3	1,46	0,40	1,070
Tetracloroetileno C_2Cl_4	1,62	0,54	0,160
Tricloroetano $C_2H_3Cl_3$	1,32	0,65	1,700
Clorometileno CH_2Cl_2	1,33	0,32	13,200
Cloroformo $CHCl_3$	1,49	0,38	8,200
Tetracloruro de carbono CCl_4	1,59	0,61	0,785
Agua	1,00	1,00	
Aceites minerales: Destilación media (aceites livianos para calentadores, diésel)			
	0,82-0,86	2-8	3-8
Petróleo, combustible para propulsores a chorro			
	0,77-0,86	2-4	3-8
Gasolina			
	0,72-0,76	0,5-0,7	150-300
Aceites crudos			
	0,80-0,88	5-35	20-25

* en gr/cm^3 a 20° C.

** en mm^2 a 20° C.

La densidad, es una de las propiedades que mejor caracterizan a estos fluidos, comparando la diferencia de densidad con la del agua subterránea se puede determinar el nivel de migración que pueden alcanzar en los acuíferos.

La viscosidad es aplicada, aproximadamente, como la cantidad de viscosidad dinámica y la densidad determina la velocidad del flujo, esto es, la conductividad del fluido K-fluido en el medio poroso ($K_{\text{fluido}} = k/v$). Los Clorohidratocarbonados y gasolina, en medios porosos secos, podrían fluir 3,0 a 1,5 veces más rápido que el agua, mientras que los aceites livianos aproximadamente 2 a 10 veces más lentos que el agua. En la zona saturada el grado de saturación del fluido inmisible determinará su velocidad relativa de flujo.

La inmiscibilidad de estos fluidos con el agua no es absolutamente insoluble, estos tienen más o menos una débil solubilidad, solamente bajo ciertas condiciones.

Los Clorohidratocarbonos (CHC'S) son altamente volátiles. Por esta razón la transición desde la atmósfera hasta la superficie de agua y viceversa ocurre relativamente rápido y presenta igualmente un importante rol en la transición desde la atmósfera hacia la zona no saturada y viceversa. Esto también es válido para la gasolina pero no para los aceites minerales medianamente destilados.

El valor de la tensión superficial, tiene una especial importancia para la propagación de un fluido en agua pura, tanto se trate de CHC'S y aceites minerales de una cierta magnitud. La tensión superficial de las aguas superficiales es de 73 dinas/cm.; el valor para los aceites minerales y los CHC'S varía entre 25 y 32 dinas/cm.

De las propiedades físico-químicas, solamente tiene importancia la polaridad. Los CHC'S en general son no-polares a débilmente polarizados; los aceites por su parte también son no polarizados. Desde este punto de vista se puede concluir que la adsorción de partícu-

las minerales es muy pequeña, sin embargo es significativa en la materia orgánica de los suelos (por el puente de H).

MIGRACIÓN DE LA FASE INMISCIBLE

Que la infiltración de petróleo o CHC'S alcance o no la superficie del agua subterránea, depende decididamente de los procesos de infiltración en la parte superior a ella (infiltración localizada o extendida), y de la capacidad de retención del medio poroso en la zona no saturada.

El petróleo y los CHC'S se comportan en forma similar como una fase en la zona no saturada, pasando por alto las diferentes velocidades de percolación, como resultado de las diferentes viscosidades. Pero se comportan en forma totalmente diferente si el volumen de fluido infiltrado excede la capacidad de retención de la zona no saturada.

MIGRACIÓN DENTRO DE LA ZONA DE RETENCIÓN

Tan pronto como los fluidos han sido derramados, no solamente tienden a extenderse en superficie sino que también penetran en el suelo. El grado de penetración del fluido está en función de la naturaleza del suelo así como de la cantidad y naturaleza del producto vertido. Un producto de baja viscosidad podrá penetrar más rápidamente dentro del suelo. En un terreno homogéneo, sin una variación estratificada marcada con una porosidad homogénea y una buena permeabilidad, la infiltración tendrá la forma de una pera alargada; si la permeabilidad es menor, tendrá la forma de una pera achatada y si existe estratificación en el suelo, la forma será irregularmente alargada en el sentido de la laminación (Figura 6).

La penetración de estos cuerpos dentro del agua está en función del volumen de los derrames; la componente vertical está dada por la gravedad y se desarrolla marcadamente en la zona no saturada, mientras que la componente horizontal se debe a la capilaridad. La migración puede tener lugar por la acción de sucesivas impregnaciones en áreas extensas. En un estrato permeable las fuerzas de capilaridad juegan un rol muy importante y la penetración es más horizontal. La heterogeneidad del subsuelo tiene una influencia considerable sobre la forma del cuerpo de petróleo impregnado.

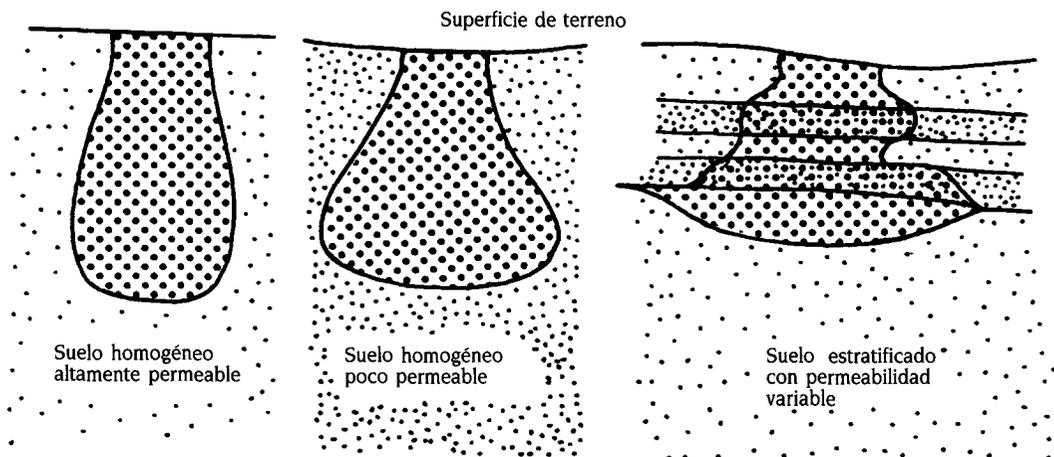


Figura 6. Perfil general de la distribución del fluido.

La detención de la progresión vertical de la impregnación puede ser debido a:

- Se alcanzó el umbral de la saturación residual irreductible
- Una capa impermeable se interpuso en el descenso del petróleo
- El petróleo alcanzó la superficie freática
- Los CHC'S alcanzaron la base impermeable del acuífero.

La saturación residual irreductible, está definida como el mínimo contenido que un fluido puede alcanzar para moverse en un medio poroso o alternativamente el umbral más bajo con el que él no puede moverse. Es un parámetro adimensional y puede ser expresado como la capacidad de retención R.

En la zona de retención coexisten las tres fases presentes: petróleo, aire y agua. La movilidad de estas tres fases depende de sus respectivas proporciones en los poros.

La máxima profundidad de penetración del contaminante puede ser estimada con la siguiente ecuación:

$$D = \frac{1000 \cdot V}{A \cdot R \cdot k}$$

donde:

D = máxima profundidad de penetración, en m

V = volumen de infiltración de petróleo, en m^3

A = área de la superficie de infiltración, en m^2

k = factor de corrección aproximado para distintas viscosidades de petróleo:

k = 0,5 para productos de baja viscosidad, gasolina, CHC'S

k = 1,0 para kerosene, gasoil y productos con similar viscosidad

k = 2,0 para petróleos de mayor viscosidad y fuel oil liviano.

Los valores típicos de capacidad de retención de suelos porosos son:

Cap. de retención del petróleo Suelo	R en l/m^3	F en l/m^3
Conglomerados, gravas gruesas	5	5
Gravas, arenas gruesas	8	8
Arenas gruesas a medianas	15	12
Arenas medianas a finas	25	20
Arenas finas, limos	40	40
Arcillas	50-60	50-60

Los valores de R se incrementan para suelos secos. Si el suelo es estratificado con distintos valores de capacidad de retención se deberá usar un valor promedio de los mismos.

En general la estratificación de suelos incrementa la capacidad de retención.

La fórmula da una buena aproximación de la propagación de la contaminación ante la eventualidad de un accidente. En la aplicación de la misma se debe tener muy en cuenta el volumen de fluido descargado así como la estructura del subsuelo, además de los valores mencionados para k y R.

Cuando el petróleo libre alcanza la franja capilar y si el volumen es grande, la forma que toma es la de una capa que irá incrementando su espesor favorecida por el petróleo que va descendiendo. La presión hidrostática ejercida deprimirá la superficie del agua subterránea. Las fuerzas gravitacionales actuarán para restituir el nivel de agua inicial y de esta manera el petróleo, en una fina lámina, se moverá lateralmente en igual dirección que el agua subterránea.

Durante la migración, una pequeña cantidad de petróleo quedará adherido a los granos del medio poroso por efecto de la adsorción y de las fuerzas de capilaridad.

La velocidad con que el petróleo se propagará sobre la superficie freática variará considerablemente con el tiempo.

La siguiente fórmula puede permitir una buena aproximación para el cálculo de la máxima velocidad de propagación del petróleo sobre la tabla de agua.

$$S = \frac{1000 \cdot V - A \cdot R \cdot d \cdot k}{F}$$

donde:

S = máxima velocidad de propagación del petróleo sobre la tabla de agua m^2

V = volumen de petróleo infiltrado m^3

A = área de la superficie de infiltración m^2

R = capacidad de retención del suelo sobre la tabla de agua l/m^2

d = profundidad de la tabla de agua m

F = contenido de petróleo inmediatamente por encima de la franja capilar l/m^2

k = factor de corrección para distintos valores de viscosidad de petróleo.

El movimiento del petróleo disuelto en el acuífero depende enteramente de las condiciones hidrogeológicas. Distintas situaciones pueden darse, tal como se muestra en las Figuras 7 y 8.

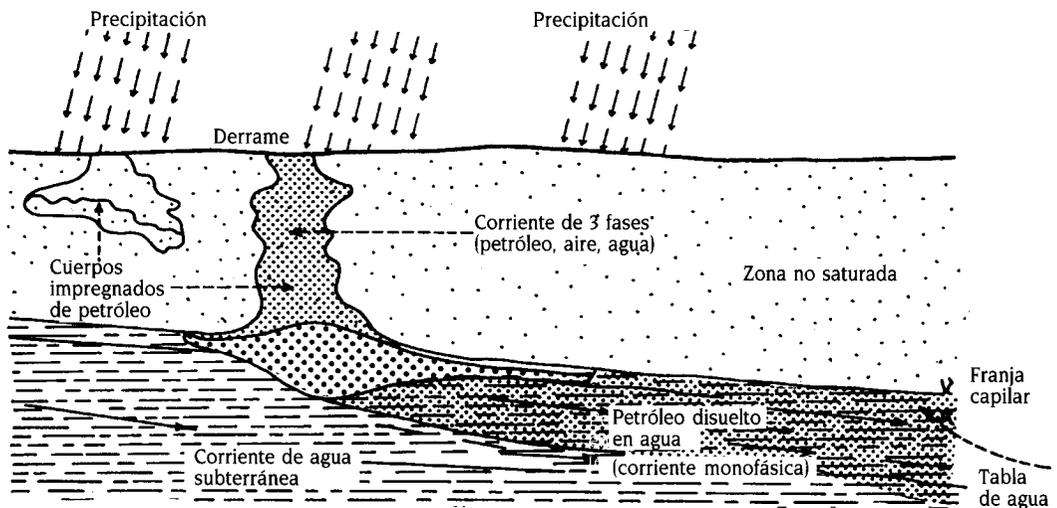


Figura 7. Mecanismos de transporte del petróleo después del vertido.

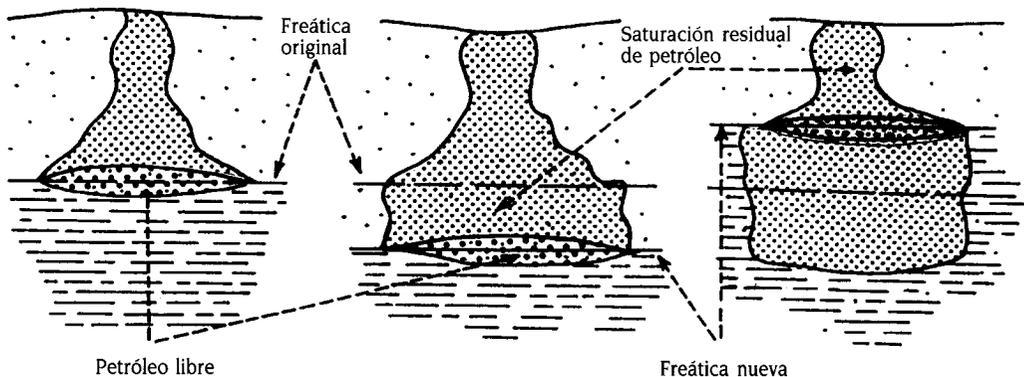


Figura 8. Efecto contaminante sobre el suelo por variación del nivel freático.

Si el petróleo no alcanza la superficie freática, la infiltración vertical de agua pasando a través de él, en la zona no saturada, disolverá ciertos componentes y los transportará dentro del acuífero. Estos, en el flujo del agua subterránea, se comportarán como un sistema de una simple fase.

El cuerpo de petróleo que penetra a las aguas subterráneas puede algunas veces incorporarse al agua como petróleo disuelto de mayor densidad y ser transportado a lo largo del flujo.

Siguiendo el ascenso del nivel piezométrico, una significativa parte de petróleo de saturación residual irreductible, puede permanecer inmersa en la zona de saturación. El contacto de petróleo con la superficie freática se va incrementando y por consiguiente este pasa en solución.

En muchos casos, el derrame de petróleo ocurre dentro de la zona de influencia de un pozo, en donde el contaminante del agua puede ser substancialmente diluido y alcanzar el pozo desde las inmediaciones. Esta dilución podrá estar muy aproximadamente:

- En proporción inversa al ángulo formado por el pozo y el área contaminada
- En proporción inversa al espesor del cuerpo contaminante.

La magnitud de los efectos de esta dilución dependerá de la profundidad del acuífero captado por el pozo y la extensión del flujo de las aguas subterráneas comparada con el valor de la abstracción.

La propagación de los CHC'S se presenta en el esquema de la Figura 9.

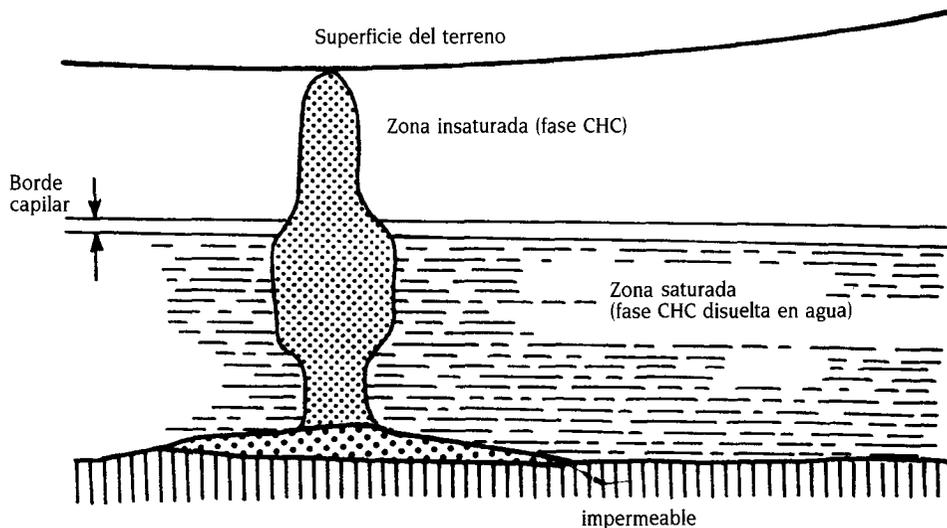


Figura 9. Transporte de hidrocarburos hacia la parte superior del acuífero.

Cuando el fluido ha alcanzado la zona de saturación, su descenso es detenido, desplazándose luego en forma lateral por encima del agua subterránea, después de un tiempo se va insumiendo dentro de la zona saturada. Si la capacidad de retención de esta zona es sobrepasada el fluido escurre directamente en la capa acuífera hasta alcanzar la base impermeable de la misma.

Cuando el acuífero es homogéneo la superficie de los CHC'S tiene la misma forma de lomada como el petróleo en la superficie freática.

Si el acuífero está formado por capas de permeabilidad comparativamente variable, la estimación de las formas de las lentes que asuman los HCH'S propagados es casi imposible de determinar.

MIGRACIÓN DE LOS COMPONENTES DISUELTOS

Los cuerpos de petróleo CHC'S inmiscibles con el agua, permanecen en la zona de saturación residual irreductible y solamente podrán incorporarse al agua subterránea por percolación, salvando una serie de limitaciones. Las gotitas dispersas en los poros resultan un buen contacto con el agua hacia la cual migrarán como un componente soluble muy difuso. Contribuirá a este efecto la pequeña velocidad de flujo que normalmente ocurre, alcanzándose la concentración de saturación necesaria después de un corto flujo recorrido, dependiendo del grado de saturación y de la concentración del fluido en cuestión.

Aunque el petróleo es virtualmente insoluble, algunos son suficientemente solubles como para impartirle un aroma y olor al agua. Esta solubilidad depende, en el caso de los aceites pesados y fuel-oil, de las concentraciones en sub-partes por millón, y concentraciones mayores de 300 mg/l para ciertas naftas.

Los compuestos más livianos son más volátiles, tienden a ser también más solubles y por eso son más fácilmente biodegradables.

Los compuestos más pesados, menos volátiles son menos solubles y por lo tanto tienen un mínimo efecto sobre las aguas subterráneas.

Así, los materiales intermedios de peso molecular medio de los fuel oil livianos y aceites crudos son los más perjudiciales. Estos productos cuando son atrapados por la superficie freática pueden permanecer intactos muchas veces por largos períodos de tiempo.

La densidad de estas soluciones acuosas es usualmente insignificante, lo que indica también la insignificante tendencia a escurrirse dentro de los acuíferos. Así la migración de estas sustancias disueltas seguirá las leyes de la hidrodinámica de la dispersión. La distribución de la concentración en el cuerpo diseminado puede ser calculado con suficiente exactitud, con una apropiada estimación de: la máxima sección transversal del cuerpo de petróleo CHC'S, la permeabilidad, el gradiente hidráulico, el coeficiente longitudinal y transversal de dispersión y la velocidad del flujo del agua subterránea.

Es muy importante considerar la heterogeneidad del acuífero, especialmente si éste es multicapa, porque la forma del cuerpo contaminante tendrá una mayor diseminación tanto como la hidrodinámica de dispersión lo permita.

MIGRACIÓN DE LOS COMPONENTES GASEOSOS

La elevada volatilidad de las naftas y CHC'S favorece la transición de estas sustancias en los poros de los alrededores de la zona no saturada. Alrededor de los cuerpos de nafta y CHC'S se desarrollará un entorno de formas gaseosas que irá decreciendo su concentración exteriormente.

En medios porosos con buena permeabilidad este entorno alcanzará zonas alejadas inmediatamente por arriba de la faja capilar. La evaporación de subsuelo, predominantemente en dirección ascendente, contribuye a la reducción de este componente gaseoso en la zona no saturada. Pero parte de este gas tiende a fluir por los espacios porosos poniéndose en contacto con el agua de percolación, por este medio, nuevamente, pueden contaminarse extensas áreas de aguas subterráneas.

DEGRADACIÓN MICROBIANA

Una vez que el petróleo impregnó el subsuelo, está sujeto a una serie de importantes cambios químicos, debido a las condiciones aeróbicas y anaeróbicas del suelo. El decaimiento de la cantidad de petróleo es principalmente una función de la presencia de oxígeno o del grado de aereación de la zona contaminada. La constituyentes disueltos de petróleo son relativamente fácilmente degradados cuando existe oxígeno molecular disponible. Si por el contrario el medio es anaeróbico la degradación será más lenta recurriendo al oxígeno de la reducción de los nitratos y sulfatos.

La oxidación de los derivados de petróleo comienza con las formación de peróxidos, alcoholes primarios y ácido monocarboxílico.

Con la biodegradación de las gotitas de petróleo, los constituyentes se forman con un alto grado de solubilidad. Estos productos intermedios de degradación son particularmente desagradables con respecto a su olor. Utilizando lisímetros se puede estimar el grado de degradación microbiana de los cuerpos diseminados de petróleo, el que aumenta, por esta acción, por lo menos 10 veces más la puesta en solución de la concentración saturada de petróleo

La determinación de la concentración después de un cierto tiempo se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$C_{(t)} = C_o \cdot e^{-a \cdot t}$$

Los valores de a son:

para: nafta	0,0012/día
fuel oil	0,008/día
aceites pesados	0,002/día

Si consideramos: $C(t) = \frac{1}{2} C_0$

el tiempo: para: nafta	58 días
fuel oil	87 días
aceites pesados	347 días

El estado final de la degradación es: dióxido de carbono, agua y bacterias celulares. Por otra parte la biodegradación podría ser acelerada en presencia de nutrientes.

Se conoce muy poco acerca de la biodegradación de CHC'S en el suelo, por ser una degradación muy lenta, sin embargo, por consiguiente los hidrocarburos halogenados son probablemente más persistentes que los alcoholes, ésteres y éteres.

Una mención especial merece la contaminación por material orgánico sintético, del que se deberá considerar su potencial grado de contaminación de las aguas subterráneas, porque muchos de estos materiales sintéticos son inatacables para su degradación en el medio. Por consiguiente, es probable que ellos sean efectivamente muy resistentes a los procesos de degradación bioquímica en la zona no saturada y que puedan ser transportados intactos a lo largo del perfil del suelo e ingresar en el acuífero.

MEDIDAS PREVENTIVAS

Las medidas preventivas deberán ser consideradas siempre que el acuífero comprometido, sea productivo o potencialmente productivo para el abastecimiento humano o el uso industrial, localizado cercanamente para este propósito, porque: el tratamiento de

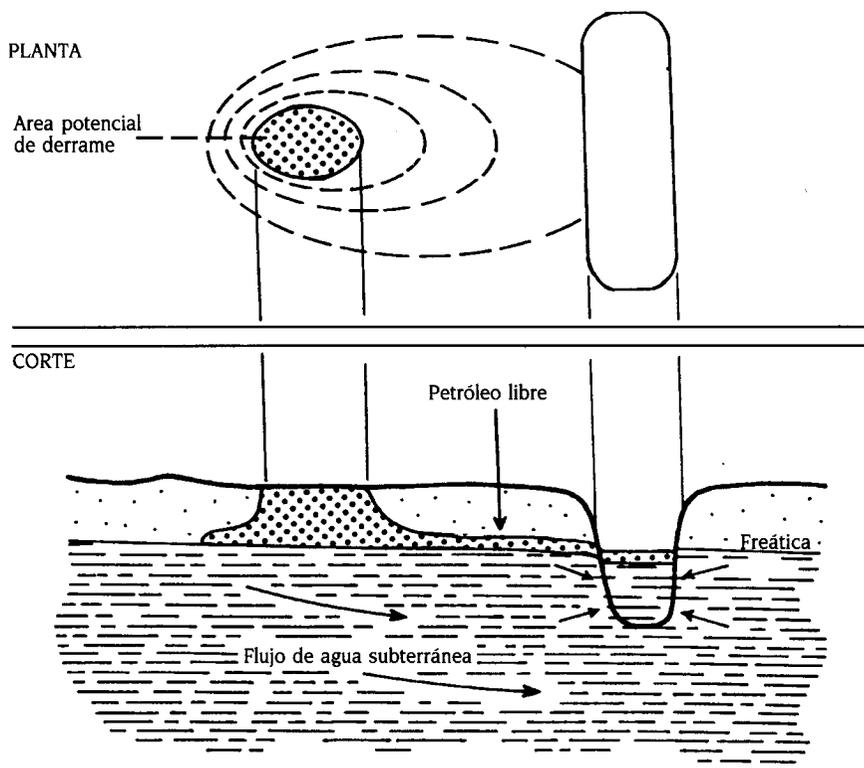


Figura 10. Derrame interceptado por una zanja construida transversal al flujo de migración.

recuperación de un acuífero contaminado, significa el desarrollo de grandes tecnologías para alcanzar un cierto grado de purificación y porque cualquier programa de tratamiento tiene un alto costo económico.

Por lo tanto son más importantes las medidas preventivas a tener en cuenta durante la construcción de estructuras permanentes, debiéndose considerar las siguientes:

- El tipo de construcción (estación de servicio, refinería, tanques de almacenamiento, oleoductos)
- El volumen y la naturaleza del fluido que probablemente contamine el lugar
- El entorno hidrogeológico, la naturaleza del terreno, la profundidad del acuífero y la dinámica del mismo, es decir las condiciones de recarga y descarga

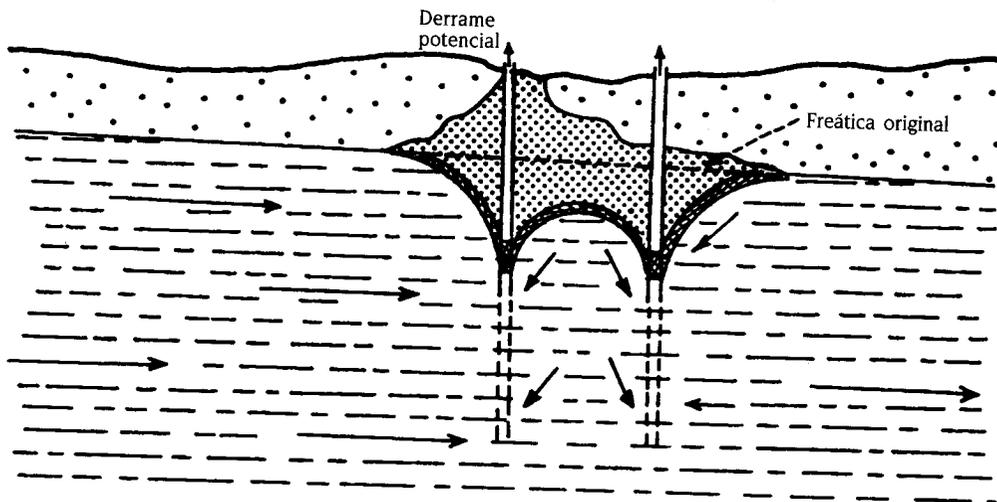


Figura 11. Protección hidrodinámica.

- La actividad económica, la proximidad a lugares de extracción de materia prima, áreas de regadío, asentamientos poblacionales, riesgos de contaminación de ríos, etc.
- Un sistema de prevención comprende tres tipos de dispositivos:
- medidas preventivas de superficie (pavimentación con concreto armado, capas de arcillas y bitúmenes, láminas plásticas, mezcla de suelo con materiales químicos que produzcan superficies impermeables)
 - Una superficie de drenaje, en el área de la planta, que permita el transporte de todos los fluidos contaminantes y las aguas contaminadas directamente al sistema cloacal, o su intercepción, para ser separadas, por medio de sistemas de cañerías colectoras con cajas de registro, o cunetas
 - Medidas preventivas de subsuperficie
- Con superficies de agua subterránea poco profundas (máximo 3 m), se puede cavar una acequia con el fondo un metro por debajo de la superficie piezométrica, aguas abajo del sentido del escurrimiento para interceptar la propagación de petróleo (Figura 10).

PROTECCIÓN HIDRODINÁMICA

El principio de los métodos hidrodinámicos, para controlar o extraer el derrame de petróleo, es provocar el cambio del sentido del escurrimiento del agua subterránea, de tal manera que el petróleo libre o el agua contaminada se dirijan a un punto de control específico. Esto puede llevarse a cabo por descarga o recarga del acuífero o por la combinación de ambos (Figura 11).

El principal factor a considerar, cuando se recupera petróleo libre desde la superficie del agua subterránea, es el gradiente del agua, ya sea natural o inducido, acentuando el gradiente existente por medios artificiales. La cantidad total a bombear para crear un cono o conos de recuperación está determinada por las características del acuífero. Estas

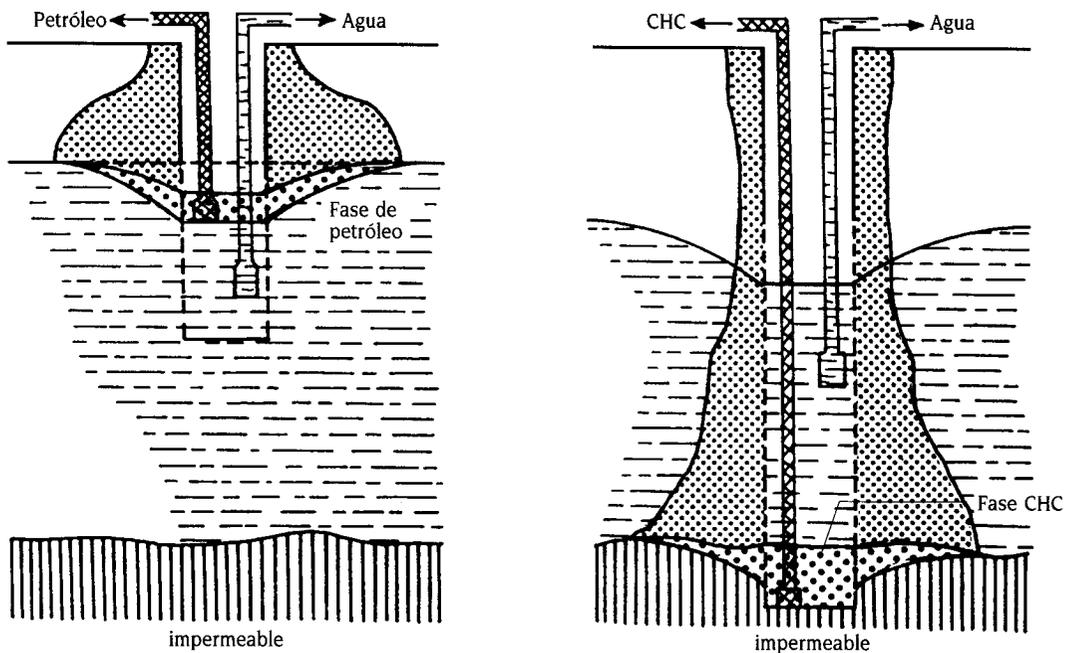


Figura 12. Recuperación de un derrame de hidrocarburos en la parte superior de un acuífero

características deberán ser definidas mediante ensayos por bombeo. Cuando el volumen a bombear es demasiado grande para un solo pozo, deberá recurrirse a una batería de pozos. El espaciamiento de los mismos deberá ser adecuado como para garantizar una intercepción o superposición de los conos de depresión de tal forma como si se tratase de un gran pozo que bombee la totalidad del volumen a extraer.

Como una guía general para la rehabilitación de sitios contaminados con hidrocarburos, se deberá realizar el siguiente tratamiento:

- mejorar la aereación
- adicionar fertilizantes nitrogenados para restituir el balance de C/N.
- cubrir en invierno con láminas negras de polietileno, para incrementar la temperatura del suelo y reducir la evaporación en verano.
- implantar una cobertura vegetal, a tal fin las plantas leguminosas son las más apropiadas para este propósito.

Cuando la contaminación es por CHC'S deberá tenerse en cuenta que las mismas penetran la totalidad del acuífero con una marcada tendencia a acumularse en el fondo del mismo, por lo tanto, para poder removerlas, deberá recurrirse a la elaboración de un pozo de bombeo, o una batería si el volumen así lo requiera, en el cual se bombeará en forma simultánea pero por separado la fase CHC'S por un lado y agua por el otro (Figura 12).

FLUJO MULTIFASE Y CAPILARIDAD

En la hidrogeología clásica el agua subterránea se estudia bajo el supuesto de que el medio está saturado con un único fluido de características homogéneas en densidad, viscosidad y composición.

El flujo de fluidos inmiscibles, ya sean dos líquidos o un líquido y un gas, se tiene que analizar fuera del contexto de la hidrogeología clásica, siendo el caso más interesante el estudio de los medios no saturados (agua-aire) el que debe ser analizado como un flujo multifase donde la TENSION SUPERFICIAL juega un papel muy importante, introduciendo un nuevo parámetro a considerar -ALTURA CAPILAR O SUCCION-, el cual es una función del grado de saturación en esos fluidos.

TENSIÓN SUPERFICIAL

Si se considera la superficie de contacto entre dos fluidos diferentes e inmiscibles, por ejemplo agua y aire o agua y petróleo, las moléculas de los fluidos sobre esa superficie están sometidas a esfuerzos particulares. Las moléculas en el seno de cada una de los fluidos están atraídas de igual forma por todas las moléculas que las rodean ya que son del mismo fluido; no sucede lo mismo con las moléculas situadas en la superficie de contacto de ambos fluidos, es decir en la interfase, donde las moléculas de aire y agua son atraídas con mayor fuerza por las moléculas de agua, en el sentido normal a la superficie de contacto, y con menor intensidad por las del aire.

De ahí nace el concepto de tensión superficial relativa. No necesariamente las moléculas de aire en la superficie de contacto son atraídas hacia el agua, pues los esfuerzos entre moléculas de un mismo fluido pueden ser distintos de los de atracción entre moléculas de fluidos diferentes.

La tensión superficial hace que una masa de un fluido en el seno de otro, con el que es inmisible, tiende a tomar la forma de mínima superficie que es la esférica, tal cual sucede cuando cae una gota en el aire o cuando se deposita una gota de aceite en el seno del agua. La designación de tensión superficial se reserva muchas veces para las interfase líquido-aire, llamándose tensión interfacial cuando están en contacto dos líquidos diferentes.

En la superficie de contacto entre un sólido y un líquido se tiene un fenómeno similar que se manifiesta en una adherencia («moja») del fluido al sólido.

La tensión superficial se mide en dinas/cm, la del agua superficial pura en contacto con el aire a 20° C es de 73,6 dinas/cm igual a 0,0755 gr/cm y disminuye alrededor de 0,19% por cada °C de elevación de temperatura.

La tensión superficial está regida en gran parte por esfuerzos de carácter electroquímico, en especial en líquidos polares como el agua, y por lo tanto es muy afectada por las sustancias disueltas en la misma, en especial si se trata de materia orgánica. La adición de sustancias tenso activas al agua reduce notablemente su elevada tensión superficial. La tensión superficial de la aguas subterráneas puras difiere poco de la del agua pura, pero las aguas subterráneas contaminadas con detergentes tienen una tensión superficial notablemente menor.

Algo similar sucede con la adherencia a sólidos; el agua «moja» a las superficies sólidas en general, si están limpias y desengrasadas, pero basta una pequeña película de materiales oleosos para que deje de mojar. Esta mojabilidad está referida al agua en contacto con el aire.

A consecuencia de la existencia de la tensión superficial, existe un salto de presión Δp entre la cara cóncava y la convexa de la superficie fluida que se expresa:

$$\Delta p = \tau \left(\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} \right)$$

donde t es la tensión superficial y ρ_1, ρ_2 los radios de curvatura principales de la superficie del fluido en el punto considerado. Este salto de presión se denomina en general presión capilar. La medida de esta presión capilar puede servir para medir la curvatura de la superficie y de ella deducir un diámetro medio de poros de un material granular.

CAPILARIDAD

Si se tiene un tubo de vidrio de pequeño diámetro (tubo capilar) y se lo introduce parcialmente en el agua, ésta sube a una cierta altura (ascenso capilar) y se estabiliza en ella. No es más que una consecuencia de los fenómenos de tensión superficial y de la atracción de las paredes del sólido al agua y al aire en sus proximidades. El resultado es la aparición de una fuerza F que «tira» del fluido, esta fuerza forma un ángulo α con la superficie del tubo y su valor es el producto de la tensión superficial entre los dos fluidos en contacto, proyectada sobre las paredes del tubo y multiplicada por el perímetro del mismo.

La fuerza ascensional $t \cdot p \cdot d \cdot \cos \alpha$ da origen a una tensión ascensional de:

$$\frac{\tau \cdot \pi \cdot d \cdot \cos \alpha}{\pi \cdot d^2 / 4} = \frac{4 \tau \cdot \cos \alpha}{d}$$

y el peso de la columna de agua elevada h_c a otro esfuerzo por unidad de superficie que vale:

$$h_c \cdot \gamma$$

siendo:

d = diámetro del tubo capilar

h_c = ascenso capilar

γ = densidad del agua

igualando ambas tensiones se tiene:

$$h_c = \frac{4\tau}{d \cdot \gamma} \cdot \cos \alpha$$

el valor de α depende de la adherencia en las paredes de los dos fluidos. Si la superficie del tubo está limpia y desengrasada y se trata de agua en contacto con aire es $\alpha = 0$ y entonces:

$$h_c = \frac{4\tau}{d \cdot \gamma}$$

El ascenso capilar es una altura vertical y no depende de si el tubo está colocado verticalmente o inclinado.

Tomando $\tau = 0,075$ g/cm, para el agua pura a temperatura ambiente se tienen los siguientes ascensos:

$$h_c = \frac{0,3}{d \text{ (cm)}}$$

d , diámetro capilar (cm.)	0,1	0,01	0,001
h_c , elevación capilar (cm.)	3	30	300

No siempre se produce ascenso capilar ya que no siempre el líquido «moja» al tubo, como en el caso del agua en contacto con el aire. El mercurio en contacto con el aire «no moja» y tiene un ascenso capilar negativo, formándose un menisco convexo al aire. Algo similar sucede con el agua en contacto con el aire si el tubo capilar está recubierto de una fina lámina de grasa, y a veces también con aguas alcalinas.

Se tiene que $0 \leq \alpha \leq 90$ para un líquido que moja y $90 \leq \alpha \leq 180$ para un líquido que no moja.

El valor de α es también muy sensible a acciones químicas.

La ascensión capilar se produce igualmente entre dos láminas paralelas muy próximas. Si su separación es e , supuesto que es su valor mucho mayor que el ancho de las láminas, el equilibrio entre presiones ascensionales y la presión de fluido elevado, permite escribir:

$$\frac{2 \cdot \tau \cdot \cos \alpha}{e} = h_c \cdot \gamma$$

de donde:

$$h_c = \frac{2 \cdot \tau}{e \cdot \gamma} \cdot \cos \alpha$$

Así pues el ascenso capilar puede suponerse que se debe a la pérdida de presiones del fluido a un lado y otro de su superficie; esta pérdida de presión hace que el fluido ascienda por el tubo capilar.

En la Figura 13 se observa la distribución de presiones absolutas; sobre la superficie del líquido actúa la presión atmosférica, a la que se une la presión hidrostática $g \cdot h$, dentro del fluido. En el interior del capilar la presión es menor que la atmosférica en la cantidad $g \cdot h$, o sea que su presión hidrostática es negativa y vale $-g \cdot h$.

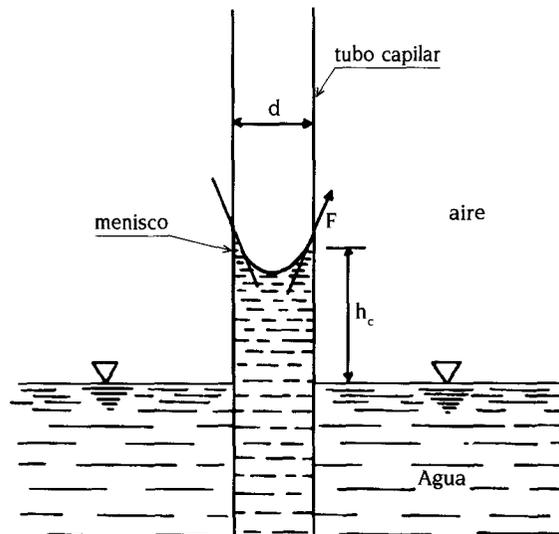


Figura 13. Distribución de presiones de agua en un tubo capilar.

La interpretación del ascenso capilar como una succión o aspiración producida por el material poroso es aceptable para elevaciones capilares pequeñas, pero es absurda para materiales arcillosos en los que la elevación capilar puede superar 10 m., a veces hasta 30. No se trata de un esfuerzo aplicado a cada molécula. El considerar presiones negativas no es más que una convención. De forma general el ascenso capilar viene dado por el equilibrio.

$$\Delta p = \tau \left(\frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} \right) \cdot \cos \alpha = \gamma \cdot h_c$$

Es importante considerar que la elevación capilar depende de la sección del tubo en el lugar donde se forma el menisco, en un proceso de vaciado del tubo, el menisco se establece en la parte más estrecha y la elevación capilar vale h_c , mientras, en un proceso de llenado del tubo, el menisco se establece en la parte más ancha y la elevación capilar es mucho menor. Si se eleva lentamente el tubo, en cuanto el menisco se establezca en la parte más estrecha, subirá con el mismo hasta la altura h_c , pero si el tubo sigue subiendo, en cuanto el menisco pase a la sección ancha, caerá hasta quedar de nuevo fijado en la porción estrecha inferior. Es el llamado «efecto de tintero».

El valor del ángulo de contacto también puede variar según que el líquido ascienda o descienda; es el llamado «efecto de gota de lluvia» que se puede apreciar cuando una gota

de lluvia desliza por un vidrio inclinado; en la porción que avanza forma un ángulo agudo que frena el descenso y en la parte posterior el ángulo es obtuso y también se opone al descenso.

Todo lo expuesto se refiere a un líquido en contacto con el aire. Lo mismo sucede entre dos líquidos, por ejemplo agua y aceite.

CAPILARIDAD EN LOS MEDIOS POROSOS

Un medio poroso puede suponerse como formado por una serie de canalículos de sección variable, cada uno de ellos es capaz de actuar como un tubo capilar de forma irregular.

La altura de ascensión capilar de cada uno de ellos varía según el diámetro de la porción en la que se establezca el menisco; además depende algo si la capilaridad ha actuado en descenso o ascenso de nivel, tal como se explicó en el apartado anterior (efecto de tintero).

Así, si la superficie saturada de un medio poroso es una superficie muy irregular; pero si la granulometría del medio es más o menos regular, puede establecerse un nivel medio en el que la presión es menor que la atmosférica. La altura de este nivel medio sobre la superficie de presión igual a la atmosférica (superficie libre o freática) es la elevación capilar media y la porción de medio poroso en la zona de elevación capilar es la franja capilar.

BIBLIOGRAFÍA

BENITEZ, A., 1972. Captación de agua subterránea. Ed. Dossat, 2ª Ed., España.

CASTANY, G., 1975. Prospección y exploración de aguas subterráneas. Ed. Omega, España.

CUSTODIO, E. Y R.LLAMAS, 1976. Hidrología subterránea. Ed. Omega. España.

JOHNSON, D., 1975. El agua subterránea en los pozos. Johnson División, UOP INC, Minnesota. USA.

Estudios de contaminación del agua subterránea, salinización de acuíferos y contenido de arsénico, flúor y nitrato en la zona norte de la provincia de Mendoza

AMILCAR ALVAREZ

Centro Regional de Aguas Subterráneas (CRAS), Av. España 1425, 5500- Mendoza.

RESUMEN

Se estudió el proceso hidroquímico del agua subterránea de la cuenca norte de Mendoza, determinándose los niveles de salinización de acuíferos y el contenido de arsénico, flúor y nitrato. Se concluye que la contaminación salina del primer nivel de explotación se encuentra no apto para el uso agrícola, con una salinización progresiva para el segundo nivel. El tercer nivel de explotación, a excepción de la zona este de Mendoza, muestra mayor estabilidad hidroquímica. Se ha detectado arsénico en agua subterránea en el noroeste de la cuenca en concentraciones de 0,1 mg/l. El contenido de flúor no supera los límites permisibles, a excepción del sector este del departamento de La Paz con contenidos crecientes en el sentido de flujo de 1 a 5 mg/l. En el Gran Mendoza en el primer nivel de explotación los contenidos de nitratos superan los 20 mg/l, siendo en las zonas más densamente pobladas del microcentro superior a 100 mg/l; en el área bajo riego en cambio, la concentración en el primer nivel de explotación varía entre 5 y 40 mg/l.

ABSTRACT

Contamination studies of the underground water, aquifer salinization and content of arsenic, fluor and nitrate in the northern zone of the Mendoza Province

The hydrochemical process was studied of the underground water from the northern Mendoza basin, determining the salinization levels of aquifers as well the arsenic, fluor and nitrate content. The conclusion is that the saline contamination of the first exploitation level is not apt for agricultural use, with a progressive salinization for the second level. The third exploitation level, exception made of the Mendoza eastern zone, shows a greater hydrochemical stability. There has been detected arsenic in the underground water northwest of the basin in 0.1 mg/l concentrations. The fluor content is not above the allotted limits, with exception of the east sector of the La Paz Department, with growing contents in the flow sense of 1 to 5 mg/l. In the first exploitation level for the Gran Mendoza, the nitrates content is above the 20 mg/l, and in the most densely populated downtown areas it is above the 100 mg/l. Instead, in the area under irrigation, the concentration in the first exploitation level varies between 5 and 40 mg/l.

INTRODUCCIÓN

Los estudios hidroquímicos que realiza el C.R.A.S. en la Cuenca Norte de la Provincia de Mendoza tienen como objetivo general evaluar aspectos relacionados con la investiga-

ción hidrogeológica de los recursos hídricos globales, y como objetivos particulares la necesidad de efectuar un control permanente de la calidad del agua subterránea.

Para ello se ha preparado una red de monitoreo compuesta por perforaciones que se encuentran distribuidas en toda la cuenca, con profundidades de extracción que permiten tener información de los distintos niveles de explotación existentes.

La investigación realizada hasta el presente ha permitido conocer en forma global el comportamiento hidroquímico del recurso hídrico y definir modelos conceptuales de funcionamiento.

Actualmente se efectúan estudios para analizar la posibilidad de contaminación de acuíferos como consecuencia de actividades mineras (explotación petrolífera), industrial (zona de influencia del canal Pescara y Chachingo), percolación de líquidos residuales domiciliarios (área del Gran Mendoza y área de influencia de la planta de tratamiento primario de líquidos cloacales ubicada en Campo Espejo).

De las aplicaciones útiles del agua subterránea en la Zona Norte de la provincia, el uso para regadío ocupa el primer lugar. Sin embargo, debido a que la mayoría de los centros urbanos y poblaciones rurales de la zona utilizan agua subterránea para consumo humano, es de suma importancia conocer algunos parámetros químicos relevantes a la hora de definir la aptitud del agua para bebida, principalmente aquellos como Arsénico (As) y Nitrito (NO_2^-) que le confieren peligrosidad cuando los contenidos son superiores a los estándares de calidad.

ANTECEDENTES HIDROQUÍMICOS

En la cuenca norte existe una marcada diferenciación o zonalidad hidroquímica vertical. En forma general se han definido tres niveles de explotación con profundidades variables y distinto grado de mineralización según las zonas y condiciones hidrológicas.

El primer nivel de explotación con extensión areal en toda la cuenca, presenta dos situaciones bien diferenciadas. En el área de acuífero libre corresponde a los primeros 40 a 50 metros del espesor saturado con lo cual, debido a la diferencia de la profundidad de la superficie piezométrica en esta área, su profundidad de explotación varía entre los 0 - 50 metros y 150-200 metros. En el área de confinamiento o semiconfinamiento tiene profundidades de explotación inferiores a los 80 metros.

El segundo nivel también se extiende en toda el área de estudio y se encuentra a continuación del anterior con un espesor de 80 a 100 metros. En el área de confinamiento-semiconfinamiento tiene una profundidad de explotación comprendida entre los 100 y 180 metros.

El tercer nivel tiene profundidades superiores a los 180-200 metros en el área de confinamiento-semiconfinamiento, mientras que en el área de acuífero libre existen pocas perforaciones con profundidades de explotación correlacionables con este nivel.

MATERIAL Y MÉTODO

En el período 1991-92, se efectuó un muestreo de la red hidroquímica de la cuenca norte (Figura 1), realizándose determinaciones de pH y Conductividad eléctrica específica (CE) en campaña. Las muestras se enviaron a laboratorio donde se corroboraron estas determinaciones y se efectuaron a su vez análisis de Arsénico y Nitrito.

El control de la salinidad del agua subterránea se efectúa a través del monitoreo de una red de 380 perforaciones aproximadamente

La información obtenida permitió confeccionar planos hidroquímicos con curvas de igual salinidad expresadas en CE e isotenos de Arsénico y Nitrito y planos con curvas de igual concentración de Flúor, en base a datos obtenidos en muestreos efectuados entre 1978 y 1983.

RESULTADOS

HIDROQUÍMICA

SALINIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En este artículo se describen sucintamente los planos de isoconductividad eléctrica de los tres niveles de explotación. Estos planos permitirán tener de referencia el grado de salinidad del agua subterránea cuando se analiza la concentración de nitrato y flúor para las distintas profundidades de explotación de la Cuenca Norte.

Otros estudios que se están efectuando simultáneamente se refieren a los cambios de salinidad observados a partir de 1984 y al análisis de las causas que los provocan.

Descripción de los planos de isosalinidad

- Primer Nivel de Explotación

En la Figura 1 se observan las curvas de igual concentración eléctrica para este nivel de explotación. La misma varía desde valores próximos a 1000 micromhos/cm a superiores de 6000 micromhos/cm. La salinidad más baja se presenta en el área de acuífero libre y próxima al área de mayor recarga del río Mendoza.

Se puede apreciar que la salinidad no sigue un comportamiento correlacionable con el movimiento del agua en el acuífero, mas se relaciona a efectos locales de salinización por

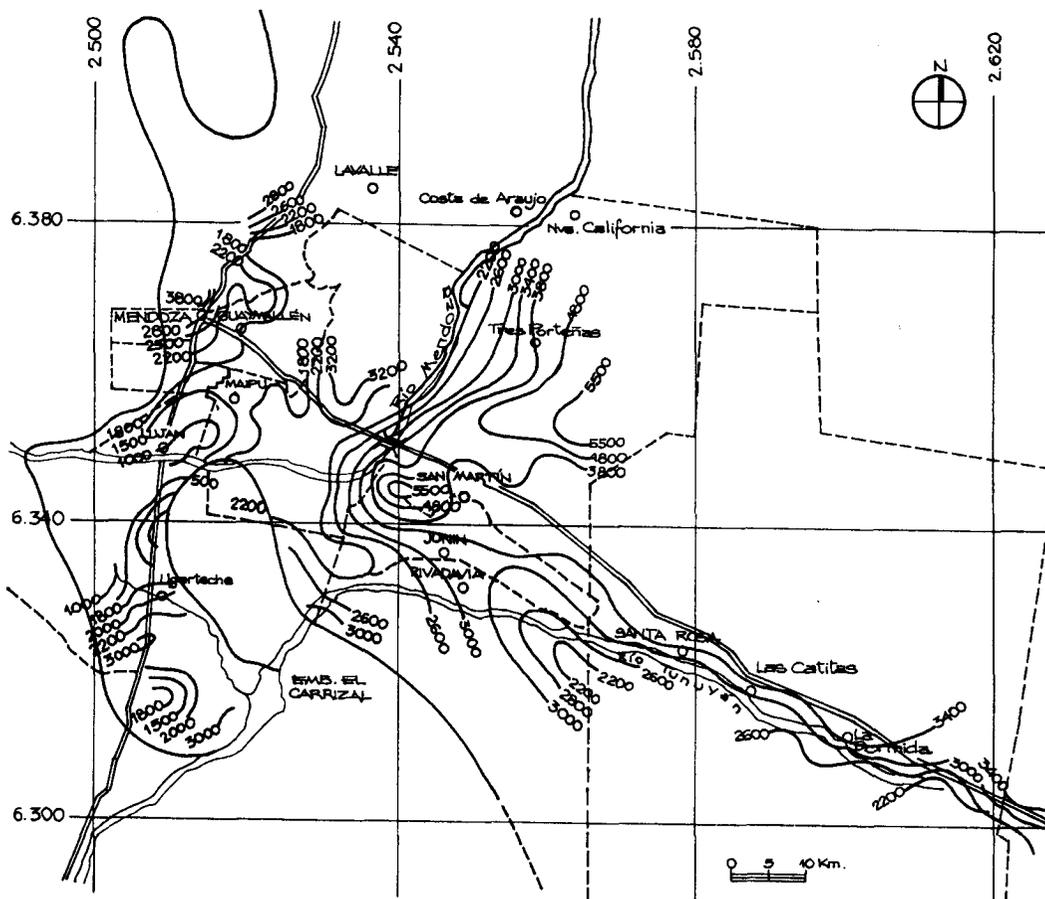


Figura 1. Curvas de igual conductividad eléctrica, primer nivel de explotación (0-80 m).

percolación de excedentes de riego y proximidades del manto freático al nivel del terreno. Estos procesos provocan una salinización progresiva del acuífero en sectores cada vez más extensos de la cuenca. La salinización comienza en los primeros metros del espesor saturado y se extiende por diversos procesos, en los que la dispersión mecánica es el preponderante, acompañando el movimiento del agua subterránea en su desplazamiento horizontal. Las variaciones de nivel y los efectos hidrodinámicos de la explotación y procesos de difusión y convección salina han producido con mayor rapidez la salinización vertical del primer nivel de explotación, la cual se verá frenada únicamente por la presencia de materiales menos permeables con extensión areal significativa.

Las áreas de intensa explotación agrícola del departamento San Martín, principalmente sudeste de Palmira y este y sudeste de Tres Porteñas, presentan las salinidades más elevadas, superiores a 5500 micromhos/cm.

En general las aguas de este nivel no se explotan actualmente para regadío, ya que la salinidad de las mismas las torna poco apropiadas para este uso.

La salinización del primer nivel es difícil de evitar, ya que el lixiviado de las sales del suelo irrigado que percola con los excedentes de riego lo deterioran progresivamente.

No obstante, un buen manejo del sistema hídrico global de la cuenca puede evitar que la salinización de este nivel de explotación sea un vector contaminante de los niveles subyacentes. Se debe lograr que el primer nivel sea una pantalla que evite la transmisión natural de las sales en profundidad. El mismo debe funcionar como un amortiguador de los cambios químicos indeseables producidos en los procesos de explotación del acuífero.

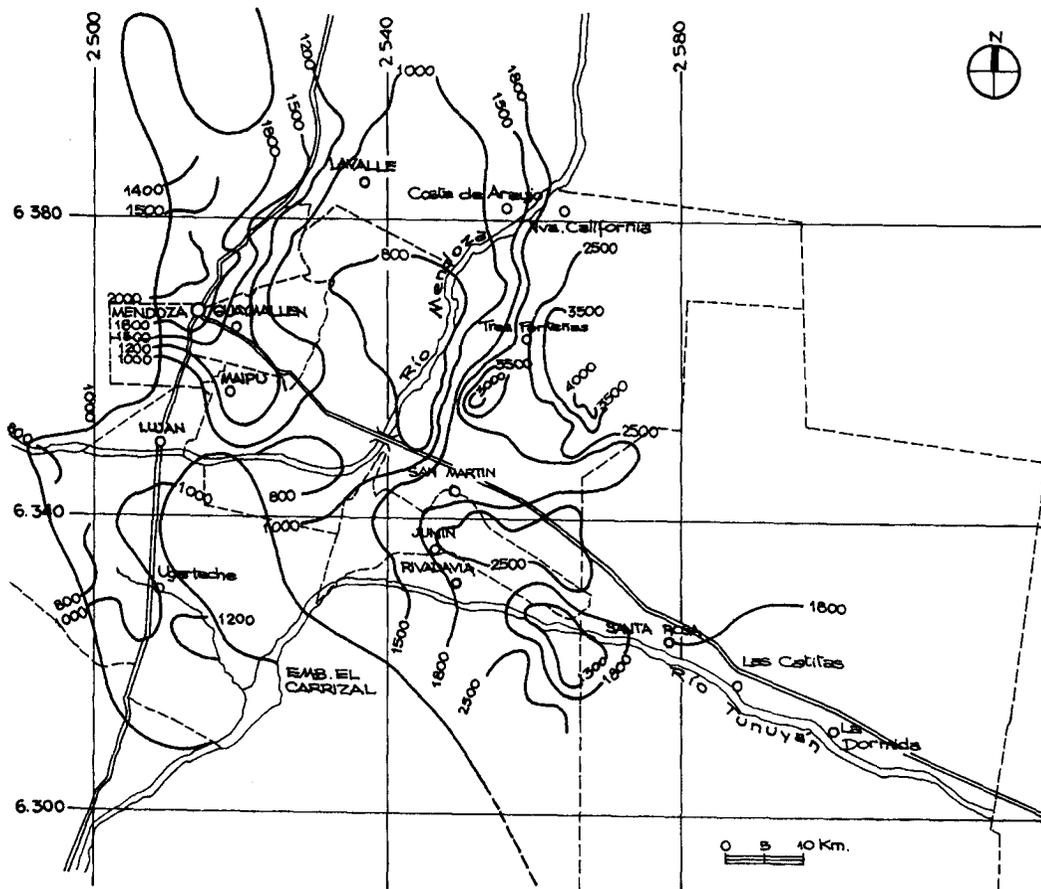


Figura 2. Curvas de igual conductividad eléctrica, segundo nivel de explotación (100- 180 m). Zona norte.

- Segundo Nivel de Explotación

En la Figura 2 se volcaron las curvas de isoconductividad eléctrica de este nivel de explotación.

La repartición espacial de la salinidad del agua subterránea ha sido estudiada por Alvarez (1984).

Los tenores más bajos, entre 700 y 1000 micromhos/cm, se encuentran en el área de máxima recarga, subcuenca El Carrizal, zona oeste del río Mendoza, que abarca el departamento de Maipú y sur de Lavalle y una estrecha franja del departamento de San Martín ubicada al este del río Mendoza. Hacia el este de la cuenca la salinidad aumenta a valores que superan los 4000 micromhos/cm.

En dicho informe se menciona que las salinidades elevadas en algunos sectores de la zona central de la cuenca se deberían a la comunicación inducida con el primer nivel de explotación. Siendo las causas más probables la sobreexplotación de acuíferos, mala construcción de perforaciones y rotura en perforaciones por procesos de corrosión. Otros trabajos registraron una salinización progresiva del segundo nivel con mayor intensidad en sectores ubicados al sur y este de Tres Porteñas, donde la salinidad oscila entre 3000 y 4000 micromhos/cm, mientras que en 1983 oscilaba entre 2500 y 3000 micromhos/cm aproximadamente.

Actualmente este nivel es el más explotado de la cuenca, aunque las nuevas perforaciones que se realizan tienen sus filtros en el tercer nivel.

- Tercer Nivel de Explotación

En la Figura 3 se trazaron las curvas de isoconductividad eléctrica de este nivel de explotación. Este nivel es el menos expuesto a procesos de contaminación de origen exógeno. En general presenta una salinidad y composición química que se correlaciona con los procesos lógicos de la evolución natural del agua en las formaciones acuíferas desde las áreas de recarga. No obstante, en algunos sectores de la zona central se observan incrementos de salinidad. Por ejemplo, una franja ubicada al norte de Chapanay que abarca la localidad de Tres Porteñas.

En toda la cuenca la salinidad aumenta principalmente de oeste a este variando entre menos de 800 y 1800 micromhos/cm. Los tenores más elevados se detectan en la zona este de San Martín y Santa Rosa.

DETECCIÓN DE PROCESOS DE SALINIZACIÓN DE ACUÍFEROS

A través del análisis de la información periódica de la red de monitoreo de aguas subterráneas se definieron con claridad procesos de contaminación por salinización de acuíferos, principalmente en el área central de la cuenca, de acuerdo a los elevados incrementos que se vienen detectando. En algunos casos se duplica la salinidad del acuífero tomando como condiciones de base al período 1978/83. No obstante, información histórica confiable permite inferir que este proceso se origina con anterioridad, acompañando el crecimiento acelerado de la superficie de cultivo y de perforaciones sin una construcción adecuada. A estos inconvenientes se agrega el hecho de no existir una planificación acorde al manejo del recurso hídrico global.

En esta zona el primer nivel alcanza altos valores de salinidad, debido principalmente a la incorporación de sales proveniente de la infiltración de excedentes de riego.

En el segundo nivel se observan distorsiones o anomalías muy marcadas en algunos sectores, originados por el proceso de salinización, producido principalmente en este nivel, en una extensión areal muy importante.

Las curvas de salinidad del segundo nivel de explotación muestran en el sector central de la cuenca, para tres períodos de muestreo, 1979/82, 1987 y 1992 (Figura 2), la evolución de la salinidad en los últimos 10 años, aproximadamente.

El agua subterránea para riego, que se extrae del segundo nivel ha disminuido su calidad y en algunos sectores se pueden detectar graves inconvenientes como:

- pérdida de cultivos (principalmente frutales muy sensibles a la salinidad).
- disminución de los rendimientos por hectárea.

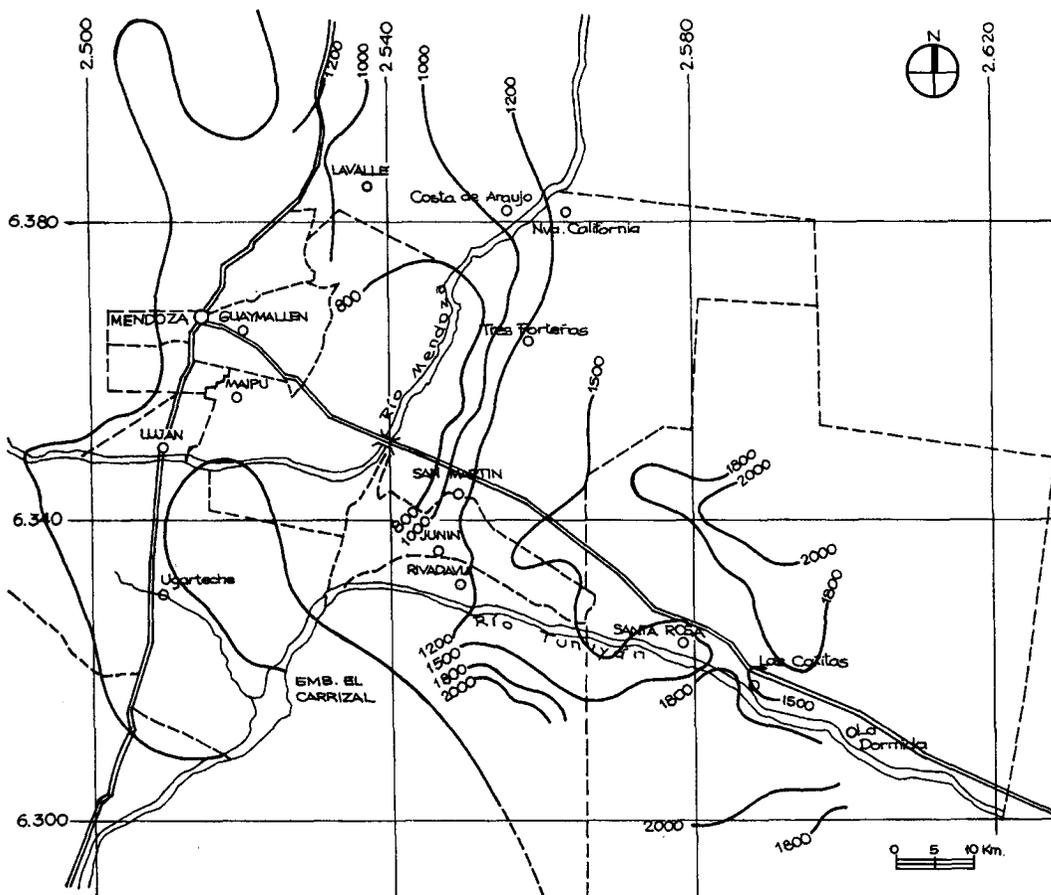


Figura 3. Curvas de igual conductividad eléctrica, tercer nivel de explotación (> 200 m).

- salinización y sodificación de los suelos.

Ante este inconveniente los agricultores usan mayor cantidad de agua para atemperar parcialmente estos efectos, pero a su vez esta situación ocasiona:

- disminución de eficiencia de riego.
- mayor costo de producción.
- revenición.
- aceleración del proceso de contaminación de acuíferos por sobreexplotación.

En el tercer nivel, con los estudios efectuados hasta el momento, no se detectan problemas de contaminación salina con extensión areal importante; en general se mantienen las condiciones hidroquímicas naturales definidas. De acuerdo a información geológica, los estratos de arcilla suprayacente le confieren mayor protección a la penetración vertical de aguas más salinas. Si bien, actualmente este nivel constituye un reservorio de agua apta para riego a profundidades aprovechables, los incrementos de salinidad detectados en la zona de Tres Porteñas del departamento San Martín representan una situación de alarma, ya que se producen en la misma zona donde la contaminación salina del segundo nivel alcanza valores críticos.

PERFILES DE SALINIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En las Figuras 4 y 5 se muestran perfiles de salinidad, longitudinal y transversal al flujo subterráneo respectivamente, de los tres niveles de explotación en los períodos 1978/82 y

1992. Las curvas que determinan estos perfiles representan la salinidad del agua subterránea en distintos sectores de la cuenca, intersectados por las líneas 1-1' y 2-2' y la zonación salina vertical de la cuenca de agua subterránea en los tres niveles de explotación.

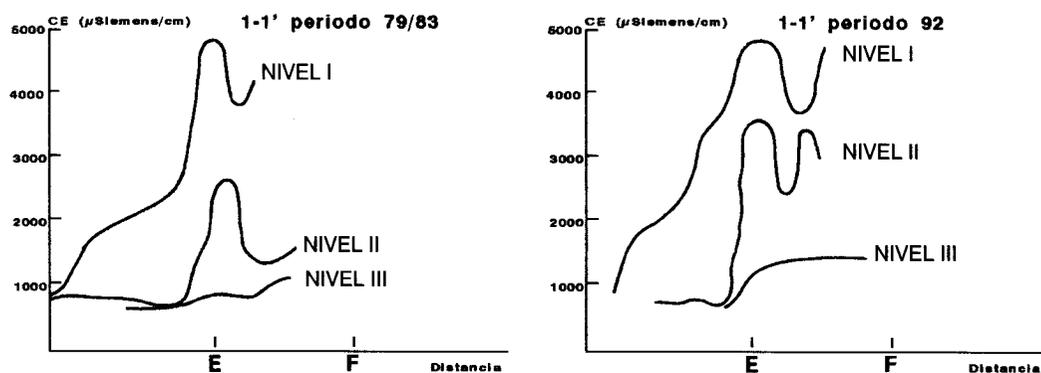


Figura 4. Perfiles de salinidad de la cuenca norte, 1- 1' período 79/83; 1- 1' período 92.

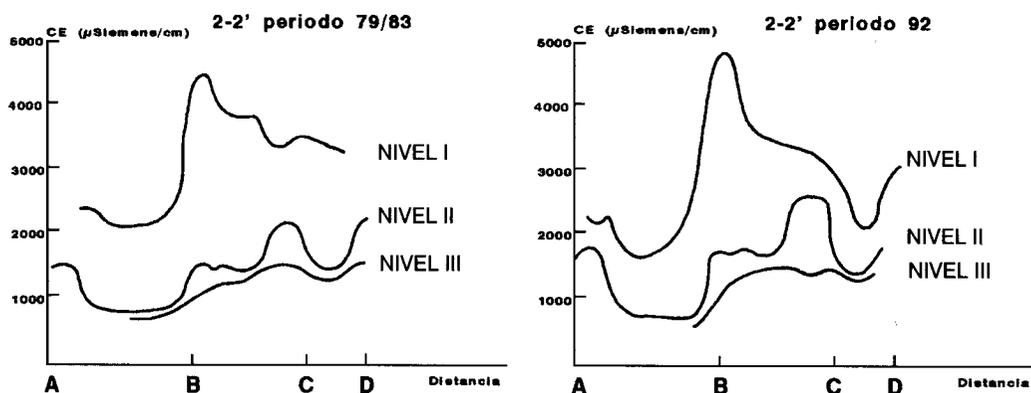


Figura 5. Perfiles de salinidad de la cuenca norte, 2- 2' período 79/83; 2- 2' período 92.

En el área central de la cuenca, al este del río Mendoza, estos perfiles atraviesan zonas donde existen importantes incrementos de salinidad del agua subterránea. En estos perfiles se observa lo siguiente:

a) La curva que representa la concentración salina del primer nivel de explotación, tiene picos que superan los 5500 micromhos/cm en áreas de intensa explotación agrícola. Las variaciones de la salinidad en el sentido del flujo (Figura 4) muestran incrementos no atribuibles a procesos naturales en el acuífero. Estos picos indicarían procesos locales de salinización, que en el caso del primer nivel de explotación serían generados principalmente por la percolación de excedentes de riego.

b) La curva de salinidad del segundo nivel presenta picos que acompañan a los del primer nivel, con rangos inferiores. Estos picos no representarían incrementos debido a procesos evolutivos naturales en el acuífero, en la dirección del flujo subterráneo (Figura 4). La forma que adquiere la curva de salinidad de este nivel es similar a la del primero. Esta situación particular, definiría la interacción existente entre ambos mantos, con una marcada incidencia del primer nivel sobre el segundo.

c) La curva de salinidad del tercer nivel, en general tiene una forma diferenciada de los dos anteriores. Esto implica que no existiría interacción vertical importante con el nivel suprayacente. En este caso los incrementos de salinidad responderían a la evolución natural en el sentido de flujo, producto de la interacción con los materiales que conforman el acuífero.

d) La Figura 6 muestra la superposición de los perfiles de salinidad de ambos períodos.

En el Perfil 1-1' las curvas indican un incremento notable en la salinidad del segundo nivel, en ese lapso, en la zona central de la cuenca. En el Perfil 2-2' también se observa un incremento de salinidad en el tercer nivel de explotación, en la zona de Tres Porteñas. Si bien esto puede indicar un proceso de salinización, se debe tener en cuenta que se han incorporado nuevas perforaciones a la red de monitoreo, por lo que existe mayor información hidroquímica en sectores donde anteriormente los datos eran interpolados.

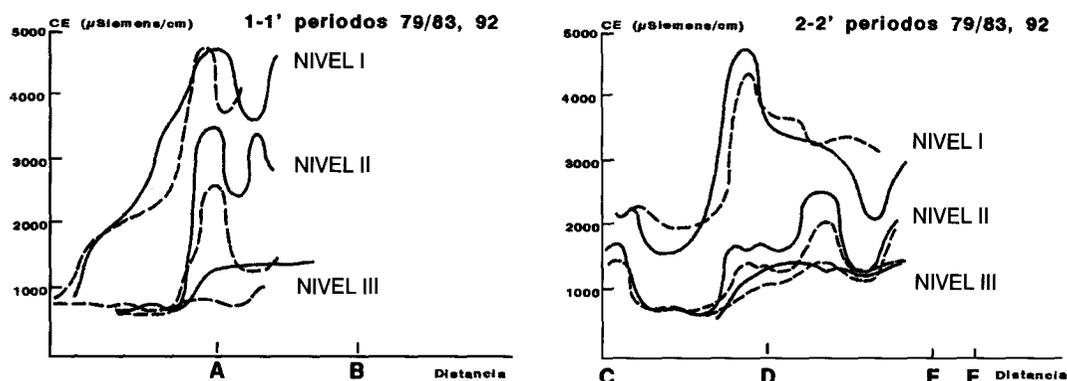


Figura 6. Comparación de la salinidad del agua subterránea de los períodos 79/83 y 1992.

PERFILES DE SALINIDAD.

Perforaciones en mal estado.

Uno de los factores determinantes en un proceso de contaminación de acuíferos lo constituyen los pozos en mal estado por roturas producidas por corrosión o por una cementación deficiente. En ambos casos se ponen en contacto acuíferos de mala calidad con otros de buena calidad, contaminándose estos últimos.

La detección de pozos en mal estado se efectuó mediante ensayos hidroquímicos seriados.

Los procesos de corrosión en la Cuenca Norte de la provincia de Mendoza se están produciendo con mayor magnitud en sectores de gran concentración de perforaciones e intensa actividad agrícola, como es el sector central de la cuenca.

La presencia de gran cantidad de perforaciones en estas condiciones coincide con la zona de salinización de acuíferos, mencionadas anteriormente.

Un estudio estadístico efectuado en campaña, en la zona central de la cuenca, en los departamentos de San Martín, Rivadavia y Junín, arroja resultados alarmantes.

En función de la detección de zonas donde se está produciendo un importante proceso de contaminación salina del agua subterránea se comenzaron los estudios en el área central de la cuenca, en zonas cultivadas de los departamentos San Martín, Rivadavia y Junín.

La información obtenida en la primera etapa del estudio, con ensayos seriados de 345 perforaciones de la zona central de la cuenca, elegidas en forma aleatoria, dio un resultado de 35,6% de perforaciones en mal estado. Estos porcentajes corresponden al área cultivada de esta zona, pero existen áreas donde más del 80% de los pozos que explotan el II y III nivel, están en malas condiciones.

Los ensayos hidroquímicos seriados realizados, determinan el ingreso de agua salada

en un pozo productor, a través del espacio anular de la perforación mal cementada y/o a través de roturas producidas por corrosión en las cañerías de aislación.

El agua extraída en perforaciones rotas tiene salinidades de hasta 400% más elevada que la que debieran extraer en buen estado de conservación.

Considerando las clasificaciones de calidad de agua para riego, en la mayor parte de los casos las perforaciones en mal estado pasan de extraer agua de Clase III, buena a regular, a aguas de Clase IV, regular a mala para riego. El rendimiento de los cultivos varía en relación inversa a la salinidad del agua utilizada para riego. En vid las pérdidas debido al riego con aguas salinizadas supera el 20%.

CONTENIDO DE ARSÉNICO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA

El arsénico se encuentra libre en la naturaleza. Es un sólido de color gris acero quebradizo. Combinado se encuentra en forma de diversos minerales, por ejemplo As_2S_3 (rejalgar) sulfuro arsenioso rojo, el As_2S_5 (oropimente) sulfuro amarillo y el $FeAs_2$, piritita arsenical (Alvarez y García, 1988). A menudo aparece asociado a la fabricación o utilización de herbicidas y pesticidas, puede ser también subproducto de operaciones mineras.

El arsénico contenido en el agua para bebida en pequeñas cantidades es tóxico para el hombre. En la bibliografía médica argentina existe mucha información acerca de casos de arsenismo crónico por el consumo continuado de aguas que contienen más de 0,3 mg/l de arsénico. Las normas de agua potable de Obras Sanitarias Mendoza, establecen como valor admisible (provisorio) concentraciones que no sobrepasen 0,01 mg/l y el límite máximo tolerable en 0,10 mg/l. Algunas normas son más estrictas en la fijación del límite máximo tolerable para el arsénico, la Organización Mundial de la Salud Internacional, en su International Standard for Drinking Water establece como límite máximo una concentración de 0,05 mg/l de arsénico en el agua para consumo humano (Alvarez, 1985).

En el año 1985 se evaluó la presencia de arsénico en el agua subterránea en el área cultivada del departamento de Lavalle. La necesidad del estudio surgió de algunas evidencias analíticas de presencia de arsénico en ese sector de la cuenca. Dichos estudios permitieron definir la presencia de arsénico en concentraciones variables entre 0,01 y 0,18 mg/l.

En este período (1991-92) se extrajeron muestras para determinaciones de arsénico de toda el área de estudio y de los tres niveles de explotación. Los valores medios (Tabla 1) para los años 1983, 1985 y 1990 indican que, a nivel regional, sólo existe arsénico en el sector noroeste de la cuenca, área cultivada de los departamentos de Lavalle y Las Heras, coincide esto con lo definido en el informe de 1985 (Alvarez, 1985).

Tabla 1. Medias de concentraciones de arsénico (mg/l)

Niveles / Años	1983	1985	1990
nivel 1	0,05	0,05	s/d
nivel 2	0,08	0,05	0,08
nivel 3	0,07	0,06	0,08

En el resto del área de estudio se detectó arsénico en el agua subterránea, sólo en algunos casos puntuales, con concentraciones de As inferiores a los límites mínimos de O.S.Mza.

No fue posible diferenciar la presencia de arsénico en relación a la profundidad de extracción del agua subterránea.

En general los tenores de arsénico superan el valor aconsejable de 0,01 mg/l, salvo un sector ubicado al este de la villa cabecera del departamento y oeste de 3 de Mayo.

Al sur del departamento y una franja ubicada al oeste y centro del mismo, se encuentran tenores variables entre 0,01 y 0,05 mg/l. Estos valores no superan el límite tolerable fijado por la O.M.S.

Los tenores más elevados, que exceden el límite de 0,1 mg/l fijado por O.S.Mza., se

encontraron en la zona norte del área, entre las localidades de Jocolí, ubicada al oeste y San José, al este.

En el resto de la zona cultivada del Departamento, se encuentran tenores de arsénico variables entre 0,05 y 0,10 mg/l, superando los límites que establece la O.M.S., pero considerados como valores tolerables por O.S.Mza.

CONTENIDO DE FLÚOR EN EL AGUA SUBTERRÁNEA

El flúor procede de minerales fluorados, fluorita Ca F_2 , criolita $\text{Al}_2 \text{F}_6 \cdot 6 \text{NaF}$ y el fluoropatito $\text{Ca F}_2 \cdot 3 \text{Ca}_3 (\text{PO}_4)_2$. Su consumo es necesario en el período de formación de los dientes, por lo cual las normas de O.S.Mza. definen la necesidad de flúor en las aguas de bebida, estableciendo como valores aceptables concentraciones variables entre 0,7 a 1,2 mg/l. Superando la dosis que se estima ejerce una acción benéfica con respecto al tejido dentario, existe una acción tóxica provocando fluorosis dental y ósea. Las normas de O.S.Mza. establecen en 2,0 mg/l el límite máximo tolerable.

El exceso de flúor en el agua de bebida puede ser retenido largo tiempo en el organismo. Por su gran afinidad con los fosfatos y calcio formando fluoropatito y fluoruro de calcio respectivamente, los toma de los tejidos dentario y óseo, provocando trastornos en el metabolismo fósforo-calcio.

En el período de muestreo 1978-83 se efectuaron determinaciones de flúor en el agua subterránea, las que se comunicaron en el informe hidroquímico efectuado en 1984 (Alvarez, 1984). Mapas con curvas de igual concentración de flúor para cada nivel de explotación permitirán definir para cada sector de la cuenca la calidad del agua para bebida, respecto a los contenidos de flúor del agua subterránea.

- Primer nivel de explotación

En general, se observa que los tenores de este elemento varían entre 0,5 y 1,4 mg/l. En la subcuenca El Carrizal y una amplia franja a ambos márgenes del río Mendoza que abarca la Zona Central y norte del departamento de Maipú y este del departamento de San Martín, el contenido de flúor es inferior a 0,7 mg/l que exige O.S.Mza. para aguas de consumo humano.

En el resto de la cuenca, los tenores de flúor varían entre 0,7 y 0,9 mg/l, con algunos valores aislados que superan 1,4 mg/l. Si bien en la mayor parte de la cuenca las concentraciones de flúor no presentan limitaciones como agua destinada a consumo humano, en general, el agua de este nivel contiene sales en exceso, por lo que no es utilizable para ninguna de las aplicaciones más conocidas.

- Segundo Nivel de explotación

En la mayor parte del área de acuífero libre, la zona este del departamento San Martín y el departamento Santa Rosa, el agua de este nivel de explotación contiene tenores inferiores a 0,7 mg/l de flúor, inferiores a los que establece O.S.Mza.

En la zona ubicada al norte de los departamentos de Luján y oeste de Guaymallén y norte de la cuenca, se determinaron concentraciones variables entre 0,7 y 1,1 mg/l.

En la zona ubicada al este del departamento de La Paz hasta el río Desaguadero, existen tenores elevados de flúor que aumentan en el sentido de flujo desde 1,0 a 5,0 mg/l.

- Tercer nivel de explotación

En la mayor parte de la Cuenca Norte, los tenores de flúor del tercer nivel de explotación son inferiores a los 0,7 mg/l que aconseja O.S.Mza. como límite de flúor para consumo humano. En general, estas aguas tienen menor concentración total de sales que los niveles de explotación suprayacentes, por lo que en muchas oportunidades es utilizada para bebida. En estos casos debe considerarse la posibilidad de fluorar el agua de abastecimiento público.

CONTENIDO DE NITRATO EN EL AGUA SUBTERRÁNEA

Los nitratos son los nutrientes más importantes desde el punto de vista de la contaminación de las aguas subterráneas debido a la gran movilidad de estos en el suelo y en los acuíferos.

Son los productos finales de la estabilización aeróbica del nitrógeno orgánico y su

presencia es inevitable en aguas poluidas. El ión nitrato contenido en el agua subterránea constituye un indicador de los procesos de contaminación orgánica y rara vez su presencia se debe al aporte de formaciones geológicas que conforman los acuíferos.

La agricultura produce cantidades importantes de NO_3^- lixiviados, distribuidos en las parcelas bajo riego que pueden alcanzar los niveles saturados en grandes extensiones rurales.

Los desagües industriales sin sistemas de tratamiento de sus desechos producen efluentes contaminantes, a veces ricos en materia orgánica como es el caso de las industrias conserveras, vinícolas y alcoholeras.

Otra fuente importante de materia orgánica lo constituyen los desagües cloacales que pueden ser un factor de contaminación relevante si no se toman debidas precauciones en su disposición. Los desechos cloacales conducidos por extensas redes colectoras producen efluentes ricos en nitratos que pueden percolar en el terreno alcanzando los acuíferos subyacentes. Lo mismo sucede con los efluentes domiciliarios dispuestos en pozos absorbentes, cunetas o zanjas, eventuales pérdidas producidas en las redes colectoras y el lixiviado de vertedores de basura. Obras Sanitarias Mendoza establece una concentración de 45 mg/l de NO_3^- como límite aceptable en agua para bebida.

MECANISMO DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA POR NITRATOS

El nitrato es aplicado al suelo en fertilizantes orgánicos como el estiércol y la urea y en forma inorgánica en compuestos industrializados acompañados de otros elementos como fósforo y potasio. El nitrógeno lixiviado de compuestos nitrogenados inorgánicos se compone especialmente de nitrato (NO_3^-) y un bajo porcentaje de nitrito (NO_2^-) y amonio (NH_4^+). El nitrito es oxidado fácilmente y el amonio es fijado en el suelo por un proceso de cambio iónico y también se oxida a nitrato.

La materia orgánica es absorbida en la superficie granular de las formaciones permeables. En la fase de infiltración, en el espesor insaturado, existe suficiente oxígeno, por lo que por la acción de los microorganismos la materia orgánica es degradada aeróbicamente.

Si bien los nitratos y fosfatos son completamente móviles en el suelo y agua, parte es absorbida por el terreno, ya sea en la etapa de infiltración o en el acuífero durante el flujo horizontal de sus aguas (Fernández, s/f). De esta forma hay una disminución de la concentración de NO_3^- en el agua. Además, los procesos de dilución, dispersión mecánica y difusión molecular hacen que la concentración de nitratos disminuya a cierta distancia de las zonas de contaminación. Por otra parte, el nitrato en la zona de aireación (espesor insaturado) tiene un movimiento predominantemente vertical y muy lento por lo que la acción en el acuífero aparecerá después de varios años según las transmisividades del terreno y el espesor del medio donde fluye.

En el medio saturado el NO_3^- se mueve en la dirección principal del agua en el acuífero, que es paralela al gradiente hidráulico. La mezcla vertical de las aguas nitradas se efectúa muy lentamente por lo que, cuando existen procesos de contaminación orgánica siempre aparece una mayor concentración de nitratos en los primeros metros del espesor saturado.

La movilidad de los nitratos en el acuífero puede ser alterada por los mismos factores que afectan al flujo del agua, por ejemplo sobreexplotación de acuíferos y variación de la superficie piezométrica. Como los nitratos que no utiliza la planta son lixiviados por las aguas de riego, un exceso de ésta contribuye a aumentar su contenido en el acuífero.

Estadísticas efectuadas en Francia manifiestan que del total de nitrógeno aplicado a la agricultura es utilizado por las plantas sólo un 20%, el resto penetra en el suelo y lixiviado en forma de NO_3^- .

Si la contaminación orgánica es muy alta las variaciones de oxidación que ocurren en el acuífero tenderán a disminuir cuando el oxígeno en el agua subterránea alcance tenores de 0,5 g/m³. A partir de allí los nitratos se transforman en dadores de oxígeno con producción de amonio (NH_4^+) y anhídrido carbónico. Esta reacción si bien disminuye la concentración de nitratos, es considerada desfavorable por la producción de amonio.

En ese ambiente, a partir de la presencia de CO₂ se pueden presentar reacciones que dan por resultado precipitación de carbonatos en las perforaciones para la captación de agua subterránea.

Cuando las condiciones en el acuífero son estrictamente anaeróbicas puede haber producción de sulfuro de hidrógeno, a partir de la reducción de los sulfatos. Este compuesto posee un olor desagradable y puede reaccionar con el hierro de las perforaciones para producir sulfuro de hierro. En este ambiente reductor el producto final de la degradación de la materia orgánica es el metano.

Para disminuir la contaminación por nitratos a partir de la actividad agrícola se podría:

- aplicar menor cantidad de fertilizantes a los cultivos, lo que trae como consecuencia la disminución de la producción, es decir, un bajo rendimiento de la explotación agrícola.
- aumentar los volúmenes de agua de riego de manera de diluir los efluentes que infiltran al acuífero, pero esto implicaría un aumento de la ineficiencia en el uso del agua.
- actuar en un uso eficiente de los fertilizantes para evitar un exceso de nitrato lixiviado sería lo más apropiado.

Ante el impacto negativo que encierra la presencia de NO₃⁻ en el agua subterránea, se recomienda:

- establecer programas de monitoreo permanente en zonas más vulnerables a la contaminación por NO₃⁻.
 - desarrollar mecanismos de acción preventiva y correctiva de los procesos de contaminación.
 - inducir un manejo adecuado del recurso hídrico subterráneo a fin de evitar propagación de la contaminación a los acuíferos profundos.
- Primer nivel de explotación

El agua subterránea de este nivel de explotación es la más próxima a la superficie del terreno. Por esa razón se encuentra sometida a efectos modificadores de su composición química original debido a la percolación de los excedentes de riego. Estos lixivian las sales del suelo y compuestos solubles derivados de fertilizantes y plaguicidas aplicados en labores agrícolas.

En el área del Gran Mendoza, el primer nivel de explotación posee concentraciones de nitrato superiores a 20 mg/l, aumentando hacia la zona más poblada de Guaymallén, Las Heras, Godoy Cruz y Capital a tenores superiores a 100 mg/l. La presencia de nitrato en este sector de la cuenca debe atribuirse a la gran cantidad de desechos orgánicos de la actividad humana, en una población que supera los 700.000 habitantes, cuyos líquidos residuales percolan contaminando el primer nivel de explotación (Ferres, 1989). En áreas bajo riego, la concentración de nitrato en el primer nivel de explotación varía entre 5,0 y 40,0 mg/l. Algunos valores inferiores a 1 mg/l determinan curvas de ese tenor al norte de Guaymallén y Maipú, noroeste de San Martín y norte de Santa Rosa. Estos valores no son relevantes dada la escasez de información del primer nivel de explotación obtenido en esas zonas, donde el abandono de perforaciones que explotan ese nivel impidieron la extracción de mayor cantidad de muestras de agua.

En general, el contenido de nitrato en el área de acuífero libre supera los 10 mg/l. Mayores contenidos de nitrato, variables entre 20 y 40 mg/l, se observan en las siguientes zonas: Ugarteche, Carrizal, Barrancas, noroeste del departamento Maipú y centro del departamento de Guaymallén. La mayor presencia de nitrato en estas zonas puede deberse a que se practica una intensa actividad agrícola dedicada principalmente a la horticultura. Esta actividad da uso intensivo a los suelos, con cultivos de estación, requiriendo riegos más frecuentes y utilización de cantidades cada vez mayores de fertilizantes. En los departamentos de Maipú y Guaymallén también puede tener influencia la actividad industrial productora de efluentes con altas concentraciones de materia orgánica (Rodríguez, 1992).

En la zona central y oriental de la cuenca, departamentos de San Martín, Rivadavia, Junín, Santa Rosa y La Paz, se obtuvieron sólo 15 muestras de agua de este nivel, porque como ya se mencionara este acuífero está salinizado y por ende actualmente existen pocas perforaciones para su explotación. No obstante se trazaron las curvas densificando la información con datos de muestreos realizados en períodos anteriores. En este sector de

la cuenca se encuentran tenores de nitrato variables entre 10 y 20 mg/l al norte de Tres Porteñas, sudeste de San Martín y zona central de los departamentos Junín y Rivadavia. Existen también algunos datos puntuales con tenores superiores a los 40 mg/l.

- Segundo nivel de explotación

En general, se observan tenores de nitrato inferiores a los existentes en el primer nivel de explotación. Las concentraciones más elevadas, que apenas superan los 20,0 mg/l, se determinaron en el área del Gran Mendoza, donde el nivel suprayacente alcanza tenores mayores de 100 mg/l. En este sector de la cuenca, la presencia de nitrato en el agua subterránea es atribuible a la percolación de desechos orgánicos provenientes de la actividad humana de estos núcleos urbanos. Al norte y sur de este sector, en áreas que abarcan las zonas: norte del departamento Luján y sur del departamento Las Heras, Guaymallén y Maipú, el contenido de nitratos varía entre 10,0 y 20,0 mg/l. En esta área existe una actividad agrícola intensa dedicada principalmente a la horticultura e industria, cuyos desechos en la mayor parte de los casos, se vuelcan al Canal Pescara que atraviesa el área de sur a norte. La percolación de nitratos, a partir de estos desechos y de la actividad agrícola incide en primer lugar en el nivel de explotación superior, donde se encuentran tenores que oscilan entre 20 y 40 mg/l. En la Zona Central del departamento San Martín, ubicada al sudeste de Tres Porteñas, los tenores de nitrato superan los 10 mg/l. En esta zona existe un proceso de salinización del segundo nivel de explotación por interacción con el nivel suprayacente, contaminado por la percolación de excedentes de riego. La interacción entre mantos explicaría la presencia de nitrato en el segundo nivel, ya que se presume que la misma es de carácter exógeno al sistema hídrico subterráneo. En el resto de la cuenca el nitrato varía entre 5 y 10 mg/l y menores de 5 mg/l en el área de máxima recarga de los ríos Mendoza y Tunuyán y en una franja que abarca desde la localidad de Palmira, el este del departamento San Martín, norte de Maipú, Las Heras y Lavalle.

- Tercer nivel de explotación

Este nivel se encuentra menos expuesto a procesos de contaminación debido a la protección natural que le confieren sedimentos arcillosos que lo separan de los niveles acuíferos suprayacentes. Por esta razón los tenores de nitrato son inferiores a 1,0 mg/l. Las concentraciones más elevadas apenas superan los 5,0 mg/l en la Zona Central del departamento de Junín. En un pequeño sector agrícola ubicado al sur del departamento de Rivadavia se encontraron concentraciones de hasta 20,0 mg/l de nitrato.

CONCLUSIONES

- En algunos sectores de la cuenca, principalmente al este del departamento San Martín, la salinidad del agua subterránea del primer nivel de explotación supera los límites aceptables para uso agrícola, por lo que las perforaciones que poseen los filtros en este nivel se están abandonando y reemplazando por otras más profundas.

- Existe una salinización progresiva del segundo nivel de explotación en el área central de la cuenca, con mayor intensidad en sectores ubicados al sur y sudeste de la localidad de Tres Porteñas en el departamento San Martín.

- La salinización del segundo nivel en algunos sectores se debería a la comunicación inducida con el primer nivel de explotación por causas tales como: sobreexplotación de acuíferos, construcción inadecuada de perforaciones y rotura de perforaciones por procesos de corrosión.

- Como consecuencia de la salinización del segundo nivel se pueden detectar graves inconvenientes como: pérdida de cultivos, disminución de los rendimientos de los mismos, salinización y sodificación de suelos.

- Para atemperar estas consecuencias los agricultores utilizan mayor cantidad de agua ocasionándose: disminución de eficiencia de riego, mayor costo de producción, revinción y aceleración del proceso de contaminación de acuíferos por sobreexplotación.

- En el tercer nivel de explotación se observa mayor estabilidad hidroquímica, salvo en

una franja ubicada al norte de Chapaney que abarca la localidad de Tres Porteñas, donde se detectaron incrementos de salinidad.

- La mayor densidad de perforaciones en mal estado (35,6%) se ha detectado en sectores de gran concentración de perforaciones e intensa actividad agrícola de los departamentos San Martín, Rivadavia y Junín.

- Las perforaciones en mal estado (rotas por corrosión) extraen agua con salinidades de hasta 400% más elevada de la que debieran extraer en buen estado de conservación.

- Las perforaciones en mal estado, en la mayoría de los casos, las que extraían agua de Clase III, buena a regular, pasan a extraer aguas de Clase IV, regular a mala para riego, con pérdidas estimadas de un 20% en el rendimiento de los cultivos.

- Se ha detectado arsénico en el agua subterránea en el sector noroeste de la cuenca, área cultivada de los departamentos de Lavalle y Las Heras. En el resto del área se detectaron casos puntuales.

- En la zona norte del departamento de Lavalle, entre las localidades de Jocolí y San José, se detectaron concentraciones de arsénico superiores a 0,1 mg/l (límite fijado por Obras Sanitarias Mendoza).

- En general, el contenido de flúor en el agua subterránea no supera los límites tolerables de Obras Sanitarias Mendoza.

- Al este del departamento La Paz existen tenores elevados de flúor que aumentan en el sentido de flujo desde 1,0 a 5,0 mg/l, superando los límites para consumo humano. En este sector de la cuenca, también la elevada salinidad del agua es un factor limitante para dicho uso.

- En el tercer nivel de explotación los tenores de flúor son inferiores a 0,7 mg/l que determina Obras Sanitarias Mendoza como límite para consumo humano.

- En el área del Gran Mendoza, el primer nivel de explotación posee concentraciones de nitrato superiores a 20 mg/l, aumentando hacia la zona más poblada de Guaymallén, Las Heras, Godoy Cruz y Capital, a tenores superiores a 100 mg/l.

- En el área bajo riego, la concentración de nitrato en el primer nivel de explotación varía entre 5 y 40 mg/l.

- En el segundo nivel de explotación las concentraciones de nitrato más elevadas oscilan alrededor de 20 mg/l en el área del Gran Mendoza.

- En el tercer nivel de explotación, la concentración de nitrato, en general, no supera tenores de 1,0 mg/l.

- Los tenores elevados de nitrato en el primero y segundo nivel de explotación constituirían un indicio de contaminación de acuíferos, ya que el nitrato es de origen exógeno en la cuenca de agua subterránea, como se verifica en el tercer nivel de explotación.

BIBLIOGRAFÍA

ALVAREZ, A., 1984. Evaluación Hidroquímica del Recurso Hídrico de la Zona Norte de la Provincia de Mendoza. P-271 - C.R.A.S.

ALVAREZ, A., 1985. Contenido de Arsénico en el agua subterránea. Área cultivada del Dpto. de Lavalle - Provincia de Mendoza. IT-61 - C.R.A.S.

ALVAREZ, A., 1989. Control de la Calidad y Contaminación del agua subterránea de la Zona Norte y Centro de la Provincia de Mendoza. IT-112 - C.R.A.S.

ALVAREZ, A. y GARCIA, E., 1986. Investigación Hidroquímica e Isotópica del agua subterránea y origen de la contaminación de los acuíferos de la Cuenca Norte - Provincia de Mendoza. Primer Informe de Avance.

ALVAREZ, A. y GARCIA, E., 1987. Investigación Hidroquímica e Isotópica del agua subterránea y origen de la contaminación de los acuíferos de la Cuenca Norte - Provincia de Mendoza. Segundo Informe de Avance.

ALVAREZ, A. y GARCIA, E., 1988. Investigación Hidroquímica e Isotópica del agua subterránea y origen de la contaminación de los acuíferos de la Cuenca Norte - Provincia de Mendoza. Tercer Informe de Avance.

- FERNANDEZ, A., s/f. Curso de Hidrología para Post-graduados "Noel Llopis". Contaminación y Tratamiento de Aguas. Madrid - España.
- FERRES, C. 1989. Estudio del Efecto de la Percolación de los líquidos residuales domiciliarios sobre la calidad del agua subterránea en el área de acuífero libre. Provincia de Mendoza. IT-107 - C.R.A.S.
- RODRIGUEZ, R., 1992. Estudio de la Contaminación del Agua Subterránea por efecto de los efluentes industriales-Zona de influencia del Canal Pescara Provincia de Mendoza. DI-180 - C.R.A.S.

Estudio de la contaminación del agua subterránea por efectos de los efluentes industriales

RODOLFO RODRÍGUEZ

Centro Regional de Aguas Subterráneas (CRAS), Av. España 1425, 5500 Mendoza

RESUMEN

Se estudió el área influenciada por los derrames industriales al Colector Pescara. Se estableció una red de monitoreo superficial y subterránea obteniéndose un total de 107 muestras de agua analizadas química y bacteriológicamente: 21 corresponden a desechos líquidos industriales y 2 a cloacales. Las 84 restantes corresponden a agua subterránea, de las cuales 17 pertenecen a perforaciones que explotan el acuífero a menos de 30 m, 15 entre 30 m y 60 m, 19 entre 60 m y 100 m y 33 a más de 100 m. La contaminación hídrica es preferentemente industrial- orgánica y cloacal, que en términos de población equivalente significan 750.000 y 32.400 habitantes respectivamente. La contaminación del agua subterránea se manifestó principalmente en perforaciones que explotan profundidades menores a 60 m. No se determinó contaminación de agua subterránea por efluentes industriales que no sean de naturaleza orgánica.

ABSTRACT

Study of the underground water contamination owing to industrial effluents

The area of the Colector Pescara influenced by the industrial refuse was studied. A net was established for surface and underground monitoring, obtaining a total of 107 water samples, that were chemically and bacteriologically analyzed. Of the samples, 21 correspond to industrial liquid waste and 2 to sewage. The remaining 84 correspond to underground water, of which 17 belong to drillings that exploit the aquifer at less than 30 m deep 15 between 30 and 60 m, 19 between 60 and 100 m, and 33 drillings deeper than 100 m. The hydric contamination is preferently organic-industrial and from sewage, which in terms of equivalent population means 750,000 and 32,000 inhabitants respectively. The contamination of underground water was manifested mainly in drillings that exploit at depths less than 60 m. It was not determined the contamination of underground water by industrial effluents that are not of organic nature.

INTRODUCCIÓN

La contaminación hídrica provincial originada por industrias se produce en un 50% entre los departamentos de Guaymallén y Maipú. Esta contaminación se refiere a los sitios de generación, que no necesariamente son aquellos lugares donde se produce el verdadero impacto ambiental. Este estudio ha sido encarado desde el punto de vista del uso del agua para consumo humano.

Se obtuvo un total de 107 muestras de agua. De éstas 21 corresponden a desechos líquidos industriales y 2 a cloacales (Figura 1). Estos líquidos son volcados en algunos casos directamente al colector Pescara, y en otros a cauces de riego del arbolado público, mezclándose en ocasiones con excedentes de riego. Durante el muestreo se realizó *in situ* determinaciones de pH potenciométrico, conductividad eléctrica, temperatura y caudal. Se registró además toda característica relevante como aspecto, olor, color, turbidez, espumas, sólidos sobrenadantes, desprendimiento de gases, etc.

Se obtuvo además un total de 84 muestras de agua subterránea correspondientes a perforaciones que explotan diferentes niveles de profundidad. De éstas 17 muestras corresponden a perforaciones que explotan a menos de 30 m; 15 muestras entre 30 y 60 m; 19 muestras para el nivel entre 60 y 100 m, y 33 muestras a mayor profundidad. También aquí se determinó *in situ*: pH, conductividad eléctrica y temperatura.

En laboratorio se determinó para 21 muestras de efluentes industriales: pH, oxígeno disuelto, oxígeno consumido, demanda biológica de oxígeno (Tabla 1). Para el examen bacteriológico se extrajo 14 muestras: 4 para el primer nivel de explotación, 6 para el segundo, 2 para el tercero y 2 para pozos superiores a 100 m (Tabla 2). En las muestras de agua subterránea se determinó en mg/l: Boro, Dióxido de Silicio, Hierro total, Nitratos, Nitritos, Amonio, Flúor, Manganeso, Aluminio, Fosfato total, Arsénico, Azufre, Zinc, Cobre, Plomo, Nitrógeno orgánico y total, y Cromo (Tabla 3).

RESULTADOS

AGUA SUBTERRÁNEA

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS

Nivel de explotación menor de 30 m

Las 17 muestras, correspondientes a 13 perforaciones, presentan un contenido salino moderado, con valores de conductividad eléctrica entre 2970 y 1440 microSiemens/cm. Son aguas cálcicas sulfatadas con contenidos variables entre 22 y 37 %me para el calcio y entre 22,5 y 36 %me para el sulfato. En algunas muestras el cloruro alcanza una concentración relativa entre 15 %me y 16 %me. La concentración promedio de nitratos es de 46,8 mg/l, con un máximo de 76 mg/l a 15 m de profundidad. En diez de las muestras la concentración supera los 45 mg/l, límite tolerable según las normas de Obras Sanitarias.

Los contenidos de nitritos y amonio no superan en ningún caso los límites aceptables.

Sólo en 4 muestras (4-1-155, 4-2-307, 4-5-728 y 4-5-1040) se determinó presencia de arsénico, variando entre 0,01 y 0,03 mg/l.

Con respecto al Hierro y al Manganeso no aparecen para este nivel de explotación con valores que indiquen una alteración de la calidad natural del agua. Únicamente en 3 muestras (4-2-301, 4-5-641 y 4-5-1040) superan los 0,30 mg/l, asociándose estos contenidos al deterioro de las perforaciones más que a una contaminación general del acuífero.

Nivel de explotación entre 30 y 60 m

La salinidad total del agua para este nivel es ligeramente inferior a la del nivel superior, con un valor promedio de 1930 microSiemens/cm.

La concentración de los principales iones define a estas aguas como cálcicas sulfatadas, con valores relativos entre 26 y 31,5 %me para el calcio y entre 21 y 29 %me para el sulfato. El cloruro alcanza sólo en seis muestras valores relativos entre 15 y 16 %me, estando el resto de las muestras analizadas por debajo de este valor.

El contenido de nitratos alcanza valores importantes con un valor de 40,6 mg/l en promedio, valor bastante superior a los contenidos del agua de recarga del río Mendoza (2,2 mg/l). Solamente cuatro muestras superaron el límite máximo tolerable para consumo humano (pozos 4-2-234, 4-5-735, 4-02-15 y 4-4-37). En el área analizada, el sector com-

prendido entre los canales Pescara y Chachingo es la más conflictiva respecto de la concentración de nitrato, coincidiendo con la zona más contaminada del nivel superior. Estos niveles de nitratos provienen de residuos animales, excretas humanas y fertilizantes utilizados en esta zona agrícola.

Las muestras provenientes del pozo 4-2-234 presentan concentraciones superiores a las aceptables de nitrógeno amoniacal (0,11 mg/l), de hierro (2,10 mg/l), nitrógeno orgánico (1,40 mg/l) y nitrógeno total (1,50 mg/l); valores asociados a contaminación por desechos industriales de productos alimenticios o aguas negras.

Nivel de explotación entre 60 y 100 m

En general las aguas presentan características cálcicas sulfatadas, con concentraciones relativas de cloruros de hasta 15 a 16 %me.

La salinidad total del agua disminuye respecto de los niveles suprayacentes, alcanzando una conductividad eléctrica promedio de 1484 microSiemens/cm.

El contenido de nitrato es en promedio inferior (24,6 mg/l) a los niveles anteriores.

Los restantes compuestos nitrogenados (nitritos, nitrógeno y amonio, nitrógeno orgánico y total) no aparecen en este nivel en concentraciones objetables.

El pozo 7-7-64 mostró valores elevados de nitratos (36 mg/l), fosfatos (0,08 mg/l), zinc (0,01 mg/l), cobre (0,04 mg/l) y hierro (0,50 mg/l). Estos valores estarían indicando un deterioro general de la cañería con contaminación desde el exterior, principalmente fertilizantes y/o aguas negras.

Nivel de explotación mayor a 100 m

El agua de este nivel presenta una salinidad promedio similar a la del nivel anterior (1400 microSiemens/cm). Químicamente resultan también cálcicas sulfatadas, con un contenido entre 23,2 y 34,9 %me de calcio y entre 23,2 y 34,1 %me de sulfato.

Los contenidos de nitratos, con un promedio de 16,7 mg/l, resultan ser menores que los otros niveles. Solamente en los pozos 4-2-1129 (49 mg/l) y 4-0-423 (55 mg/l) los contenidos superan los límites tolerables. Teniendo en cuenta la ubicación de estas perforaciones y los valores obtenidos para las 25 muestras restantes, surge que estas alteraciones responden a un desmedro puntual y no general del acuífero. Igualmente la elevada concentración de hierro para ambos pozos (2,00 mg/l para el 4-2-1129 y 2,80 mg/l para el 4-0-423) indican deterioro de estas cañerías.

Los bajos tenores promedio de nitritos (0,03 mg/l) y nitrógeno de amonio (0,06 mg/l), descartan la posibilidad de contaminación reciente por materia proteica en proceso de oxidación. Sin embargo los pozos últimamente mencionados son los que poseen mayores valores de nitrógeno orgánico (0,20 mg/l y 0,13 mg/l respectivamente) y total (0,28 mg/l y 0,20 mg/l).

Respecto a los restantes oligoelementos el análisis no acusa valores que alteren la calidad natural del agua explotada a esta profundidad.

CONTAMINACIÓN BACTERIOLÓGICA

La capacidad del suelo para retener bacterias patógenas y no patógenas influye en la posible contaminación del agua subterránea. La presencia de cantos rodados medianos a gruesos en la zona del acuífero libre y el predominio de materiales finos hacia el este del área estudiada, configuran un sector de rápida a moderada infiltración que facilita la percolación de líquidos contaminados hasta alcanzar las capas subterráneas. El riego practicado en los cultivos con líquidos provenientes de los canales Pescara y Chachingo facilita o aumenta los volúmenes infiltrados. Las lluvias sobre depósitos de residuos sólidos (corrales de animales, residuos orgánicos de industrias alimenticias, etc.) lixivian las sustancias solubles contribuyendo también al aumento de la posible contaminación bacteriológica. Una vez que los agentes contaminantes han alcanzado el manto saturado, se desplazan horizontalmente con mayor rapidez conforme la dirección del flujo subterráneo.

En la Tabla 2 se muestran los resultados de los exámenes bacteriológicos para los niveles de explotación analizados, indicándose las bacterias y grupos de microorganismos investigados.

De las cuatro muestras extraídas del primer nivel, tres poseen calidad bacteriológica deficiente. Estos pozos se ubican en la zona de surgencia y se explotan muy cerca de la superficie, entre 8 y 23 m de profundidad.

En el segundo nivel de explotación sólo la muestra proveniente del pozo 4-4-896 (con filtros entre 32 y 57 m) presenta calidad bacteriológica deficiente con presencia de *Pseudomonas* div. sp. y elevado número de bacterias coliformes. Esta perforación está próxima al canal Pescara. El agua del resto de las perforaciones posee excelente grado de pureza bacteriológica.

EFLUENTES LÍQUIDOS INDUSTRIALES

Las muestras se obtuvieron de aquellas industrias consideradas las más destacables por los antecedentes y tipo de actividad.

En la Tabla 1 se observan los resultados de pH, oxígeno disuelto, oxígenos consumido y demanda biológica de oxígeno (DBO) determinado para estas muestras.

Teniendo en cuenta el caudal erogado por cada una de estas industrias y el valor de DBO respectivo, se calculó la carga orgánica de las misma. A su vez, considerando que una persona produce por día 54 g de DBO, se calculó la contaminación hídrica expresada en población equivalente que produce cada industria analizada (Tabla 4).

En la Tabla 4 se puede observar que entre los efluentes analizados, 8 corresponden a bodegas, 5 a industrias alimenticias y conserveras, 3 a efluentes de la zona alcoholera y 1 de cada una de las siguientes industrias: fábrica textil, curtiembre, olivícola, frigorífica y de bebidas no alcohólicas. Se incluye además en esta tabla los resultados obtenidos de dos muestras extraídas del canal Chachingo, que transporta preferentemente líquidos cloacales.

Al colector Pescara descargan aproximadamente un centenar de industrias que representan una contaminación hídrica expresada en población equivalente de 615.513 habitantes, correspondiendo al 46,8% del total de la provincia (Zoia y Fasciolo, 1989).

La contaminación hídrica para los años 1991-92, para 21 industrias muestreadas, resultó ser de 757.005 habitantes, para una población real de sólo 347.487 habitantes (Censo Poblacional 1991).

A pesar de que los muestreos no fueron exhaustivos los resultados logrados permiten efectuar algunas consideraciones particulares según el tipo de industrias. De esta manera se ha determinado que el volcado de la zona alcoholera continúa siendo el que produce la mayor contaminación hídrica, con una población equivalente de 450.000 habitantes, que significan el 57% del total. Las bodegas, con 8 establecimientos muestreados, producen una contaminación equivalente a 196.500 habitantes (24,8% del total). Es interesante la contaminación producida por la industria alimenticia y conservera que alcanza sólo a una población equivalente de 8.843 habitantes (1,1% del total). Esto se debe seguramente a que el muestreo se realizó durante la época invernal. El efluente de curtiembre alcanza al 10,58% del total de la contaminación hídrica, con una carga orgánica de 52380 mg/seg.

Los líquidos cloacales volcados al canal Chachingo alcanzan el 4,4% del total de la contaminación del área estudiada y representan un elevado riesgo sanitario potencial porque se usan en crudo para el riego de verduras y hortalizas (consumo en crudo).

CONCLUSIONES

En el área estudiada la contaminación hídrica encontrada es preferentemente industrial-orgánica y cloacal (canal Chachingo), que expresada en términos de población equivalente es de 750.000 y 32.400 habitantes respectivamente.

La ubicación de los pozos con calidad de agua objetable definen un área de agua subterránea de propiedades físico-químicas y bacteriológicas alteradas (Figura 2).

La contaminación del agua subterránea se manifestó en perforaciones que explotan a profundidades menores a 60 m.

La alteración encontrada es de tipo orgánico, evidenciada por los elevados contenidos

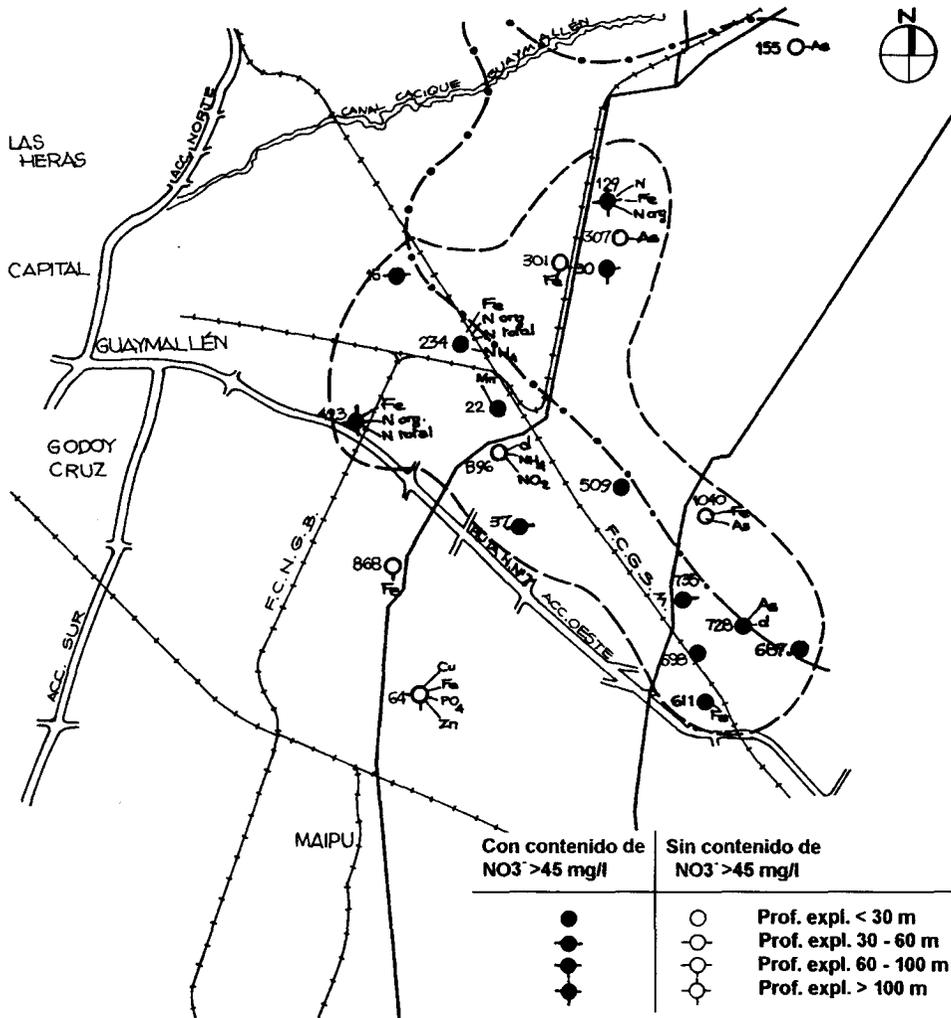


Figura 2. Zonificación del agua subterránea contaminada

de compuestos nitrogenados. Estos compuestos son aportados al acuífero directa o indirectamente. Directamente lo aportan las áreas urbanas sin servicio de eliminación de excretas (pozos negros), como las infiltraciones de las áreas agrícolas regadas con líquidos del canal Pescara y Chachingo. Indirectamente por las infiltraciones verticales desde el canal Pescara, de los efluentes líquidos que vuelcan la industrias de elevada población equivalente.

No ha sido determinada la contaminación del agua subterránea por efluentes industriales que no sean de naturaleza orgánica. Elementos tóxicos que excedan los límites tolerables, como arsénico, cromo, plomo, cobre y cinc, se puede considerar que no contaminan el acuífero. La presencia de alguno de ellos en el agua responde a problemas en las perforaciones.

Los contenidos de hierro encontrados en el agua de algunos pozos corresponde a deterioro por oxidación en las cañerías de entubación.

La contaminación bacteriológica se encuentra mayoritariamente en los pozos que explotan a escasa profundidad. Si bien el manto insaturado favorece los procesos naturales

de purificación bacteriológica, la contaminación detectada en el primer nivel está relacionada con la escasa profundidad del mismo. A medida que se incrementa la profundidad se amplía el límite de seguridad por aumento de la distancia al foco contaminante, lo que torna improbable la presencia de bacterias intestinales en el medio.

BIBLIOGRAFÍA

- ALVAREZ, A., 1987. Contaminación del agua subterránea. Documento DI-105 CRAS.
- ALVAREZ, A., 1989. Control de calidad y contaminación del agua subterránea, zona norte y centro de la provincia de Mendoza. Documento IT-112 CRAS.
- FERRES, C.J., 1980. Contaminación del agua subterránea. En: Curso Internacional de Hidrología General con énfasis en Hidrología Subterránea. Bs. As., Sta. Fe, Mendoza y San Juan.
- MONTES, T.A., s/f. Estudio de factibilidad de tratamiento de las aguas del colector Pescara para el control de la contaminación. Prediseño de un sistema de tratamiento. Facultad de Ingeniería, UNC.
- MUNICIPALIDAD DE MAIPU, 1973. Estudio de la contaminación en el canal Pescara. Seminario: Contaminación de agua y suelo por desagües orgánicos.
- ORTIZ VERGARA, O. y J. BARTOLOMEO, 1991. Estado hidrológico de la cuenca de agua subterránea de Mendoza, zona norte y centro, año 1990. Documento Interno 162.CRAS.
- RODRIGUEZ, R.E., 1986. Conocimiento de algunos parámetros indicadores de contaminación. Acuífero libre del Valle de Tulúm. CRAS San Juan.
- ZOIA, O. y G. FASCILOLO, 1989. Contaminación hídrica industrial en Mendoza. Documento Inédito, CELA, INCYTH.

Tabla 1. Efluentes Industriales Examinados

Nº de Referencia	Análisis de aguas residuales			
	pH	Propiedades investigadas		
		O.D.	O.C.	D.B.O.
(mg/l)				
2	7,8	9,2	4,0	2,9
5	6,9	0	174	350
6	8,6	0	200	280
8	8,1	0	450	4800
14	8,1	0	1000	1940
19	7,2	8,3	5,0	4,2
27	7,6	0	39	100
31	7,8	4,9	65	320
32	7,2	2,2	27	110
33	6,4	0	120	230
35a	7,7	8,0	15	2,6
35b	7,9	9,5	15	1,6
35c	5,8	0	1840	2200
36	7,4	0	83	550
39	11,3	0	3500	3300
40	7,9	0	68	160
41	7,6	0	250	990
42	5,3	0	2960	1360
43	6,0	0	433	584
45	6,6	0,5	67	91
100	6,7	0	760	950
101	7,4	0	64	88
102	6,8	0	1185	9990

Tabla 2. Colector: PESCARA - Provincia de: MENDOZA

Determinaciones	Examen Bacteriológico							
	Número de Pozos							
	Profundidad de explotación: menor de 30 metros				entre 60 - 100 metros		superior a 100 metros	
	4-5-687	4-4-728	4-5-698	4-2-22	4-2-30	2 7-7-64	4-2-1129	13-2-203
Bacterias aerobias totales, u.f.c. por ml (agar nutritivo 37°C, 48 hs)	1	75	35	1	1	1	1	1
Bacterias coliformes totales, N.M.P. en 100 ml (caldo Mac Conkey 37°C, 48 hs)	2	240	10	5	2	2	2	2
<i>Escherichia coli</i> , N.M.P. en 100 ml (test de Eijkman)	—	11,43	—	—	—	—	—	—
Grupo <i>Citrobacter Enterobacter - Klebsiella</i> , N.M.P. en 100 ml (cittrato de Koser, 37°C, 48 hs)	—	228,57	10	5*	—	—	—	—
Calidad Bacteriológica	Buena	Deficiente	Deficiente	Deficiente	Buena	Buena	Buena	Buena

Tabla 3. Características fisico-químicas del agua subterránea

Contaminación por efluentes industriales
 Área de recarga zona norte y de influencia del colector Pescara
 Proyecto I-M-5
 Provincia: Mendoza

Identificación de la Fuente	N° de Análisis	Profundidad m	Fecha de muestreo	T° agua °C	Determinaciones de laboratorio																														
					pH	C.E. (µSiemen/cm)	SDC mg/l	DT	DNC	AT	Ca++	Mg++	Na	K+	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	CL-	B	SiO ₂	F-	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄	Fe (Total)	Mn++	Al++	PO ₄ ⁼ (Total)	As+++	S=	Zn++	Cu++	Pb++	N (Org.)	N (Total)	Cr ₆ ⁺
					mg/l																														
Profundidad <30 m.																																			
4-02-22	31226	14-23	04/06/92	17	7,4	1960	1310	803	533	270	245	46,0	113,0	7,0	329	517	162	-	11,0	0,2	47,0	0,00	0,04	0,00	0,05	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	MLD	0,07	0,11	0,0
4-01-155	30715	21-27	03/10/91	16	7,8	1840	1330	804	722	82	294	17,0	90,0	6,0	100	700	137	0,35	19,0	0,8	17,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,03	-	-	MLD	-	-	-	0,0
4-02-203	30697	17	25/09/91	17	7,2	1920	1430	850	579	271	265	46,0	145,0	9,0	330	508	255	0,57	-	1,0	35,0	-	-	0,00	0,02	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	0,0
4-02-301	30989	18	04/12/91	15	8,0	1440	994	641	510	131	196	37,0	72,0	4,9	150	403	174	0,36	11,0	0,2	17,0	-	-	0,50	0,02	0,00	nd.	-	0,00	0,00	-	-	-	0,0	
4-02-307	30710	18	03/10/91	16	7,5	2180	1580	1090	839	254	374	39,0	80,0	5,4	310	738	151	0,45	18,0	0,8	18,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,03	-	-	0,00	-	-	-	0,0
4-03-414	30698	26-29	25/09/91	16	7,9	1840	1400	815	546	269	236	55,0	155,0	6,0	308	515	253	0,48	-	0,6	24,0	-	-	0,00	MLD	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	0,0
4-04-467	30712	30	03/10/91	16	7,5	1740	1250	830	547	283	271	37,0	90,0	4,9	346	498	149	0,41	12,0	0,5	13,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,01	-	-	0,00	-	-	-	0,0
4-04-509	30687	10-15	23/09/91	17	7,3	2390	1830	1180	890	286	377	57,0	145,0	7,5	349	653	344	0,61	-	0,7	76,0	-	-	0,20	MLD	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	0,0
4-04-509	31323	10-15	02/06/92	16	7,7	2240	1730	1090	801	294	334	64,0	133,0	7,0	359	711	221	-	12,0	0,2	75,0	0,02	0,04	0,00	0,00	-	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	MLD	<0,01	0,04	0,0
4-05-641	30688	15-18	23/09/91	17	7,3	2480	1760	1110	816	291	357	52,0	150,0	8,5	355	677	280	0,58	-	0,8	60,0	-	-	0,40	0,02	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	0,0
4-05-687	30689	17	23/09/91	17	7,4	2900	2240	1390	1140	258	428	79,0	190,0	8,0	314	960	353	0,63	-	0,9	66,0	-	-	0,00	0,02	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	0,0
4-05-687	31315	17	02/06/92	17	7,0	2970	2230	1390	1130	260	442	70,0	180,0	8,0	318	916	379	0,33	11,0	0,1	68,0	0,02	0,06	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	MLD	0,06	0,12	0,0
4-05-698	30690	20-23	23/09/91	17	7,7	1900	1410	843	586	257	260	47,0	140,0	7,5	314	512	235	0,77	-	1,0	54,0	-	-	0,00	MLD	-	-	0,00	-	-	MLD	-	-	-	0,0
4-05-698	31317	14-18	02/06/92	16	7,9	1910	1310	746	476	270	266	20,0	130,0	7,0	329	503	154	0,26	11,0	0,2	52,0	0,02	0,05	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	MLD	0,11	0,16	0,0
4-05-728	30691	8-12	23/09/91	16	7,2	1860	1280	788	518	270	251	39,0	113,0	7,0	329	486	147	0,51	-	0,7	71,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,02	-	-	0,00	-	-	-	0,0
4-04-728	31316	8-12	02/06/92	17	6,9	1870	1282	737	456	281	242	32,0	128,0	7,0	343	465	154	0,24	12,0	0,2	73,0	0,01	<0,01	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	MLD	0,14	0,14	0,0
4-05-1040	30704	24-29	26/09/91	16	7,5	1660	1150	740	516	224	230	40,0	95,0	4,7	273	486	127	0,47	-	0,8	29,0	-	-	0,30	0,00	-	-	0,01	-	-	0,02	-	-	-	0,0
Profundidad 90 a 60 m.																																			
4-02-15	31330	41	04/03/92	15	7,3	1780	1170	728	439	289	204	53	100,0	6,5	353	386	146	-	12,0	0,4	85,0	0,02	0,04	0,00	0,00	-	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	MLD	0,12	0,16	0,00
4-02-20	30988	30-50	04/12/91	15	7,7	1360	907	566	494	72	172	33	66,0	4,8	88	390	168	0,31	11,0	0,2	18,0	-	-	0,10	0,00	0,00	-	0,04	-	0,01	0,00	-	-	-	0,00
4-04-37	30626	52	04/09/91	16	7,8	1970	1180	766	605	161	226	49	90,0	6,8	197	425	223	0,44	16,0	0,3	45,0	-	-	0,10	0,00	0,00	-	0,00	-	0,02	0,00	-	-	-	0,00

Tabla 3 Continuación

Identificación de la Fuente	Nº de Análisis	Profundidad m	Fecha de muestreo	Tº agua °C	Determinaciones de laboratorio																														
					pH	C.E. (µSiemen/cm)	SDC mg/l	DT	DNC mg/l de CaCO ₃	AT	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na	K ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁼	CL-	B	SiO ₂	F-	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	NH ₄	Fe (Total)	Mn ⁺⁺	Al ⁺⁺	PO ₄ ⁼ (Total)	As ⁺⁺⁺	S ⁼	Zn ⁺⁺	Cu ⁺⁺	Pb ⁺⁺	N (Org.)	N (Total)	Cr ₆ ⁺
4-04-37	31322	52	02/06/92	16	7,6	1990	1390	825	518	307	253	47	130,0	8,0	374	549	160	-	11,0	0,2	42,0	0,01	0,03	0,00	0,00	-	0,02	0,00	0,00	0,03	0,02	MLD	0,01	0,04	0,00
4-04-40	31321	39-62	02/06/92	16	7,5	1750	1190	741	473	268	225	44	108,0	8,0	327	458	148	0,15	10,0	0,2	25,0	0,01	0,04	0,20	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	MLD	0,10	0,14	0,00
4-02-234	31325	40	04/06/92	17	7,3	2290	1510	918	643	275	295	44	128,0	8,0	335	568	197	-	12,0	0,2	98,0	0,02	0,11	2,10	0,04	-	0,03	0,01	0,00	0,22	0,11	MLD	1,40	1,50	0,00
4-02-240	30986	60	04/12/91	16	7,4	1470	1010	629	555	74	202	30	73,0	4,5	90	429	186	0,39	12,0	0,1	26,0	-	-	0,10	0,00	0,00	-	0,00	-	0,01	0,00	-	-	-	0,00
4-02-312	30998	35	05/12/91	16	7,2	2610	1910	1170	1050	125	374	58	145,0	10,0	153	849	345	0,52	18,0	1,0	35,0	-	-	0,10	0,00	0,00	-	0,03	-	0,01	0,00	-	-	-	0,00
4-02-340	30991	46	04/12/91	16	8,0	1190	783	449	374	75	146	21	68,0	5,7	92	336	132	0,38	20,0	0,3	8,6	-	-	0,10	0,00	0,00	-	0,04	-	0,00	0,00	-	-	-	0,00
4-02-367	30993	26-42	04/12/91	16	7,3	2760	2140	1290	1090	199	361	95	190,0	13,0	243	939	370	0,58	29,0	0,6	23,0	-	-	0,10	0,00	0,00	-	0,03	-	0,02	0,00	-	-	-	0,00
4-05-735	30703	60	26/09/91	15	7,3	1920	1340	839	593	246	265	43	115,0	6,0	300	553	167	0,49	-	0,9	44,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,01	-	-	MLD	-	-	-	0,00
4-05-735	31318	60	02/06/92	16	7,2	2020	1430	883	613	270	282	44	115,0	6,0	329	580	173	0,25	11,0	0,2	52,0	0,02	0,01	0,20	0,03	-	0,03	0,00	0,00	0,01	0,03	MLD	0,01	0,02	0,00
4- -868	31320	54	02/06/92	16	6,8	1940	1360	832	544	288	252	49	128,0	6,0	351	553	156	0,19	11,0	0,2	28,0	0,01	0,03	0,70	0,00	-	0,03	0,00	0,00	0,01	0,02	MLD	0,10	0,13	0,00
4-04-896	30702	32-57	26/09/91	16	7,6	1930	1310	851	583	268	265	46	100,0	7,0	327	547	147	0,47	-	0,9	38,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	0,00
4-04-896	31327	57	04/06/92	17	7,6	1980	1330	807	537	270	253	42	118,0	7,0	329	537	156	-	12,0	0,2	42,0	0,32	0,12	0,10	0,00	-	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	MLD	0,13	0,25	0,00

Profundidad 60 a 100 m.

4-4-27	30695	87	24/09/91	15	7,7	1290	951	566	425	141	175	31,0	98,0	4,5	171	360	182	0,42	-	0,9	15,0	-	-	0,00	MLD	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	0,00
4-1-115	30714	80	03/10/91	16	7,9	957	655	314	226	88	111	8,7	86,0	10,0	107	292	73	0,17	15,0	0,9	6,2	-	-	0,10	0,09	-	-	0,01	-	-	MLD	-	-	-	0,00
4-2-208	31328	74	04/06/92	16	7,8	1510	1010	654	469	185	187	46,0	70,0	4,5	225	433	124	-	9,2	0,2	25,0	0,03	0,09	0,00	0,06	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MLD	0,09	0,18	0,00
4-2-225	30694	61-72	24/09/91	16	7,5	1440	1070	684	527	157	196	47,0	90,0	4,5	192	414	201	0,37	-	0,8	22,0	-	-	0,10	MLD	-	-	0,00	-	-	MLD	-	-	-	0,00
4-2-271	30999	75	05/12/91	15	7,7	1500	1020	657	590	67	204	36,0	64,0	5,1	82	444	188	0,28	12,0	0,7	23,0	-	-	0,00	0,00	0,00	-	0,04	-	0,01	0,00	-	-	-	0,00
4-2-272	30696	80	24/09/91	15	7,7	1230	923	539	398	141	163	32,0	95,0	4,0	171	370	160	0,37	-	0,7	14,0	-	-	0,10	0,00	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	0,00
4-2-302	30709	80-90/93-104	03/10/91	15	7,9	1300	1050	539	400	139	200	9,2	123,0	9,0	169	470	86	0,23	12,0	-	60,0	-	-	0,10	0,00	-	-	0,01	-	-	0,00	-	-	-	0,00
4-2-302	31332	80-90/93-104	04/06/92	15	7,9	1350	897	548	423	125	173	28,0	70,0	5,0	153	404	112	-	12,0	0,6	17,0	0,03	0,08	0,10	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MLD	0,05	0,13	0,00
4-2-325	30997	61-72	05/12/91	16	7,4	1350	1000	666	594	72	201	40,0	62,0	5,3	88	442	180	0,29	13,0	0,8	17,0	-	-	0,30	0,00	0,00	-	0,03	-	0,00	0,00	-	-	-	0,00
4-3-444	31329	90	04/06/92	15	7,6	1720	1230	721	445	276	251	23,0	118,0	6,5	337	490	136	-	13,0	0,4	25,0	0,02	0,03	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	MLD	0,09	0,12	0,00
4-4-473	30692	84-96	24/09/91	15	7,4	1680	1250	799	613	186	232	54,0	98,0	6,0	226	512	207	0,50	-	0,8	32,0	-	-	0,00	0,02	-	-	0,01	-	-	0,00	-	-	-	0,00
4-5-787	30629	88-98	04/09/91	18	7,8	1000	666	419	315	104	125	26,0	52,0	3,1	126	263	112	0,25	13,0	0,2	9,8	-	-	0,00	0,00	0,00	-	0,00	-	0,01	0,00	-	-	-	0,00
4-3-2000	30693	80	24/09/91	16	7,8	1720	1320	858	642	216	250	57,0	100,0	5,5	263	519	224	0,69	-	0,6	35,0	-	-	0,40	0,03	-	-	0,00	-	-	MLD	-	-	-	0,00
7-07-63	30671	52-73	19/09/91	15,0	7,7	1920	1390	872	561	310	249	60,0	130,0	6,5	357	490	251	0,36	-	0,7	26,0	-	-	0,30	0,00	-	-	0,01	-	-	0,00	-	-	-	0,00
7-07-64	30666	77-80/80-100	19/09/91	16,0	7,1	1720	1200	744	508	236	230	41,0	113,0	6,2	288	416	215	0,43	-	0,9	36,0	-	-	0,00	MLD	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	MLD
7-07-64	31319	77-80/80-100	06/06/92	16,0	7,2	1680	1190	737	452	285	229	41,0	103,0	6,0	347	462	136	0,24	11,0	0,2	35,0	0,01	0,01	0,50	0,00	-	0,08	0,00	0,00	0,01	0,04	MLD	0,16	0,17	MLD

7-07-421	30667	52-73	19/09/91	15,0	7,3	1660	1220	760	542	218	230	45,0	113,0	5,2	265	462	209	0,31	-	0,7	22,0	-	-	0,10	MLD	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	MLD
----------	-------	-------	----------	------	-----	------	------	-----	-----	-----	-----	------	-------	-----	-----	-----	-----	------	---	-----	------	---	---	------	-----	---	---	------	---	---	------	---	---	---	-----

7-07-421	30667	52-73	19/09/91	15,0	7,3	1660	1220	760	542	218	230	45,0	113,0	5,2	265	462	209	0,31	-	0,7	22,0	-	-	0,10	MLD	-	-	0,00	-	-	0,00	-	-	-	MLD	-	-	-	0,00
7-07-3237	30668	81-100	19/09/91	16,0	7,8	1440	1050	677	486	191	203	41,0	85,0	4,8	233	400	180	0,33	-	0,8	20,0	-	-	0,00	0,02	-	-	0,01	-	-	MLD	-	-	-	MLD	-	-	-	0,00
7-07-3332	30669	79-105	19/09/91	15,0	7,1	1740	1240	783	522	261	239	45,0	113,0	6,3	318	432	222	0,35	-	0,6	28,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,02	-	-	0,00	-	-	-	MLD	-	-	-	0,00

Profundidad > de 100 m.

4-1-46	30713	110	03/10/91	16	7,9	942	655	382	290	92	133	12,0	60,0	5,0	12,0	282	84	0,16	13,0	1,0	9,4	-	-	0,00	0,00	-	-	0,01	-	-	MLD	-	-	-	0,00
4-2-222	30700	97-111	25/09/91	15	7,7	1360	979	595	436	159	187	31,0	93,0	5,0	194,0	359	180	0,43	-	0,8	27,0	-	-	0,10	0,02	-	-	0,01	-	-	0,00	-	-	-	0,00
4-2-295	30987	110	04/12/91	15	7,9	1440	999	622	548	74	188	37,0	73,0	4,9	90,0	432	186	0,38	12,0	0,2	21,0	-	-	0,15	0,02	0,00	-	0,03	-	0,02	0,00	-	-	-	0,00
4-2-358	30996	144	05/12/91	17	7,7	1200	825	429	352	77	162	25,0	62,0	5,0	94,0	356	144	0,31	13,0	0,9	11,0	-	-	0,00	0,00	0,00	-	0,02	-	0,00	0,00	-	-	-	0,00
4-2-374	30992	134-148	04/12/91	17	7,9	1150	738	430	368	62	134	23,0	65,0	4,9	75,0	317	134	0,19	12,0	0,5	10,0	-	-	0,10	0,00	0,00	-	0,04	-	0,00	0,00	-	-	-	0,00
4-2-383	30994	148	04/12/91	17	7,7	1160	755	431	377	54	147	15,0	68,0	4,9	65,0	325	138	0,47	14,0	1,1	10,0	-	-	0,00	0,00	0,00	-	0,01	-	0,00	0,00	-	-	-	0,00
4-2-402	31331	113	04/06/92	15	7,8	1620	1140	738	556	182	225	43,0	75,0	5,5	221,0	500	144	-	10,0	0,3	25,0	0,03	0,05	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	MLD	0,04	0,09	0,00
4-0-423	31324	128	04/06/92	15	7,7	1870	1310	764	435	329	241	39,0	130,0	7,0	401,0	480	146	-	11,0	0,2	55,0	0,02	0,07	2,80	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,04	0,03	MLD	0,13	0,20	0,00
4-2-552	30628	135	04/09/91	15,5	8,0	1650	719	463	381	82	138	29,0	48,0	3,7	108,0	300	120	0,22	13,0	0,2	14,0	-	-	0,05	0,00	0,00	-	0,00	-	0,03	0,00	-	-	-	0,00
4-2-928	30900	130	04/12/91	16	7,9	1350	890	550	485	65	178	25,0	66,0	5,2	80,0	400	150	0,38	12,0	0,3	14,0	-	-	0,00	MLD	0,00	-	0,04	-	0,00	0,00	-	-	-	0,00
4-4-999	30631	130	04/09/91	16	8,3	1060	681	419	314	105	127	25,0	59,0	3,9	129,0	264	110	0,29	14,0	0,3	14,0	-	-	0,50	0,02	0,00	-	0,00	-	0,02	0,00	-	-	-	0,00
4-2-1045	30701	95-124	25/09/91	15	7,7	1280	940	617	478	139	205	26,0	68,0	5,0	169,0	396	141	0,36	-	0,7	14,0	-	-	0,40	0,02	-	-	0,00	-	0,00	-	-	-	0,00	
4-2-1060	30995	113-140	04/12/91	17	7,8	1310	886	544	477	67	165	32,0	67,0	5,1	82,0	394	156	0,42	12,0	0,9	13,0	-	-	0,00	0,00	0,00	-	0,02	-	0,00	0,00	-	-	-	0,00
4-2-1129	30711	125-142	03/10/91	16	8,0	1330	987	596	465	131	190	29,0	86,0	6,0	159,0	408	127	0,16	13,0	0,6	49,0	-	-	0,20	0,02	-	-	0,02	-	0,03	-	-	-	0,00	
4-2-1129	31333	125-142	04/06/92	16	7,9	1340	898	545	424	121	171	29,0	69,0	5,5	147,0	404	116	-	10,0	0,4	19,0	0,03	0,08	2,00	0,05	-	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	MLD	0,20	0,28	0,00
4-2-2001	30699	95-110	25/09/91	17	7,7	1480	1050	668	497	171	198	42,0	93,0	4,5	208,0	410	180	0,44	-	0,6	22,0	-	-	0,10	0,03	-	-	0,02	-	0,00	-	-	-	0,00	
13-2-203	31335	87-119	09/06/92	17	7,7	793	527	241	164	77	75	13,0	69,0	5,5	94,0	229	65	-	23,0	0,2	1,5	0,03	0,05	0,10	0,02	-	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01	MLD	0,12	0,17	0,00
7-07-68	30684	103-128	20/09/91	15,0	7,7	1500	1100	701	492	209	211	42,0	90,0	5,5	225	430	172	0,48	-	1,1	19,0	-	-	0,00	0,04	-	-	0,00	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-04-124	30683	144-164	20/09/91	15,0	8,0	1180	800	514	370	144	166	24,0	61,0	4,5	176	319	124	0,43	-	1,0	8,5	-	-	0,10	0,02	-	-	0,00	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-03-136	30686	128-145	20/09/91	16,0	7,8	1940	1550	950	758	192	297	51,0	133,0	5,5	235	724	211	0,49	-	0,9	15,0	-	-	0,30	0,00	-	-	0,00	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-03-202	30680	130-140	20/09/91	17,0	7,8	1570	1160	696	599	127	217	37,0	105,0	5,0	155	503	200	0,36	-	0,7	13,0	-	-	0,10	0,02	-	-	0,01	-	-	MLD	-	-	-	0,00
7-03-203	30681	80-113	20/09/91	16,0	7,7	1750	1270	792	641	151	262	33,0	105,0	5,0	184	540	222	0,47	-	0,8	12,0	-	-	0,00	MLD	-	-	0,00	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-03-219	30682	130-140/149-155	20/09/91	17,0	7,9	1920	1438	835	651	184	270	39,0	138,0	5,0	224	708	154	0,53	-	0,6	13,0	-	-	0,00	MLD	-	-	0,00	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-07-424	30685	40-50/137-142	20/09/91	15,0	8,1	1100	726	471	384	87	147	25,0	54,0	3,5	106	290	143	0,36	-	0,8	10,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,00	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-03-1648	30674	116-131	19/09/91	16,0	7,7	1750	1310	859	641	218	276	41,0	90,0	5,5	265	570	182	0,36	-	0,8	12,0	-	-	0,20	0,00	-	-	0,01	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-07-1820	30672	95-112	19/09/91	15,0	7,4	1500	1050	681	497	184	208	39,0	80,0	5,0	224	403	180	0,21	-	1,0	20,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,01	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-03-1943	30673	145-180	19/09/91	17,5	7,3	1900	1430	946	745	201	301	47,0	90,0	5,3	245	676	177	0,57	-	0,7	11,0	-	-	1,50	0,02	-	-	0,01	-	-	MLD	-	-	-	0,00
7-07-1964	30678	116-148	19/09/91	15,0	7,7	1310	974	645	461	184	201	34,0	72,0	5,0	224	365	170	0,40	-	0,9	15,0	-	-	0,70	0,04	-	-	0,01	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-04-1965	30677	130-150/150-160	19/09/91	16,0	7,8	1540	1110	716	509	207	241	28,0	88,0	5,0	233	453	164	0,42	-	0,9	12,0	-	-	0,00	0,02	-	-	0,01	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-07-1973	30670	128-140	19/09/91	16,0	7,8	1490	1070	665	464	201	206	36,0	95,0	5,5	245	417	170	0,34	-	0,5	21,0	-	-	0,30	0,00	-	-	0,00	-	0,02	-	-	-	MLD	
7-07-2646	30679	142-150	19/09/91	16,0	7,3	1400	991	621	449	172	200	30,0	85,0	5,0	210	385	170	0,46	-	0,9	14,0	-	-	0,10	0,04	-	-	0,02	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-03-2686	30676	106-151	19/09/91	17,0	7,8	1840	1390	800	649	151	265	33,0	130,0	6,0	184	701	153	0,41	-	0,9	13,0	-	-	1,00	0,02	-	-	0,01	-	0,00	-	-	-	0,00	
7-07-3224	30675	114-133	19/09/91	16,0	7,4	1380	978	625	441	184	205	28,0	80,0	5,0	224	362	173	0,49	-	0,6	14,0	-	-	0,00	0,00	-	-	0,00	-	0,00	-	-	-	0,00	

Tabla 4. Fuentes Contaminantes Superficiales

Nº de Referencia	Nombre y tipo de industria	Caud.Q (l/s)	DBO (mg/l)	Carga Org. CO (mg/s)	Pobl. equiv. DBO 54g (Hab.d)	Población equivalente por actividad								
						Bodega	Bebida no alcohólica	Textil	Cur-tiembre	Alim. y conserv.	Alco-hole-ra	Oli-vico-la	Fri-gori-fico	Liqui-dos cloac.
2	Hudson-Bodega	19,5	2,9	56,5	90	90	-	-	-	-	-	-	-	
5	Pepsi-Bebidas	2,0	350	700	1120	-	1120	-	-	-	-	-	-	
6	Gonzales Galíno-Textil	3,5	280	480	1568	-	-	1568	-	-	-	-	-	
8	Uvita-Bodega	5,0	4800	24000	38400	38400	-	-	-	-	-	-	-	
14	Benincá Hnos-Curtiembre	27,0	1940	52380	83808	-	-	-	83808	-	-	-	-	
19	IMASA-Ind. Alimenticia del maíz	4,3	4,2	18,0	29	-	-	-	-	29	-	-	-	
27	Conservas Silvia-Conserva	1,6	100	160	256	-	-	-	-	256	-	-	-	
31	Lanzilotta-Bodega	0,9	320	288	461	461	-	-	-	-	-	-	-	
32	Castro-Bodega	1,5	110	165	264	264	-	-	-	-	-	-	-	
33	Bodega Tupungato Conservas	21,0	230	4830	7728	-	-	-	-	7728	-	-	-	
35a	Zona alcoholera	23,5	2,8	65,8	105	-	-	-	-	-	105	-	-	
35b	Zona alcoholera	19,0	1,6	30,4	49	-	-	-	-	-	49	-	-	
35c	zona alcoholera	128	2200	281600	450560	-	-	-	-	-	450560	-	-	
36	López-Bodega	1,0	550	880	880	-	-	-	-	-	-	-	-	
39	Yáñez-Olivicola del maíz	2,0	3300	6600	10560	-	-	-	-	-	-	10560	-	
40	Bodega Giol y López Conserva	0,8	160	128	205	-	-	-	-	-	-	-	-	
41	Frigorífico Regional Vildoza	2,5	990	24758	3960	-	-	-	-	-	-	-	3960	
42	Bodega y Destilería LUMAI	0,5	1360	680	1088	1088	-	-	-	-	-	-	-	
43	Industria Conserva Aldo Ronchi	0,7	584	408,8	654	-	-	-	-	654	-	-	-	
45	Industria Conserva Rodolfo y Juan Nardelli	1,2	91	109,2	175	-	-	-	-	175	-	-	-	
100	Residuo cloacal Carril Gómez y C. Chachingo	1,5	950	1425	2280	-	-	-	-	-	-	-	2280	
101	Residuo cloacal C. Chachingo p/C. Belgrano	230	88	20240	32384	-	-	-	-	-	-	-	32384	
102	Bodegas y Viñedos Peñaflo	9,7	9990	96903	155045	155045	-	-	-	-	-	-	-	
Carga Contaminante	Cantidad de muestras por actividad	-	-	-	-	8	1	1	1	5	3	1	2	
	Población equivalente total y p/actividad	-	-	-	791669	196433	1120	1568	83808	8842	450714	10560	3960	34664
	%	-	-	-	100	24,8	0,14	0,19	10,58	1,1	57	1,3	0,5	4,4

Los niveles freáticos en la Zona Norte de la provincia de Mendoza

GONZALO ORTIZ MALDONADO

Facultad de Ciencias Agrarias - U.N.C., Departamento General de Irrigación.

RESUMEN

Se presentan los valores freáticos actualizados de la Zona Norte de Mendoza (redes Lavalle y Area de Surgencia). Lavalle presenta tres subáreas «Jocolí-Tres de Mayo», «Villa Lavalle» y «Costa de Araujo-Gustavo André». El Area de Surgencia comprende los Departamentos de Maipú, Guaymallén y Las Heras. Se interpretan los niveles freáticos, dándose recomendaciones de manejo del riego.

ABSTRACT

The water tables in the north zone of the Mendoza Province

Updated phreatic values are presented for the Northern Zone of Mendoza (nets Lavalle and Area de Surgencia). Lavalle presents three subareas «Jocolí - Tres de Mayo», «Villa Lavalle» and «Costa de Araujo - Gustavo André». The Area de Surgencia comprises the Departments of Maipú, Guaymallén and Las Heras. There is an interpretation of the phreatic levels, giving recommendations for the management of irrigation.

INTRODUCCIÓN

El oasis norte de la provincia de Mendoza es el área donde se realiza la mayor actividad agrícola en condiciones de riego del país. Como consecuencia de la aplicación de grandes láminas de riego y pérdidas en la red de canales de riego, además las particularidades de la formación de los suelos agrícolas de la región, los cuales son de origen aluvial y estratificados, se produce acumulación de agua dando origen a mantos freáticos que perjudican y disminuyen la aptitud productiva de los suelos.

El presente trabajo tiene por objeto presentar la actualización del registro de niveles freáticos y los hidrogramas correspondientes a las redes freáticas denominadas Lavalle y Area de Surgencia.

MATERIAL Y MÉTODO

La red de freáticos Lavalle consta de 99 pozos de observación y comprende tres subáreas o sistemas hidrológicos bien definidos: «Jocolí-Tres de Mayo», «Villa Lavalle» y «Costa de Araujo-Gustavo André» (Figura. 1).

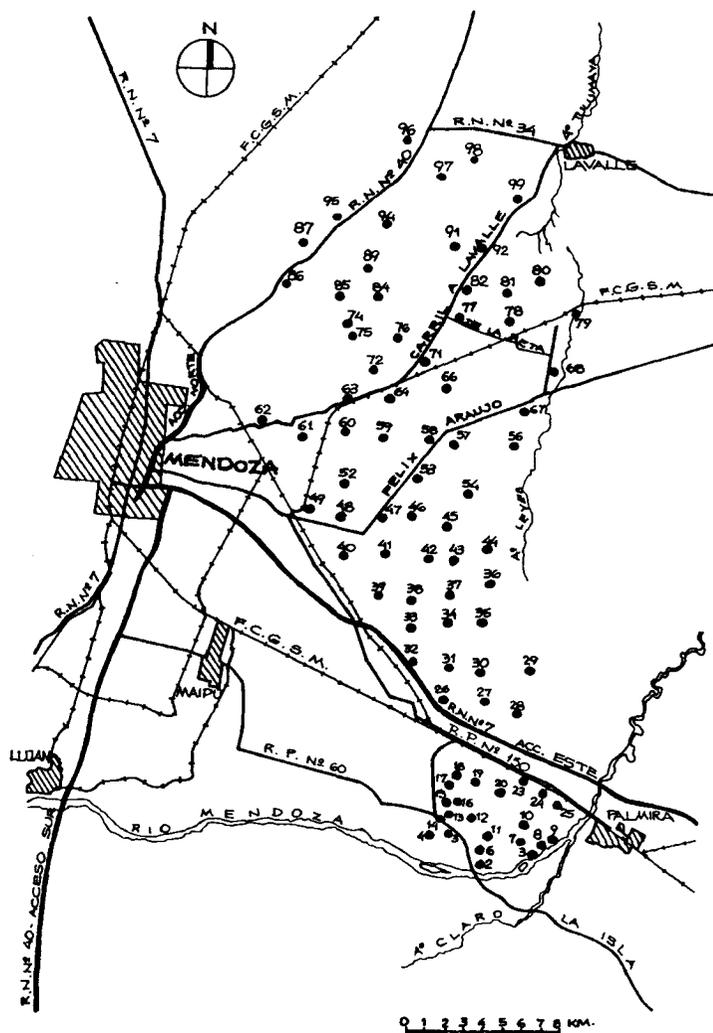


Figura 1. Red freaticométrica de la zona norte, Mendoza

Los aportes a estas zonas provienen de diferentes canales y con características muy particulares. El sistema «Jocolí-Tres de Mayo» ubicado entre la ruta 40 y el Arroyo Tulumaya, recibe las aguas de dos orígenes diferentes: del canal Cacique Guaymallén-Jocolí-Ramos Segura y los sobrantes de aguas cloacales utilizados para riego situados al oeste de la ruta 40.

El sistema «Villa Lavalle» se encuentra entre el Arroyo Tulumaya y el callejón Raigón y recibe los aportes desde el Cacique Guaymallén-Auxiliar Tulumaya.

Por último, el sistema «Costa de Araujo-Gustavo André» comprende desde el callejón mencionado hasta el río Mendoza, recibiendo las aguas por las tomas directas del río, a través de cuatro canales: Bajada de Araujo, San Pedro y San Pablo, N. Estrella y Gustavo André.

Las tres subzonas del departamento de Lavalle tienen los «canales en tierra» y disponen de una red de colectores en regulares condiciones de mantenimiento.

La otra zona agrícola que se ubica el norte de la provincia es la denominada «Area de Surgencia» y comprende los Departamentos de Maipú, Guaymallén y Las Heras. Consta de 98 pozos de observación y corresponde a lo que se denomina «cinturón verde» (Figura. 1). La provisión de aguas es, mayoritariamente, por perforaciones de aguas subterráneas

que explotan un acuífero confinado con niveles estáticos que fluctúan entre los - 6 a + 10 metros.

Con las lecturas trimestrales de los pozos de observación se han confeccionado bancos de datos, planos de niveles freáticos (isobatas e isohipsas) y los hidrogramas anuales y plurianuales (Figura. 2 y Figura. 3).

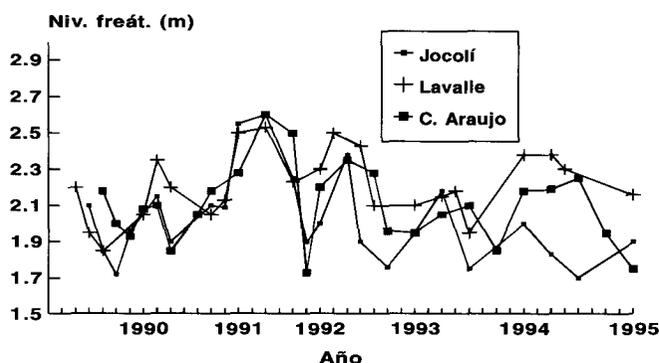


Figura 2. Hidrograma Departamento Lavalle

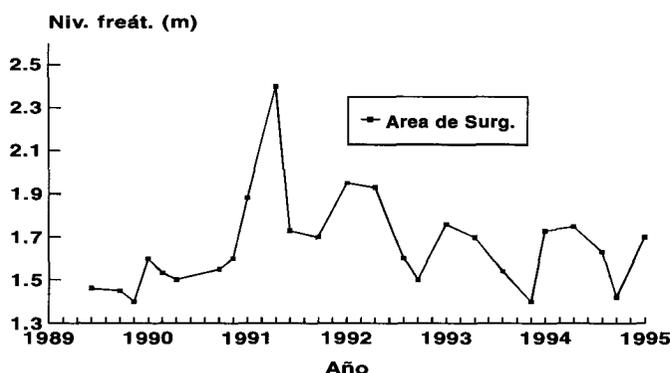


Figura 3. Hidrograma Area de Surgencia

También se han correlacionado, en algunas subzonas, los aportes de aguas de riego con los niveles freáticos (Figura 4, Figura 5 y Figura 6). Para ello se han analizado las fajas de los limnigrafos ubicados en las cabeceras de los canales mencionados, trabajo realizado por el C.R.A.S.

CONCLUSIONES

La subzona «Jocolí-Tres de Mayo» tiene picos freáticos medios a 1,70 metros de la superficie y profundidad media anual de 1,80 metros. En este sistema no se han podido correlacionar los niveles freáticos con los aportes de aguas superficiales, por no existir limnigrafos en las hijuelas que provienen de Campo Espejo.

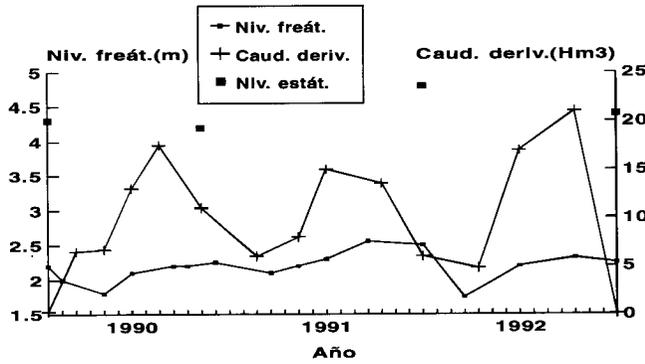


Figura 4. Hidrograma Costa de Araujo

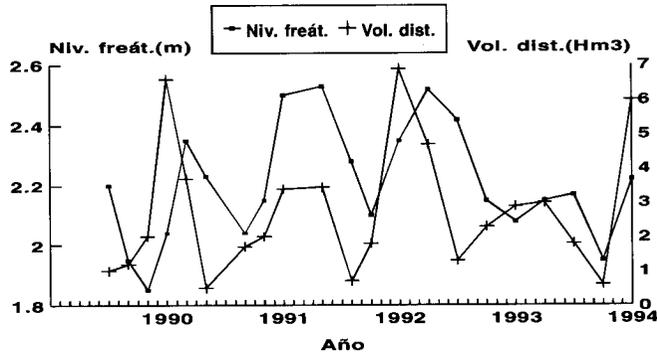


Figura 6. Hidrograma Zona de Surgencia

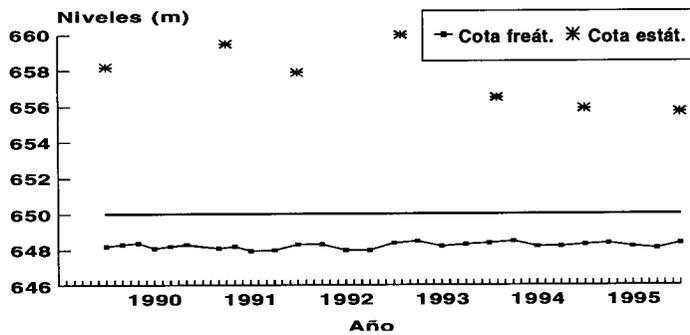


Figura 5. Hidrograma Lavalle

En «Costa de Araujo-Gustavo-André» se presentan picos freáticos medio de 1,90 metros y 2,08 metros de profundidad media.

Para «Villa Lavalle» los picos freáticos medios a 2,00 metros y la profundidad media anual a 2,25 metros, constituyendo la subzona con los niveles freáticos más alejados de la superficie.

El Area de Surgencia tiene una forma de hidrograma con variaciones significativas entre invierno y verano, el nivel freático medio anual es de 1,60 metros de la superficie y los extremos son 2,03 y 1,40 metros de la superficie.

RECOMENDACIONES

Para las tres subzonas del Departamento de Lavalle y en aquellas fincas con cultivos perennes, frutales y vid, es importante la instalación de freatómetros determinando: la profundidad del agua freática, los meses críticos, tiempo de duración, su correlación con los riegos y la cantidad de sales (conductividad eléctrica). Como la textura es en general franco-arcillosa, se favorece el ascenso capilar, provocando intoxicación por cloruros en viñedos y frutales. Por ello es importante conocer el perfil del suelo para determinar cuál es la profundidad a la que se encuentran las texturas arcillosas y eventualmente, si el distanciamiento entre hileras lo permite y no se producen daños radicales, practicar labores profundas como subsoladas en épocas de verano para favorecer el lixiviado de las sales.

Para la subzona «Jocolí-Tres de Mayo» y a través de la Inspección de cauce: controlar los volúmenes ingresados que eviten ascensos de los niveles freáticos. Paralelamente se debe propender a la concreción de la promocionada área de cultivos restringidos (A.C.R.E.) anulando los aportes desde Campo Espejo hacia la hijuela Segura y canal Jocolí y ajustar la distribución de los torrentes pluviales que se producen en el sector oeste de la ciudad y desaguan por medio de la red de riego.

En la subzona «Villa Lavalle»: con la actual superficie cultivada, no se debería superar los 4,5 hm³ de aportes durante el mes de enero por el canal Auxiliar Tulumaya y propiciar la impermeabilización de los cauces principales.

En la subzona «Costa de Araujo-Gustavo André»: con la actual superficie cultivada no se debería superar los 15 hm³ para el mes de enero y propiciar la impermeabilización de cauces principales y determinadas hijuelas, tal como hijuela Perfoga.

En el área de surgencia correspondiente al «cinturón verde», las profundidades de los niveles freáticos no interfieren la práctica de los cultivos hortícolas, existiendo limitaciones para los cultivos perennes.

Control de la calidad del agua, eficiencia de riego y participación de los usuarios en el manejo. La contaminación del agua de riego en Mendoza, Argentina

JORGE CHAMBOULEYRON*, J. A. MORÁBITO* Y R. M. BUSTOS**

*Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas, ** Fac. Cs. Pol. y Sociales, U.N.Cuyo

RESUMEN

Es un trabajo interdisciplinario que verifica la contaminación del agua de riego del río Tunuyán medio e inferior. Se evaluó el sistema hídrico del río Tunuyán, el que presenta un doble aprovechamiento del agua de riego: los desagües del sistema alto son almacenados en la presa el Carrizal para luego ser aprovechados en la cuenca baja. Se midió el grado de contaminación química debida a la agroindustria que procesa la producción del sector agrícola, los fertilizantes, plaguicidas y los yacimientos petrolíferos del área a través de hidrocarburos y agua fósil. Se tomaron muestras mensuales en la cabeza, media y pie del río y red de riego. Se muestreó también el agua del río Tunuyán superior, en el dique El Carrizal y Tiburcio Benegas. Se complementó con muestras de colectores de desagües y de algunos pozos freaticos ubicados en el área. Los resultados indicarían un deterioro en la calidad de las aguas de riego. En los canales de riego se nota que los valores de DQO disminuyen desde principios de ciclo (setiembre) hasta la parte media del mismo (febrero), para luego crecer nuevamente al inicio del ciclo de riego siguiente. La relación N/P es muy variable, en algunos meses de verano se acerca a cero con cierto riesgo de eutroficación. Proceso este que estaría ocurriendo en el dique El Carrizal. Microbiológicamente se trata de un área muy contaminada, especialmente en el límite noreste del oasis. Se puede concluir que dentro del área de riego del río Tunuyán inferior existen dos sectores muy contaminados: uno entre Medrano y San Martín y el otro entre Rivadavia y Phillips.

ABSTRACT

Quality water control, irrigation water efficiency and users participative management. The irrigation water pollution in Mendoza, Argentina.

This is an interdisciplinary work that verifies the pollution of the irrigation water from the middle and lower Tunuyan river. The hydric system of the river Tunuyan was assessed, that one with the double use of the irrigation water: the drains from the higher system are stored at El Carrizal dam, afterwards they are used in the lower watershed. It was measured the degree of chemical pollution owing to the industry that processes the production of the agricultural sector, fertilizers, pesticides and also to the oil fields of the area through hydrocarbons and fossil water. Monthly samples were taken at the head, middle and foot of the river and in the irrigation net. Sampling was also taken at the upper Tunuyan river, at the El Carrizal and Tiburcio Benegas dams. All these was complemented with samples

from the drainage collectors and from some phreatimetric wells located in the area. The results would indicate a deterioration in the quality of the irrigation waters. In the irrigation channels it is noticed that DQO values diminish from the beginning of the cycle (September) until the middle of it (February), and then it grows again at the beginning of the next irrigation cycle. The N/P relation is very variable, during some summer months it gets close to zero with a certain eutrophication risk. This process would be happening at the El Carrizal dam. Microbiologically speaking, this is a very polluted area, especially within the northeast boundary of the oasis. It can be concluded that within the irrigation area of the lower Tunuyan river there exist two very polluted sectors: one between Medrano and San Martín, and the other one between Rivadavia and Phillips.

INTRODUCCIÓN

Como es sabido la provincia de Mendoza concentra el 40% del área irrigada nacional y hasta la década del 50 la mayor responsabilidad de los administradores del recurso hídrico provincial era abastecer el agua necesaria para el riego y los requerimientos urbanos. Con el pasar del tiempo esos usos se fueron diversificando y actualmente, con el mismo recurso, se deben satisfacer los requerimientos urbanos, industriales, públicos, energéticos, agrícolas, recreativos, etc. Esta situación crea una gran complejidad en el manejo del recurso, la que se traduce en dificultades de abastecimiento, baja eficiencia de aprovechamiento y pérdida de la calidad del agua.

Debido al crecimiento demográfico esperado para los primeros años del próximo siglo, la población de la provincia se incrementará superando los dos millones de personas. Teniendo en cuenta esta proyección, el abastecimiento de agua será el problema más importante a resolver. En ese momento, de no producirse respuestas lógicas de parte de los responsables, los problemas mencionados sobre falta de calidad, falta de eficiencia e insuficiente abastecimiento se habrán complicado de tal forma que es probable que más de uno de aquellos usos tradicionales salga perdiendo. Con toda seguridad será el riego el uso que tendrá que hacer las mayores transformaciones para asegurar el abastecimiento del recurso y ello requerirá de grandes inversiones en el sector.

El presente trabajo de investigación pretende aportar un diagnóstico de calidad del agua de riego distribuida a través de la red de canales a lo largo del oasis. El diagnóstico abarca también la calificación de la participación de los usuarios en el manejo y control de la cantidad y calidad del recurso, basada en el análisis del papel que juegan en esa participación las actuales organizaciones de usuarios, denominadas Inspecciones de cauce.

El objetivo de este estudio ha sido el de plantear si los problemas asociados a la pérdida de la calidad del agua y la falta de una adecuada eficiencia de riego en el sector agrícola podrán ser revertidos a través de un incremento de la participación de los usuarios en la toma de decisiones.

Complementariamente se ha tratado de profundizar en el fenómeno social de la participación de los usuarios en el manejo del recurso agua, relacionándolo con los cambios que se vienen sucediendo en la estructura agrícola de las propiedades. Actualmente se cree, a priori, que esta participación se encuentra en un bajo nivel. No se sabe aún si ese nivel podrá elevarse o no en el marco de la agricultura que estará en pleno desarrollo en los años futuros.

Como la actual administración del agua se basa en la descentralización y la participación de los usuarios en el manejo del recurso, las conclusiones que se obtengan en este trabajo indicarán de modo general si los cambios que se pretenden realizar están bien orientados o no. De tratarse de una respuesta negativa será necesario basar estos cambios en principios diferentes, para así implementar una administración del agua tal que haga posible el desarrollo de una agricultura sustentable en el tiempo.

Por ser, como se dijo, el sector agrícola quien en definitiva tendrá que hacer los mayo-

res ajustes para elevar la eficiencia de riego, resulta importante asegurar una visión globalizante de la situación de la agricultura a nivel provincial y nacional. De esta forma pueden hacerse extrapolaciones y verificarse a campo lo que todavía falte por conocer. De igual forma, y para preservar la calidad del recurso, resultará de gran importancia analizar y tratar de entender el proceso de uso del agua tanto en la agricultura como en la industria, pues ambas son en la actualidad fuertemente contaminantes y responsables directas del deterioro progresivo de esa calidad.

En lo que a la provincia de Mendoza se refiere se encuentran en la actualidad dos realidades en relación al uso agrícola del agua. Por un lado zonas regadas donde la expansión de cultivos se está realizando con alta tecnología, grandes inversiones y confianza en los mercados. Por otro, zonas regadías tradicionales abandonadas, con agricultores quebrados económicamente y un futuro incierto.

Es justamente esta realidad la que genera gran preocupación en todos aquellos que de una u otra forma están involucrados en el manejo del agua. Es probable que la crisis por la que atraviesa nuestra agricultura regadía sea la lógica consecuencia del proceso de recomodamiento necesario para enfrentar la nueva realidad de los mercados del mundo. La globalización de la economía, la apertura de los mercados, la facilidad de transporte de los productos de una a otra parte del mundo, el papel preponderante de la calidad, la demanda para consumir productos frescos a todo lo largo del año, la necesidad de incrementar la productividad por unidad de superficie para competir internacionalmente, etc. están presionando fuertemente para modificar las pautas de producción de la agricultura regadía tradicional.

La crisis generalizada de la agricultura regadía tradicional no sólo se manifiesta en la quiebra de los agricultores pequeños y medianos. Uno de los síntomas más evidentes de la misma es el abandono de extensas superficies que poseen infraestructura apta para el riego. Es necesario recordar aquí que la sociedad toda ha invertido en ellas grandes sumas de dinero para la conducción del agua y el acondicionamiento de las tierras.

Es interesante observar que la nueva etapa iniciada ha puesto en tela de juicio al canal como sistema de conducción. Esto es así debido a la ineficiencia de transporte del recurso y al impacto ambiental negativo producido por su facilidad de contaminación, fruto de su proximidad e íntima relación con los asentamientos humanos, máximos responsables de la contaminación del oasis. Frente a esta situación surge la pregunta ¿cómo encarar el cambio, qué debe hacerse con las propiedades tradicionales, cómo hay que acondicionar las redes antiguas para ponerlas al servicio de los modernos métodos presurizados de aplicación del agua, que requieren calidad, ausencia de sedimentos y caudales continuos?

Además se está asistiendo a una verdadera transformación en la idiosincrasia del hombre de campo.

En la actualidad se está ante un nuevo cambio. Los nuevos dueños de las tierras son ahora los inversores y a diferencia de los agricultores y de los empresarios, no viven en el campo y a veces ni siquiera en la provincia o en el país. No son personas físicas sino entes comerciales que apuntan sólo a la rentabilidad de sus inversiones. Necesitan de cada vez más grandes extensiones ya que la pequeña superficie resulta antieconómica y de grandes caudales de agua superficial o subterránea, para alimentar sus equipos automatizados. No saben nada de participación en el manejo y administración del agua, ni les interesa. Han reemplazado el tomero por la computadora y el regador por el gotero o el aspersor. La fuente de agua deberá estar ubicada, en lo posible, dentro de su propiedad y será administrada por ellos atendiendo exclusivamente a sus intereses.

¿Cómo enfrentar los cambios? ¿Cómo transformar las viejas leyes de agua en leyes acordes con los nuevos requerimientos, en equilibrio con las necesidades ambientales impuestas por la sociedad moderna y que atiendan al incremento de la participación de los usuarios en el manejo del recurso? ¿Cómo enfrentar la administración del agua tradicionalmente organizada para controlar el recurso superficial cuando los crecientes requerimientos de los métodos presurizados evidencian la tendencia a usar cada día más intensamente el agua subterránea? ¿Cómo controlar el bombeo, la recarga de los acuíferos, la preservación de su calidad, etc.?

El trabajo se desarrolló en el oasis del río Tunuyán inferior, que riega una superficie de 80.000 ha. En este sector de la provincia existe, además, un gran desarrollo industrial, con fábricas de productos alimenticios de origen agrícola, que generan un elevado potencial de contaminación del recurso hídrico. Se trata de evaluar, en una primera aproximación, el grado de contaminación del agua de riego en el oasis del río Tunuyán Medio e Inferior.

El oasis del Río Tunuyán medio abarca una superficie de 85.000 has y es regado por el río homónimo que deriva sus aguas del embalse El Carrizal con una capacidad reguladora de 360 Hm³. El Río Tunuyán antes de llegar a la zona de estudio riega aprox. 17.000 ha de la subcuenca alta. Es por esta razón que se tomó a este sistema hídrico como área de investigación debido a que en él se produce un doble aprovechamiento del agua de riego: los desagües del sistema alto son almacenados en la presa El Carrizal para luego ser aprovechados en la cuenca baja. Esta situación permite medir no sólo la contaminación que se produce en el mismo oasis sino también la producida en el agua que llega desde la cuenca alta por la agricultura.

La zona en estudio incluye cuatro ciudades donde viven aproximadamente 300.000 personas: San Martín, Rivadavia, Junín y Palmira. El área regada posee un dique derivador de una capacidad de 60 m³/s y que a través de un canal matriz impermeabilizado de 50 km de longitud abastece a la red secundaria y terciaria de riego, compuesta por canales de tierra.

En total la zona posee una red de riego que tiene aproximadamente unos 1000 km de longitud, y una red de colectores de desagüe y de drenaje de unos 300 km de longitud. Es importante hacer notar que esta última se usa con fines de riego en las áreas bajas del oasis.

En toda la superficie bajo estudio se desarrolla además una actividad de tipo agro-industrial, que se ocupa de procesar la producción del sector agrícola. La contaminación química así producida hace que sea común encontrar en las aguas de Mendoza, altas concentraciones de soda cáustica provenientes de la elaboración de conservas y aceitunas o de las bodegas y plantas de fraccionamiento de vinos. Los residuos de fertilizantes y plaguicidas, que acompañan al ciclo agrícola de los cultivos, especialmente a los hortícolas, constituyen un aporte interesante a la carga contaminante del recurso. Otra fuente de contaminación química son las curtiembres -que arrojan a los cauces elementos de gran peligrosidad para los cultivos y la vida en general- y los yacimientos petrolíferos que, durante la explotación de los hidrocarburos, vuelcan a la red de riego mezclas de aceites y agua fósil. Esta última fuente de contaminación deteriora seriamente el recurso subterráneo.

Por otra parte el exceso de agua superficial, el agua freática y los desagües urbano-industriales son recogidos por una red de colectores que -de manera inversa- van creciendo de arriba hacia abajo transportando un caudal que es luego aprovechado con fines de riego.

MATERIAL Y MÉTODO

Para el relevamiento de la contaminación hídrica se decidió, en esta primera etapa del estudio, evaluar seis canales secundarios de los que se obtuvieron mensualmente muestras de agua. En cada uno de ellos se muestreó en cabeza, medio y pie de manera de conocer qué contaminación tiene el agua que proviene de la zona de riego alta del río y cómo va variando a medida que el agua escurre por la red de riego de la zona baja. Como los pueblos y ciudades están situados en el medio del recorrido de los canales encuestados, este muestreo permite observar cómo aumenta la contaminación al pasar por los núcleos urbanos. También se hicieron muestreos de agua en sectores del río Tunuyán Superior, en el dique El Carrizal (cabecera de la red de riego) y en el dique Tiburcio Benegas, derivador de las aguas hacia la red troncal de canales de riego.

El estudio comenzó el primero de agosto de 1992, y el último muestreo se realizó en

setiembre de 1993. Se estudiaron además seis grandes colectores de desagües en donde se obtuvieron muestras mensuales de agua en cabeza, medio y pie.

Complementariamente se realizaron los análisis de las muestras de agua de algunos pozos freaticos ubicados en el área en estudio.

En el mapa del área (Figura 1) se indican las mencionadas redes y los puntos de muestreo que fueron seleccionados para el presente estudio.

Teniendo presente los antecedentes aportados por Tahal (1990), Zoia (1989), y Salatino (1989), los estudios realizados en las muestras se han dividido en físico-químicos, cationes y aniones, y bacteriológicos para establecer la contaminación inorgánica, orgánica y bacteriológica del agua de riego, respectivamente. Sobre estas muestras se efectuaron las siguientes determinaciones: temperatura, pH, sólidos (fijos, totales y sedimentables), caracteres organolépticos (turbidez, color y olor), oxígeno disuelto, demandas química y biológica de oxígeno (DQO y DBO), nitrógeno y fósforo total, conductividad eléctrica, alcalinidad por el método de Warder, dureza (calcio y magnesio) por compleximetría, sulfatos por gravimetría, cloruros por el método de Mohor, sodio y potasio por fotometría de llama. Con los datos de los análisis de Na, Ca y Mg se calculó el RAS (Relación de Absorción de Sodio), considerado como una aceptable evaluación de la peligrosidad de sodio que pueden aportar las aguas de riego al suelo (Pescod, 1992). Además se analizaron los nitratos por espectrofotometría, y luego se calculó con este dato la concentración de nitratos expresado como nitrógeno elemental. El nitrógeno total se determinó por el método Kjeldahl, fósforo por espectrofotometría, sólidos totales por desecación a estufa (1000C), sólidos fijos y totales por calcinación en mufla (5000C), sólidos sedimentables en 10' y en 2 horas en cono de Inhoff, oxígeno disuelto por el método de Winkler, recuento de bacterias coliformes o colimetría por cien mililitros de muestra por el método del Número Más Probable (N.M.P./100 ml) y recuento de bacterias mesófilas aerobias o Unidades Formadoras de Colonias por mililitro de muestra (U.F.C./ml) por el método de recuento en placa.

La CEA es ampliamente usada como una forma para indicar el total de constituyentes del agua presentes en forma ionizada. El Sodio es un catión único debido a sus efectos sobre los suelos. Cuando se presenta en el suelo en la forma intercambiable, causa cambios físico-químicos adversos, particularmente sobre la estructura del suelo. El catión tiene la capacidad de dispersar el suelo cuando se presenta por sobre ciertos umbrales, en relación a la concentración de sales totales disueltas. La dispersión de suelos resultará en tasas reducidas de infiltración de agua y aire a los suelos.

Según Ayers y Westcot (1985) el bicarbonato, aún a concentraciones muy bajas, ha constituido un problema, sobre todo cuando las plantaciones frutales o de vivero se riegan mediante aspersores durante períodos de muy baja humedad (HR < 30%) y gran evaporación. En estas condiciones, en las hojas o en los frutos se forman depósitos blanquecinos, que no desaparecen con el riego subsiguiente y que reducen el valor comercial de la mercancía, planta o fruto.

Las muestras tomadas en los lugares seleccionados (Figura 1) fueron inmediatamente transportadas a los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias de la UNC para su análisis. En base a los resultados de estos análisis se elaboraron curvas isolíneas para tratar de identificar, dentro del área de estudio, zonas con diferente grado de peligrosidad. La circunscripción de los sectores de mayor carga contaminante hace posible una primera aproximación para advertir sobre los riesgos ambientales que pudieran surgir de la utilización del agua de dichas zonas.

Las isolíneas trazadas corresponden a sólidos totales, demanda química de oxígeno (DQO), Conductividad Eléctrica Actual (CEA) y bacterias coliformes. El trazado de las isolíneas se restringió sólo a algunos meses del ciclo analizado en los que se cuenta con datos suficientes para ello. Para la interpolación de datos, necesaria para la alimentación del programa auxiliar de computación usado en la confección de las isolíneas, se utilizaron los datos de los puntos de muestreo seleccionados tanto en canales de riego como de drenaje, cuyos valores se encuentran a disposición.

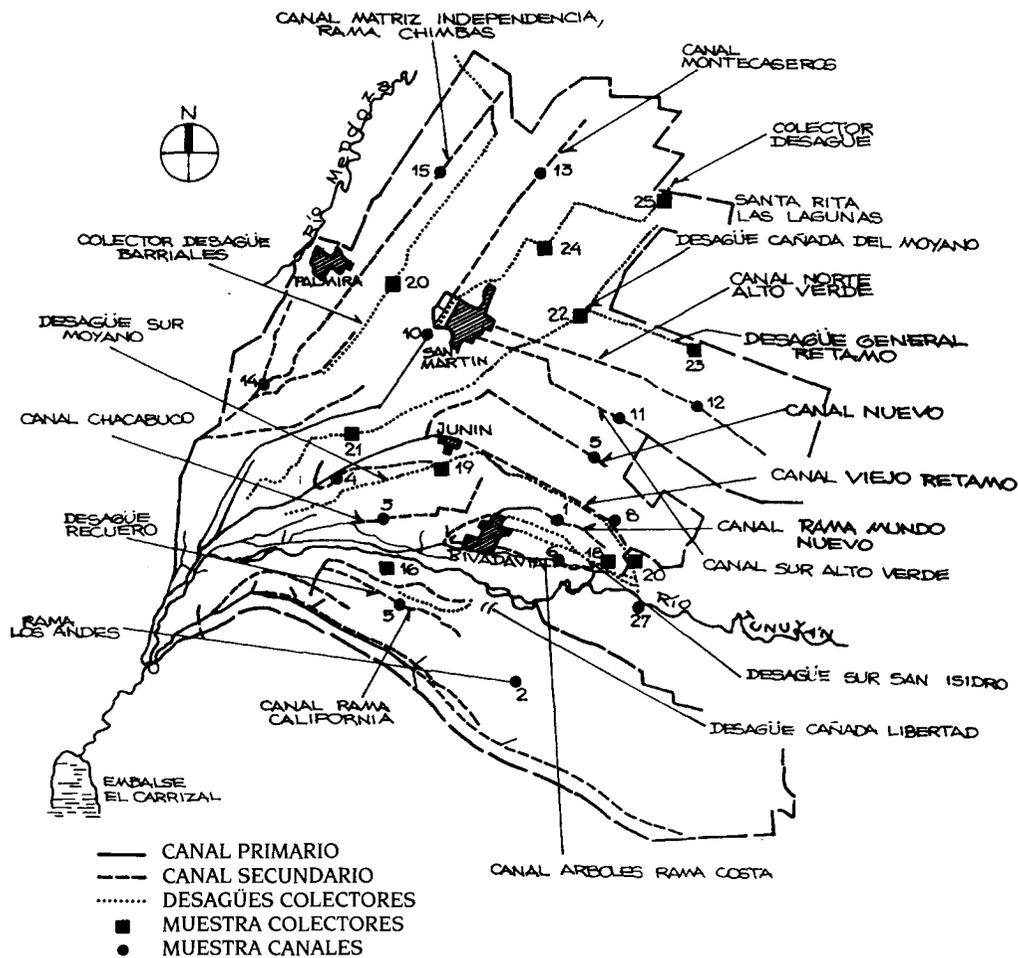


Figura 1. Area de estudio con puntos de muestreo río Tunuyán medio e inferior - Mendoza

RESULTADOS

Se presenta un resumen de los resultados de los parámetros analizados.

RED DE RIEGO

En cuanto a los análisis físico-químicos se observaron las siguientes características:

Temperatura de campo: estuvo directamente relacionada con la época del año en que se realizó el muestreo. No se detectaron variaciones debidas al vuelco de contaminantes a los canales que influyeran en los valores de este parámetro.

Temperatura de laboratorio: estuvo directamente influenciada por el transporte de las muestras, no encontrándose variaciones importantes que pudieran alertar sobre la ocurrencia de algún proceso de tipo fermentativo.

pH: en general se obtuvieron valores ligeramente ácidos (6,5 en promedio) con mínimas del orden de 5,4 y máximas de alrededor de 7,4. Para el buen desarrollo de las plantas el pH óptimo oscila entre 6,5 a 8,4. Fuera de dicho rango pueden aparecer problemas nutricionales o de toxicidad.

Sólidos: están directamente relacionados con el arrastre de material y con el caudal de los distintos canales. En algunos puntos se detectó un aumento de los sólidos volátiles y de los sedimentables en 2 horas, lo que evidenciaría la presencia de materia orgánica.

Caracteres organolépticos: la turbidez, al igual que en el parámetro anterior, varió dependiendo de los sólidos en suspensión o en disolución en el agua. El color de las muestras varió desde incoloro a terroso, dependiendo su intensidad de la cantidad de sólidos presentes. En los meses de verano se observó la aparición de tonos verdosos, que concoraron con el desarrollo de algas. En cuanto al olor, en general no se detectaron aromas extraños. Sólo en algunos puntos aparecieron olores a insecticidas, comprobándose la presencia de sustancias tóxicas al realizar pruebas biológicas. Además, en algunas muestras, se detectaron olores sulfhídricos, lo que indicó el desarrollo de fermentaciones anaeróbicas (procesos de putrefacción).

Oxígeno disuelto: este dato muestra las condiciones de oxigenación del agua, orientando en las posibilidades de desarrollo de vida en los mismos. Los datos obtenidos fueron muy fluctuantes, variando desde 1,0 mg/l hasta valores de saturación. En el 30% de los casos su concentración estaba en el límite compatible con la vida (4 mg/l) o superaba este valor.

Demanda química de oxígeno (DQO): su valor indica la cantidad de materia orgánica oxidable por vía química presente en el agua. Se detectaron grandes variaciones, encontrándose niveles de contaminación nulos, medios y altos. En general se observaron picos de carga orgánica al principio del ciclo de riego, lo que indicaría que en las épocas de corte de agua los canales fueron utilizados como receptores de residuos. En algunos casos se registraron aumentos en los valores de DQO coincidentes con las épocas de mayor actividad industrial en la zona.

Nitrógeno total y fósforo total: valores en exceso de estos parámetros indican el «enriquecimiento» de las aguas con estos elementos, debido a la entrada de efluentes de diversos orígenes. Sus concentraciones fueron muy variables en los distintos canales y a lo largo del ciclo. Para el primero se encontraron valores que variaron desde 0 hasta 46,6 mg/l. Los niveles de fósforo oscilaron entre 0 y 0,88 mg/l de P total. Estos aumentos estarían en relación directa con las fertilizaciones que se realizan en los cultivos de la zona.

Relación N/P: dadas las grandes fluctuaciones de N y P halladas, su relación fue también muy variable a lo largo del ciclo. En algunos puntos del muestreo se obtuvieron relaciones menores a 16/1 que indicarían eutroficación de las aguas. La eutroficación es un proceso natural de envejecimiento en cuerpos de agua que ocurre por la progresiva acumulación de nutrientes y consecuentemente de materia orgánica. Este enriquecimiento favorece la productividad de algas y plantas. Este proceso, sin embargo, puede verse acelerado debido al uso y desecho de diversas sustancias químicas. El exceso de fósforo estimula el crecimiento de algas en los espejos de agua, produciéndose mayor cantidad de material biológico que el que puede sostener el sistema. Ello puede conllevar al agotamiento del oxígeno disuelto del agua, y consecuentemente a la muerte de la mayoría de las formas de vida acuática. Cuando el contenido de oxígeno es menor a 5 mg/l desaparecen las especies de peces deseables, y cuando es menor a 2 mg/l toda clase de pez desaparece y el ambiente pasa a ser anaeróbico. Uno de los principales efectos de la eutroficación es su influencia sobre el abastecimiento de agua potable, dando a ésta mal gusto, olores desagradables, producción de SH₂, presencia de microalgas, e insolubilización de metales como el hierro y el manganeso. En aguas de uso recreacional se puede producir alta mortandad de peces, algas en descomposición, y gran turbidez.

En cuanto al análisis de aniones y cationes, se notó que los mayores valores de CEA correspondieron a los meses de setiembre, octubre y noviembre. En diciembre los valores se hicieron menores, y en adelante se mantuvieron suavemente constantes, hasta que volvieron a disminuir hacia el mes de mayo. Si se categorizara a estas aguas según estos valores, en general corresponderían a la categoría de «grado de restricción ligero a moderado» (Ayers y Westcot, 1985). En cuanto al RAS los cálculos mostraron valores menores de 3, lo que combinado con valores de conductividad eléctrica mayores de 700 umhos/cm determina la no peligrosidad de las aguas en afectar al suelo y provocar problemas en su infiltración, (Ayers y Westcot, 1984). De acuerdo a la clasificación del agua de riego por los niveles de bicarbonatos, y según los mismos autores, las aguas de los canales de riego

analizadas caerían en general dentro del rango de «problema creciente» en caso que se efectuara riego con aspersores, y para cultivos susceptibles. Los contenidos de nitratos expresados como N elemental muestran que las aguas de riego «no presentan problema» para los cultivos, (Ayers y Westcot, 1984), en cuanto a su uso debido a los valores encontrados para este parámetro.

Los resultados de los análisis microbiológicos arrojaron una gran variabilidad en los datos y no se corresponden con el aumento de temperatura del agua, ya que la carga microbiana debería aumentar con la misma. El aumento de caudal, y sus variaciones en los distintos cauces a lo largo del año, podría haber sido la causa de estas fluctuaciones tan bruscas, que impiden sacar conclusiones valederas respecto de la carga microbiana.

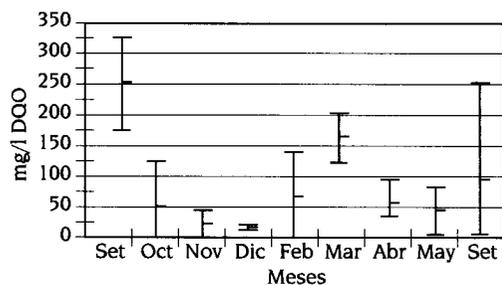
La contaminación aumenta de sur a norte y de oeste a este, por la pendiente del terreno y el posible vuelco a los canales, de efluentes más contaminantes.

El recuento microbiano de muestras tomadas en la parte superior del Río Tunuyán, próximo a su nacimiento, donde no existen asentamientos humanos ni extensas áreas cultivadas, fue bajo (8×10 UFC/ml). Este parámetro alcanzó en los puntos más alejados, y ya dentro de la zona bajo riego, valores altos ($1,2 \times 10^5$ UFC/ml).

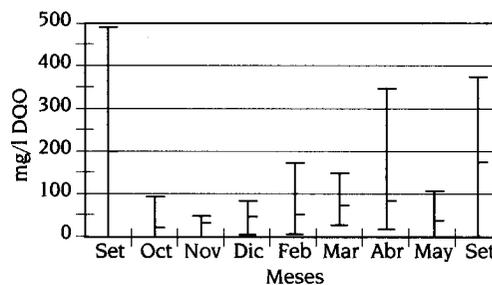
La misma tendencia se observó en la determinación de bacterias coliformes. Se encontraron en la zona alta del río valores de NMP $< 3/100$ ml, en puntos más alejados de muestreo se obtuvieron valores del orden de $4,6 \times 10^4/100$ ml.

Para graficar algunos valores dentro de los muchos obtenidos en este estudio, se presentarán a continuación las figuras mostrando lo ocurrido con tres parámetros seleccionados (DQO, CEA y Bacterias Coliformes) en canales de riego. En ambos casos se graficaron los valores máximos, mínimos y medios para los mencionados parámetros a lo largo del ciclo estudiado, separándolos en valores de cabeza y pie.

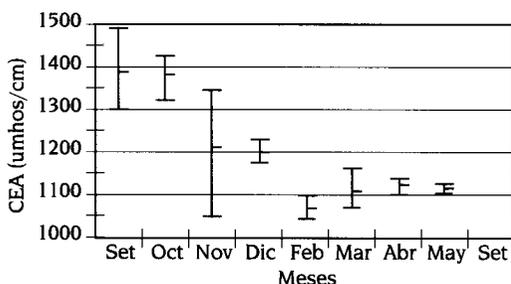
DQO en canales de riego
Valores máx, min y medios (CABEZA)
-a-



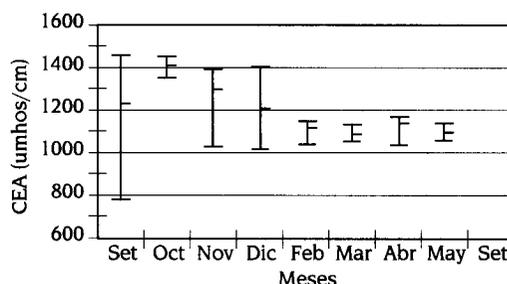
DQO en canales de riego
Valores máx, min y medios (PIE)
-b-



CEA en canales de riego
Valores máx, min y medios (CABEZA)
-c-



CEA en canales de riego
Valores máx, min y medios (PIE)
-d-



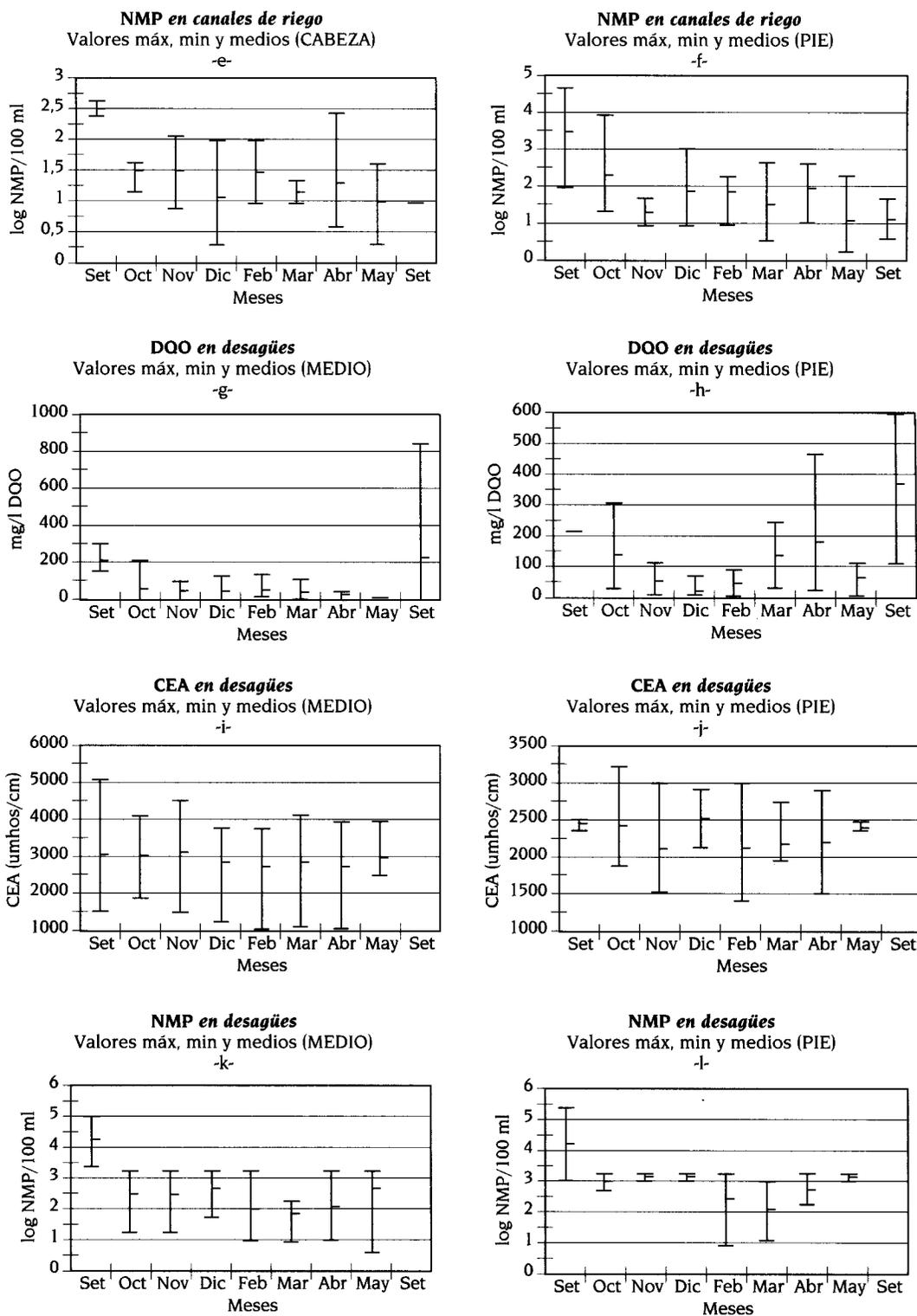


Figura 2. DQO en canales de riego, valores máximos, mínimos y medios en a- cabeza, b- pie; CEA en canales de riego, c- cabeza, d- pie. NMP en canales de riego, e- cabeza, f- pie. DQO en desagües, g- medio; h- pie. CEA en desagües, i- medio, j- pie. NMP en desagües, k- medio, l- pie.

De lo observado en las figuras antes presentadas pueden realizarse los siguientes comentarios:

Materia orgánica (DQO): los valores medios se mostraron levemente menores en el pie respecto a los de cabeza (lo que indicaría que el agua se iría depurando a lo largo de su recorrido). Las mediciones con valores mayores se presentaron, en ambos casos, durante el mes de setiembre (primavera) lo que se correlaciona con el manejo de la red y del embalse El Carrizal (hacia el verano los caudales aumentan, produciendo una disminución de los valores por efecto de «dilución»).

Salinidad (CEA): valores similares se presentaron en cabeza y pie (tanto en valores medios como en los máximos y los mínimos). Valores medios de 1100 a 1300 umhos/cm, como los encontrados, encuadran a las aguas de riego como «ligero a moderado» en cuanto a la restricción en su uso para el riego. Ningún valor supera el mínimo para entrar en la categoría de «restricción severa».

Coliformis (NMP/100 ml de bacterias coliformes): gran variabilidad en los datos a lo largo de todo el ciclo (atribuible a los aumentos de caudal y a sus bruscas variaciones a lo largo del año). En general para pie los valores se presentaron como levemente superiores. El Código Alimentario Argentino fija valores límite de 2 para NMP/100 ml. En general este valor se vio ampliamente superado. Si bien el agua no es en principio destinada al consumo humano, de hecho se sabe de su utilización para actividades domésticas en la zona, con el peligro para la salud que ello implica.

Las mismas consideraciones hechas para la DQO en cuanto al tema del manejo de la red y del embalse valen para la CEA (los valores se hacen menores por efecto de «dilución» durante los meses del verano).

RED DE DESAGÜE

Pudieron observarse los siguientes resultados:

-Temperatura: no se observó variación con respecto a lo encontrado en canales de riego, y su fluctuación estuvo directamente relacionada con la temperatura ambiente a lo largo del año.

-pH: se determinaron valores algo más elevados que los registrados en canales, encontrándose máximos de 8,5. En ningún caso se superó a los valores compatibles con el desarrollo de la vida.

-Sólidos: sus valores fueron muy fluctuantes a lo largo del año, y en general no se encontraron diferencias importantes con respecto a los obtenidos en las muestras de canales de riego.

-Caracteres organolépticos: las variaciones registradas en el color, olor y turbiedad de las muestras respecto de las correspondientes a los canales indican una fuerte contaminación en aquellos colectores que reciben los desagües de las zonas industriales y/o urbanas.

-Oxígeno disuelto: sólo en el 8% de las muestras los valores para este parámetro eran compatibles con la vida. En el resto de las determinaciones los mismos se hallaron por debajo de este nivel, indicando condiciones de anaerobiosis en la mayoría de los casos.

-DQO: al igual que en los canales de riego este valor fue muy fluctuante a lo largo del ciclo, pero se encontraron valores máximos mayores, lo que indica una mayor contaminación orgánica.

-N total y P total: en general se obtuvieron valores mayores que en los canales de riego, sobre todo de P total (cabe acotar que los detergentes constituyen una fuente importante de P).

-Relación N/P: en el mes de noviembre se encontraron en los distintos desagües relaciones de N/P que indicarían la posibilidad de eutroficación de las aguas (relaciones de 10/1 y aún menores).

Los valores de CEA resultaron mayores que en canales de riego, oscilando desde alrededor de 1500 umhos/cm hasta alrededor de 4000 umhos/cm. Esto colocaría a estas aguas, siempre de acuerdo a los autores mencionados, en las categorías «ligero a moderado» y «severo» en cuanto a su restricción de uso como aguas de riego. Al juzgar su grado

de restricción como resultado de la observación de los valores de RAS en combinación con su CEA, se colocarían como aguas «sin ninguna restricción» desde el punto de vista de su peligrosidad sódica. En cuanto a los problemas potenciales de acuerdo al contenido de bicarbonatos, y siempre para riego por aspersión y en cultivos susceptibles, entrarían dentro del rango «problema creciente». Respecto del contenido de nitratos expresado como N elemental, sólo unos pocos puntos mostraron resultados que implicarían potenciales daños a cultivos susceptibles.

El recuento microbiano arrojó valores para NMP \geq a $2,4 \times 10^5/100$ ml y para UFC/ml de 8×10^5 .

Al igual que para el caso de canales de riego, a continuación se presentarán las figuras que muestran lo ocurrido con los mismos tres parámetros seleccionados antes (DQO, CEA y bacterias coliformes) en desagües. También aquí se graficaron los valores máximos, mínimos y medios para los mencionados parámetros a lo largo del ciclo estudiado, separándolos en valores de medio y pie.

De lo observado en las figuras puede comentarse:

Materia orgánica (DQO): para los resultados encontrados en MEDIO, y excepto en el mes de setiembre de 1992 -con gran dispersión de datos- las medias y los extremos no acusaron grandes variaciones. Puede, sin embargo, notarse que los máximos valores medios se dieron en setiembre. Respecto a los valores de PIE, la variación fue mayor, tanto en valores medios como en los extremos, y aquí también con valores altos en setiembre.

Salinidad (CEA): altos valores para este parámetro se presentaron a lo largo de todo el ciclo en el caso de MEDIO, tanto para los medios como para los extremos. En el caso del PIE, los valores fueron bastante parejos entre medios y extremos en los meses de setiembre. Durante el resto de los meses se observó mayor variación, y en general con cifras menores que en el caso del MEDIO.

Coliformis (NMP/100 ml de bacterias coliformes): en los resultados de MEDIO se observó una alta variabilidad en los datos a lo largo del ciclo. En los datos de PIE la variabilidad fue menor en general, excepto en febrero y marzo.

AGUA FREÁTICA

Estas muestras fueron tomadas en unos pocos puntos de una manera no sistemática a lo largo del año. En los escasos resultados obtenidos se observó:

-Temperatura de campo: en general fue bastante más elevada que la registrada para las mismas fechas en canales y desagües.

-pH: tomando como referencia la freática F6-1, que es de donde se obtuvieron mayor cantidad de datos, se observó que los valores de pH estuvieron algo por encima de los valores medidos en canales (en el orden de 6,7 a 7), pero sin llegar a valores mayores, como fueron los encontrados en canales de drenaje.

-Sólidos: se observa un incremento importante de los sólidos sedimentables en 2 horas, lo que evidencia la presencia de materia orgánica. Esto se corrobora con el alto % de sólidos volátiles.

-Caracteres organolépticos: en todos los casos las muestras se presentaron totalmente turbias y coloreadas. El olor en algunos casos puso en evidencia su grado de contaminación.

-Oxígeno disuelto: en las muestras de F6-1 desde marzo a mayo se hallaron cantidades importantes de oxígeno disuelto. En el último análisis (efectuado en setiembre de 1993) esta determinación arrojó resultado 0. En las otras muestras de freática no se encontró O_2 .

-DQO: en todos los casos se encontraron valores altos, que oscilaban entre 160 y 260 mg/l.

-N total y P total: en ambas determinaciones se obtuvieron valores máximos y mínimos más elevados que en los canales. Con respecto a los desagües, sólo se registraron valores mayores en N total.

-Relación N/P: fue muy fluctuante.

-Análisis microbiológicos: se obtuvieron datos correspondientes sólo a los meses de abril, mayo y setiembre, siendo los valores muy altos, tanto para el recuento de bacterias

mesófilas aerobias (valores entre 5×10^3 y 1×10^5 UFC/ml) como para colimetría (valores entre 23 y 28 NMP/100 ml). Todos estos valores implican peligro para la salud humana.

Antes de entrar en un mayor detalle acerca de los resultados encontrados en los diferentes puntos de la red, se presentan algunos valores a considerar como orientativos en cuanto a calidad de agua, en función de diferentes usos del recurso:

Tabla 1. Valores orientativos para algunos parámetros de calidad de agua utilizados en la Argentina (1: Secretaría de Recursos Hídricos. USO III: Agua para actividades agropecuarias, 2: Secretaría de Recursos Hídricos. USO II: Agua para actividades recreativas con contacto directo, 3: Secretaría de Recursos Hídricos. USO I: Agua para consumo humano directo con tratamiento convencional).

Constituyente	1	2	3
pH	-	-	6,5-8,5
Conductividad (uS/cm)	-	-	-
Oxíg. disuelto(mg O ₂ /l)	>4	>5	>5
DBO 20°C	<3	<3	<3
Cloruros	250	-	250
N amoniacal (mg N/l)	-	-	<0,5
N nitratos (mg N/l)	-	-	<10
N nitritos (mg N/l)	-	-	<0,1
Coliformes totales (NMP/100ml)	<1000	-	<500 (-)
DQO	-	-	-
P total (mg P/l)	-	-	-
Sulfatos (mg/l)	-	-	<200
Dureza (mg/l CO ₃ Ca)	-	-	<100
Calcio (mg/l)	-	-	-
Sodio (mg/l)	-	-	-
Potasio (mg/l)	-	-	-
Boro (mg/l)	-	-	<1

(-) el 80% de los datos recolectados deben cumplirlo.

A continuación, y de manera de poder analizar la gran cantidad de datos obtenidos de los análisis descriptos, en un intento por zonificar los resultados en base a distintos canales de riego y sus drenes correspondientes dentro del esquema general del área de riego en estudio se interpretarán los mismos para cada una de estas zonas. Primeramente lo concerniente a los resultados de los análisis físico-químicos, luego de cationes y aniones y finalmente de los microbiológicos.

Antes de entrar en tal descripción, a continuación se detalla cada una de las zonas arriba mencionadas:

Puntos 1-14-15 (riego) y punto 26 (drenaje); puntos 1-10-13 (riego) y puntos 24-25 (drenaje); puntos 1-10-12 y 1-10-11 (riego) y 21-22-23 (drenaje); puntos 1-4-8 y 1-4-9 (riego) y 19-20 (drenaje); puntos 1-6 y 1-7 (riego) y 18 (drenaje); punto 3 (riego) y 16 (drenaje), respectivamente. Estos puntos de muestreo pueden encontrarse en la Figura 1. Se presentan, además, resultados de los puntos I, II, III y 0 correspondientes al camino que el agua realiza desde la zona alta del Río Tunuyán comenzando en el Dique Valle de Uco (punto I), sobre el río inmediatamente antes de la ciudad de Tunuyán (punto II), aguas abajo de la mencionada ciudad (una vez que se descargaron las aguas cloacales de Tunuyán, punto III), y en el dique embalse El Carrizal (punto 0). Finalmente se presentan los resultados del punto F6-1 (pozo freático).

Puntos 1-14-15 (riego) Canal Independencia Rama Chimbas

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: pico en octubre, luego baja y se mantienen.

-Oxígeno disuelto y DQO: en general se corresponden (alta DQO a bajo ODI y viceversa). Los picos para la DQO se dan en setiembre.

-Nitrógeno: se da un pico en mayo para los puntos 14 y 15 aunque es mayor su valor a mitad del canal, es decir en el punto 14.

-Fósforo: se da un pico en el mes de diciembre para el punto 14.

-Relación N/P: para los meses de diciembre, marzo y setiembre este valor se acerca o está en cero, con el consiguiente riesgo de eutroficación.

-Análisis de cationes y aniones

-CEA: en los meses de octubre y abril se muestran picos en el punto 1 y en diciembre picos para punto 1 y 15 (restricción ligera a moderada).

-RAS: valores que implican restricción ligera a moderada del agua para riego.

-Bicarbonatos: en general sus valores a lo largo del año implican restricción ligera a moderada de las aguas.

-N-NO₃⁻: valores que implican la no restricción del agua para riego, excepto en noviembre para el punto 15: restricción ligera a moderada.

- Análisis bacteriológicos

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): valores oscilantes, pero en general mucho mayores que el mínimo fijado por el Código Alimentario Argentino para este parámetro.

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 para el punto 15. El resto del año y en los demás puntos: valores bajos, aunque a veces peligrosos desde el punto de vista de la salud humana.

Punto 26 (drenaje) Colector desagüe Barriales

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: pico en abril.

-Oxígeno disuelto y DQO: en general se corresponden (alto ODI a baja DQO y viceversa) pero en diciembre se nota que, a pesar de haber buena cantidad de ODI, la DQO sigue siendo alta.

-Nitrógeno: sólo se obtuvo un valor, en Set. 1993.

-Fósforo: sólo se obtuvo un valor, en Set. 1993.

-Relación N/P: sólo un valor, en Set. 1993.

-Análisis de cationes y aniones

-CEA: en general se presentan valores que implicarían restricciones ligera a moderada o severa.

-RAS: en general no habría restricción del agua para riego desde el punto de vista de problemas debidos al Sodio.

-Bicarbonatos: valores a lo largo del año que implican restricción ligera a moderada de las aguas, y severa para Set. 1992.

-N-NO₃⁻: se registraron pocos valores, pero ellos se muestran bajos, no implicando restricción en el uso del agua.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992. El resto del año los valores se mostraron como más bajos, aunque a veces peligrosos desde el punto de vista de la salud humana.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): valores oscilantes, pero en general mucho mayores que el mínimo fijado por el Código Alimentario Argentino para este parámetro.

Puntos 1-10-13 (riego) Canal Montecaseros

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: pico en febrero en punto 13, que luego descienden y se mantienen.

-Oxígeno disuelto y DQO: aunque los valores se muestran como bastante oscilantes (especialmente para el ODI) en general se corresponden (alta DQO a bajo ODI y viceversa). Los picos para la DQO se dan en los tres puntos en setiembre de 1992.

-Nitrógeno: se dan picos en Nov. 1992 y Set. 1993 para el punto 13 y para el punto 10 se muestran valores muy oscilantes.

-Fósforo: valores muy oscilantes en general, con picos en el mes de diciembre para el punto 1 y en abril para el punto 13.

-Relación N/P: en el punto 13 (cola del canal) esta relación se mantiene en general alta, en cambio en los puntos 1 y 10 a veces se acerca peligrosamente o se establece en cero.

-Análisis de cationes y aniones

-CEA: en los meses de octubre se presentan los mayores valores para los tres puntos, y el resto del año valores oscilantes (en general restricción ligera a moderada).

-RAS: valores oscilantes, que implican restricción ligera a moderada del agua para riego.

-Bicarbonatos: en general sus valores a lo largo del año implican restricción ligera a moderada de las aguas. En el punto 13 se da un pico en Oct.-Nov. y en el punto 1 en abril (Sin Figura).

-N-NO₃⁻: valores que implican la no restricción del agua para riego.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 y abril del '93 para el punto 13. El resto del año y en los demás puntos: valores menores, aunque a veces peligrosos desde el punto de vista de la salud humana.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): valores bastante estables en los distintos meses y para los diferentes puntos, excepto en Nov. y Abr. para el punto 13, con valores muy elevados.

Puntos 24-25 (drenaje) Colector desagüe Santa Rita Las Lagunas

-Análisis físico-químicos.

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: pico en abril para ambos puntos.

-Oxígeno disuelto y DQO: se recolectaron pocos datos para ODI. La DQO se muestra como alta para los meses de Oct. y Abr. en punto 25, y en Set. 1992 para punto 24).

-Nitrógeno: se dan picos en marzo para el punto 24 y en mayo para el punto 25.

-Fósforo: picos en el mes de marzo para el punto 24 y en Mar-Abr para el punto 25.

-Relación N/P: en ambos puntos esta relación se mantiene en general con valores no muy peligrosos, excepto para los meses de Mar-Abr, en que se acerca a valores de 10 para ambos puntos.

-Análisis de cationes y aniones.

-CEA: en el mes de Dic. se presentan los mayores valores en ambos puntos, dando grado de restricción severa en el uso de esta agua para riego en el punto 24. En el resto del ciclo la restricción sería de ligera a moderada.

-RAS: en el punto 24 y para el mes de Dic. se encuentran valores altos, que implican

restricción ligera a moderada como agua de riego, mientras que en el resto del año esta restricción no existiría.

-Bicarbonatos: en general sus valores a lo largo del año implican restricción ligera a moderada de las aguas. En ambos puntos se da el mayor pico en diciembre.

-N-NO₃⁻: pocos datos, que implican la no restricción del agua para riego.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992, aunque siempre a lo largo del año los valores encontrados implican peligro para la salud humana desde este parámetro.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): valores crecientes a partir de Nov. hasta llegar a su máximo en mayo, todo esto para el punto 24.

Puntos 1-10-12 (riego) Canal Norte Alto Verde

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: pico en Oct. para los tres puntos, en el resto del año se mantienen estables en valores bajos.

-Oxígeno disuelto y DQO: en general se observó la misma correspondencia descripta para varios otros puntos. La DQO se mostró como alta para los meses de Set. 1992 y Set. 1993.

-Nitrógeno: luego de un pico en Nov. para el punto 12, los valores tanto para este punto como para los otros dos se presentan como oscilantes dentro de cifras más bajas.

-Fósforo: picos en Dic. y Abr. para el punto 12, y oscilantes dentro de valores menores para el resto del año tanto para este punto como para los otros dos.

-Relación N/P: esta relación presentó un pico de máxima para Nov. en el punto 12 (cola del canal) y durante el resto del tiempo, para los tres puntos aquí analizados se mantiene en general estable dentro de valores menores, que en pocas ocasiones se presentaron como «peligrosos» desde el punto de vista de la posible eutroficación de las aguas.

-Análisis de cationes y aniones

-CEA: en todos los casos valores de restricción ligera a moderada.

-RAS: valores que implican la no restricción como agua de riego, tanto desde el punto de vista de los potenciales problemas de infiltración, como de la toxicidad específica del Sodio.

-Bicarbonatos: los valores resultantes a lo largo del año implican restricción ligera a moderada de las aguas.

-N-NO₃⁻: los datos para este parámetro implican la no restricción del agua para riego.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 en los puntos 10 y 12, aunque luego a lo largo del año los valores encontrados implican peligro para la salud humana para este parámetro.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): valores más o menos estables dentro de un rango bajo (oscilaciones a picos altos en punto 10) para luego crecer el valor de este último punto en el mes de Abr.

Puntos 1-10-11 (riego) Canal Sur Alto Verde

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: pico en Oct. para los tres puntos, en el resto del año se mantienen estables en valores bajos.

-Oxígeno disuelto y DQO: en general aquí se observó también la correspondencia in-

versa descripta para varios otros puntos. La DQO se mostró como alta para los meses de Set. 1992 y Set. 1993.

-Nitrógeno: valores muy oscilantes a lo largo de todo el ciclo prácticamente, en forma especial en los puntos 10 y 11.

-Fósforo: picos en Dic. para el punto 1 y en Abr. para los puntos 10 y 11.

-Relación N/P: al igual que los valores que la forman, esta relación presentó un comportamiento muy oscilante y variable a lo largo del ciclo de riego, con algunos picos de «baja» que podrían considerarse como «peligrosos» desde el punto de vista de la posible eutroficación de las aguas

-Análisis de cationes y aniones

-CEA: en todos los casos valores de restricción ligera a moderada.

-RAS: valores que implican la no restricción como agua de riego, tanto desde el punto de vista de los potenciales problemas de infiltración, como de la toxicidad específica del Sodio.

-Bicarbonatos: los valores resultantes a lo largo del año implican restricción ligera a moderada de las aguas.

-N-NO₃⁻: los datos para este parámetro implican la no restricción del agua para riego, aunque se nota un pico notable en marzo para los puntos 10 y 11.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 en punto 10, aunque luego y a lo largo del año los valores encontrados implican siempre un gran riesgo para la salud humana en este parámetro.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): valores fluctuantes, especialmente en el punto 10, con picos muy marcados en Dic. y Abr.

Puntos 21-22-23 (drenaje) Colector Cañada del Moyano

- Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: valores oscilantes durante todo el ciclo, con picos en Oct. para el punto 21, Nov. para el punto 22, y Abr. para el punto 23.

-Oxígeno disuelto y DQO: en general aquí se observó también la correspondencia inversa descripta para varios otros puntos. La excepción se da en Set. 1992, en que a una alta concentración de ODI se da de todas formas una alta DQO.

-Nitrógeno: valores oscilantes a lo largo del ciclo con picos en mayo para los tres puntos.

-Fósforo: picos en abril para el punto 23 y mayo para el punto 22.

-Relación N/P: se encontraron varios momentos en el ciclo en los que los valores para esta relación presentaron valores muy bajos, peligrosos desde el punto de vista de la posible eutroficación de las aguas.

- Análisis de cationes y aniones

-CEA: en todos los casos valores de restricción, ligera a moderada en puntos 22 y 23, y severa en punto 21 en general.

-RAS: sus valores indicarían la no restricción en general de estas aguas desde el punto de vista de los problemas de infiltración que podrían causar, pero en algunos casos, y referido al peligro de sodicidad de estas aguas, en varios puntos sobre la curva de los puntos 21 y 22 se encontraron valores que sugieren la restricción de estas aguas, en forma ligera o moderada.

-Bicarbonatos: los valores resultantes a lo largo del año implican restricción ligera a moderada de las aguas, mostrándose muy oscilantes en general.

-N-NO₃⁻: en los meses de Nov., Feb., Mar. y Abr. para el punto 21 se encontraron condi-

ciones que sugieren la limitación del agua para riego debido a esto. Lo mismo ocurre en el punto 23 para el mes de mayo.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 en puntos 21 y 22 para luego y a lo largo del año mantenerse estos mucho menores, pero en general implicando riesgo para la salud.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): valores fluctuantes, más en el punto 22, picos muy marcados en Set. y Feb.

Puntos 1-4-8 (riego) Canal Viejo Retamo

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: valores altos para el punto 4 en Nov., y estable en valores bajos el resto del tiempo en este y los demás puntos.

-Oxígeno disuelto y DQO: en general aquí se observó también la correspondencia inversa descripta para varios otros puntos. La excepción se da en Set. 1992, en que a una alta concentración de ODI se da de todas formas una alta DQO.

-Nitrógeno: pico en Dic. para el punto 8.

-Fósforo: picos en Dic. para el punto 1, Feb. para el punto 8, y Set. 1993 para el punto 1.

-Relación N/P: se encontraron varios momentos en el ciclo en los que los valores para esta relación presentaron valores muy bajos, peligrosos desde el punto de vista de la posible eutroficación de las aguas, especialmente en la curva de los puntos 1 y 4.

-Análisis de cationes y aniones

-CEA: en los meses de Set-Oct. se dan valores muy altos (restricción ligera a moderada) en general para los tres puntos. Durante el resto del año en general no habría restricción en su uso.

-RAS: sus valores indicarían la no restricción en general de estas aguas en general durante el ciclo, excepto para el mes de Set. 1992 (restricción ligera a moderada).

-Bicarbonatos: los valores resultantes a lo largo fueron sumamente oscilantes, pero siempre dentro de límites que dan restricción ligera a moderada.

-N-NO₃⁻: sin restricciones.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre del '92 en punto 8 para luego y a lo largo del año mantenerse estos mucho menores, pero en general implicando riesgo para la salud.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): valores fluctuantes, aunque en el punto 8 estos se mantienen altos casi todo el ciclo, mientras que el 1 por el contrario muestra valores bajos, pero casi siempre con riesgos para la salud.

Puntos 1-4-9 (riego) Canal Nuevo Retamo

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: valores muy altos para los puntos 4 y 9 en Nov., y estable en valores bajos el resto del tiempo en los tres puntos.

-Oxígeno disuelto y DQO: en general aquí se observó también la correspondencia mencionada. La excepción se da en Set. 1992, para el punto 1, en que a una alta concentración de ODI se da de todas formas una alta DQO.

-Nitrógeno: pico en Dic. para el punto 9.

-Fósforo: picos en Feb. para el punto 9 y en Dic. para el punto 1.

-Relación N/P: se encontraron varios momentos en el ciclo en los que los valores para esta relación presentaron valores muy bajos, peligrosos desde el punto de vista de la posible eutroficación de las aguas, excepto en Dic. para punto 4 y 9 con valores mucho más altos que en el resto.

-Análisis de cationes y aniones

-CEA: en general se dan valores que implicarían una restricción ligera a moderada de las aguas. Se nota una tendencia general a una disminución de los valores desde Set. 1992 a mayo.

-RAS: sus valores indicarían una restricción de ligera a moderada de las aguas en general durante el ciclo.

-Bicarbonatos: los valores resultantes a lo largo fueron sumamente oscilantes, pero siempre dentro de límites que dan restricción ligera a moderada.

-N-NO₃⁻: valor de pico en mayo (para punto 1) pero siempre entrando en categoría «sin restricciones».

- Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 en punto 9 para luego y a lo largo del año mantenerse en cifras mucho menores, y cerca de cero.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): en el mes de Nov. y para el punto 9 se da el pico más alto, y se puede mencionar que en 9 («cola» del canal) los valores para este parámetro son casi siempre mayores que en puntos 1 y 4, y casi siempre también dando valores peligrosos para la salud.

Puntos 19-20 (drenaje) Colector San Isidro

- Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: valores muy altos para el punto 20 en mayo. El resto del ciclo y para ambos puntos con valores bajos.

-Oxígeno disuelto y DQO: en general aquí se observó una correspondencia. Los valores pico de DQO se dieron en marzo y Set. para el punto 20.

-Nitrógeno: muy oscilante sus valores. Picos en Abr. y Set. para el punto 20 y en Dic. y Mar. para el punto 19.

-Fósforo: valores bajos en general para todo el ciclo y en los dos puntos, excepto en Mayo con un pico para el punto 20.

-Relación N/P: se encontraron varios momentos en el ciclo en los que los valores para esta relación presentaron valores muy bajos, peligrosos desde el punto de vista de la posible eutroficación de las aguas, como en Oct., Mar., Abr. y Mayo para el punto 19, y en diciembre y mayo para el punto 20.

-Análisis de cationes y aniones

-CEA: se dan valores que implicarían una restricción ligera a moderada de las aguas para ambos puntos. En general los valores para 20 fueron mayores que para 19.

-RAS: sus valores indicarían que no habría restricción en el uso de estas aguas para riego, pero siempre los valores en 20 fueron mayores que en 19.

-Bicarbonatos: los valores resultantes a lo largo fueron oscilantes, pero siempre dentro de límites que dan restricción ligera a moderada. Aquí también los valores de 20 eran mayores que los de 19.

-N-NO₃⁻: siempre entrando en categoría «sin restricciones». Pocos registros para el punto 20.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 en am-

bos puntos, para luego y a lo largo del año mantenerse en cifras mucho menores, y cerca de cero.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): en el mes de Dic. y para el punto 20 se da el pico más alto, y para 19 el pico se da en Feb. aunque en muchos puntos con valores de riesgo para la salud.

Puntos 1-6 (riego) Canal Arboles Rama Costa

- Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: valores muy altos para el punto 1 en Oct. El resto del ciclo y para ambos puntos con valores bajos.

-Oxígeno disuelto y DQO: aquí también se observó una correspondencia. Los valores pico de DQO se dieron en Set. y para el punto 1.

-Nitrógeno: picos en Feb. para el punto 8 y en Abr. para el punto 1.

-Fósforo: en los dos puntos se dieron picos en Dic.

-Relación N/P: se encontraron momentos «peligrosos» en Dic. para 6 y en Nov. para 1.

- Análisis de cationes y aniones

-CEA: se dan valores que implicarían una restricción ligera a moderada de las aguas para ambos puntos a todo lo largo del ciclo de riego. En general los valores fueron oscilantes pero dentro de límites cercanos (1000 a 1300 umhos/cm.

-RAS: sus valores indicarían que no habría restricción en el uso de estas aguas para riego.

-Bicarbonatos: los valores resultantes a lo largo fueron oscilantes, pero siempre dentro de límites que dan restricción ligera a moderada.

-N-NO₃⁻: siempre entrando en categoría «sin restricciones».

- Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 en puntos 6, para luego y a lo largo del año mantenerse en cifras mucho menores, y cerca de cero.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): se observaron valores oscilantes a lo largo de todo el ciclo. En Oct. se dio un pico notablemente alto para el punto 6. Casi siempre dentro de valores de riesgo para la salud.

Puntos 1-7 (riego) Canal Rama Mundo Nuevo

- Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: valores muy altos para el punto 7 en Nov. El resto del ciclo y para ambos puntos con valores bajos y relativamente estables.

-Oxígeno disuelto y DQO: aquí también se observó una correspondencia. Los valores pico de DQO se dieron en Set. y para el punto 1.

-Nitrógeno: picos en Dic. y Abr. para el punto 7 y también en Abr. para el punto 1.

-Fósforo: pico en Nov. para el punto 7.

-Relación N/P: se encontraron momentos «peligrosos» en Nov. y Feb. para 7 y en marzo para 1.

- Análisis de cationes y aniones

-CEA: se dan valores que implicarían una restricción ligera a moderada de las aguas para ambos puntos a todo lo largo del ciclo de riego. En general los valores tienden a bajar en 7 desde Set. 1992 en adelante, mientras que para 1 se da una mayor oscilación.

-RAS: sus valores indicarían que no habría restricción en el uso de estas aguas para riego.

-Bicarbonatos: los valores resultantes a lo largo fueron oscilantes, pero siempre dentro de límites que dan restricción ligera a moderada, y casi siempre valores mayores en punto 7 con respecto a punto 1.

-N-NO₃⁻: siempre entrando en categoría «sin restricciones». Pico en mayo para punto 1.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 en punto 7, para luego y a lo largo del año mantenerse en cero.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): se observaron valores oscilantes a lo largo de todo el ciclo. En marzo se dio un pico para el punto 7. Siempre dentro de valores de riesgo para la salud.

Punto 18 (drenaje) Desagüe Sur San Isidro

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: valores normales de acuerdo a su variación anual.

-Sólidos totales: valores muy altos en Nov. El resto del ciclo con valores bajos y relativamente estables.

-Oxígeno disuelto y DQO: aquí se observó una alta DQO en Oct. a pesar de registrarse para ese momento en el agua una buena cantidad de ODI. Los valores restantes se mostraron relativamente estables.

-Nitrógeno: picos en Nov-Dic y en Marzo.

-Fósforo: marcado pico en Dic.

-Relación N/P: pocos valores. En Dic. esta relación es donde más se acerca a cero.

-Análisis cationes y aniones

-CEA: se dan valores que implicarían una restricción ligera a moderada de las aguas para ambos puntos a todo lo largo del ciclo de riego. En general la tendencia es clara en un decrecimiento de estos valores desde Set. 1992 en adelante.

-RAS: sus valores indicarían que no habría restricción en el uso de estas aguas para riego.

-Bicarbonatos: los valores resultantes a lo largo del ciclo se mantuvieron siempre dentro de los límites que dan restricción ligera a moderada.

-N-NO₃⁻: siempre entrando en categoría «sin restricciones».

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992 y luego a lo largo del año se mantienen en cero.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): se observaron valores pico en Dic. y Mar. pero siempre a lo largo del ciclo los valores se presentaron como riesgosos para la salud.

Punto 3 (riego) Canal Rama California

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: pocos datos, que no permiten extraer conclusiones.

-Sólidos totales: ídem que para temperatura de campo.

-Oxígeno disuelto y DQO: pocos datos para ODI. La DQO mostró valores oscilantes, con un pico máximo en Set. 1992 y algo menores en Dic. y Abr.

-Nitrógeno: pocos datos.

-Fósforo: pocos datos.

-Relación N/P: pocos valores.

-Análisis de cationes y aniones

No se obtuvieron datos para estos ítems.

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): sólo dos valores de riesgo.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): sólo dos valores que se presentaron como riesgosos para la salud.

Punto 16 (drenaje) Desagüe Recuero

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: pocos datos, no permiten observar tendencia.

-Sólidos totales: pocos valores, parece estar el máximo en Oct.

-Oxígeno disuelto y DQO: pocos datos para ODI, en DQO también, y el pico observado se dio en Set. 1992.

-Nitrógeno: pocos valores, que muestran un aumento de Feb. a Abr. Finalmente para Set. '93 bajó grandemente en su valor.

-Fósforo: pocos valores. Pico en marzo.

-Relación N/P: pocos valores, el menor se dio en marzo.

-Análisis de cationes y aniones

-CEA: se obtuvieron pocos valores, que implicarían una restricción ligera a moderada de las aguas.

-RAS: sus valores indicarían que no habría restricción en el uso de estas aguas para riego, excepto en abril habría una restricción ligera a moderada.

-Bicarbonatos: sus valores implicarían una restricción ligera a moderada, aunque se notan oscilaciones en los valores.

-N-NO₃⁻: pocos valores medidos, en marzo estos entran en categoría «restricción ligera a moderada». En el resto: «sin restricciones».

-Análisis bacteriológicos

-Colimetría, Número Más Probable (NMP): valores altos en setiembre de 1992, que luego se mantienen cerca de cero para subir hacia Set. 1993. Casi siempre valores peligrosos para la salud.

-Bacterias mesófilas, Unidades Formadoras de Colonias (UFC): se observó un valor pico para Abr., dentro de los pocos datos disponibles para este parámetro a lo largo del ciclo.

Punto F6-1 (freática)

-Análisis físico-químicos

-Temperatura de campo: pocos datos, no permiten observar tendencia general a lo largo del ciclo.

-Oxígeno disuelto y DQO: solamente en unos pocos puntos se obtuvieron datos para estos parámetros. De todas maneras de estos pocos valores se puede comentar que a pesar de haber bastante ODI los valores de DQO se presentan de todas formas como altos, excepto para marzo.

No se obtuvieron datos del resto de los análisis.

A manera de ejemplo de lo antes expuesto se presentan, sobre el esquema del área, algunas isolíneas de sólidos totales (Figura 3), de DQO (Figura 4), de CEA (Figura 5) y de NMP (Figura 6), para el mes de setiembre de 1992.

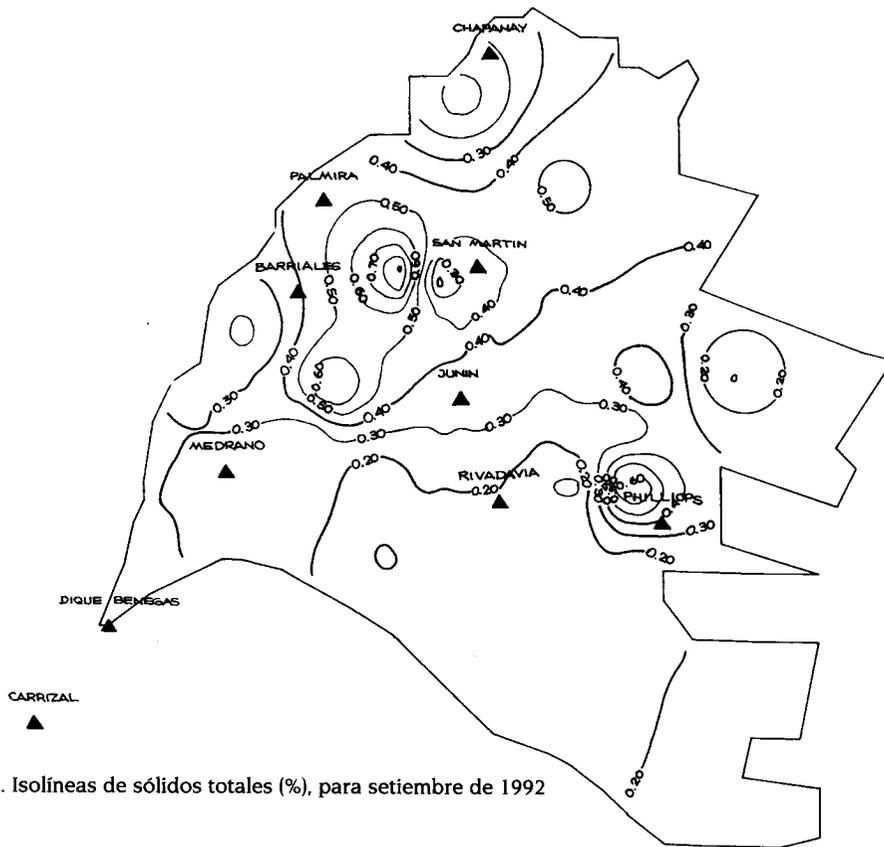


Figura 3. Isolíneas de sólidos totales (%), para setiembre de 1992

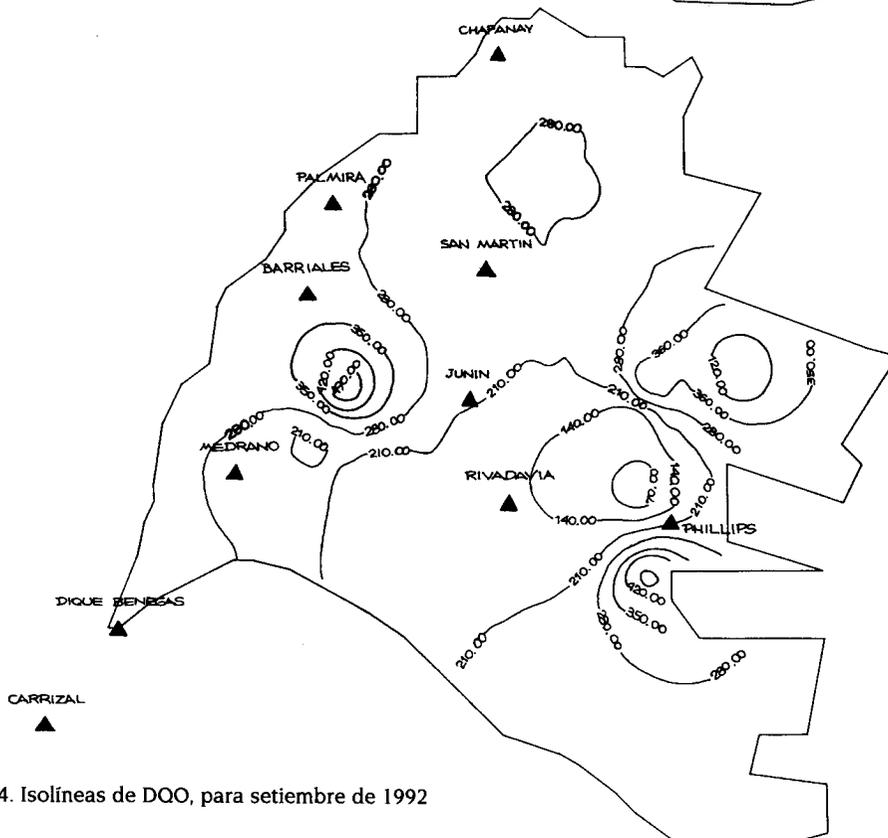


Figura 4. Isolíneas de DOO, para setiembre de 1992

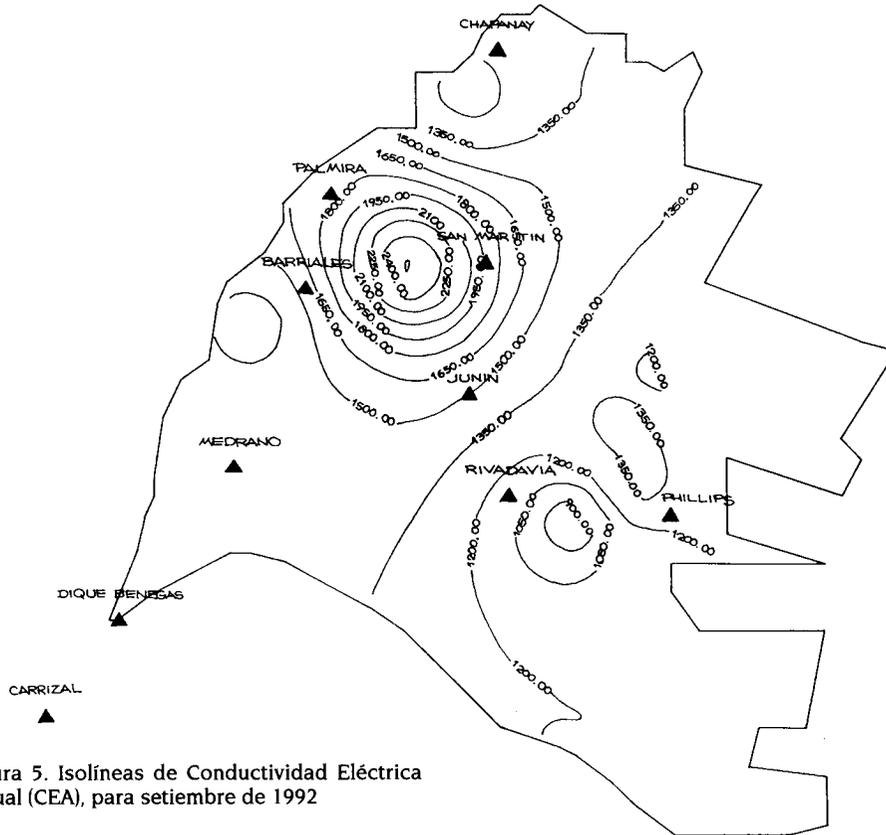


Figura 5. Isolíneas de Conductividad Eléctrica Actual (CEA), para setiembre de 1992

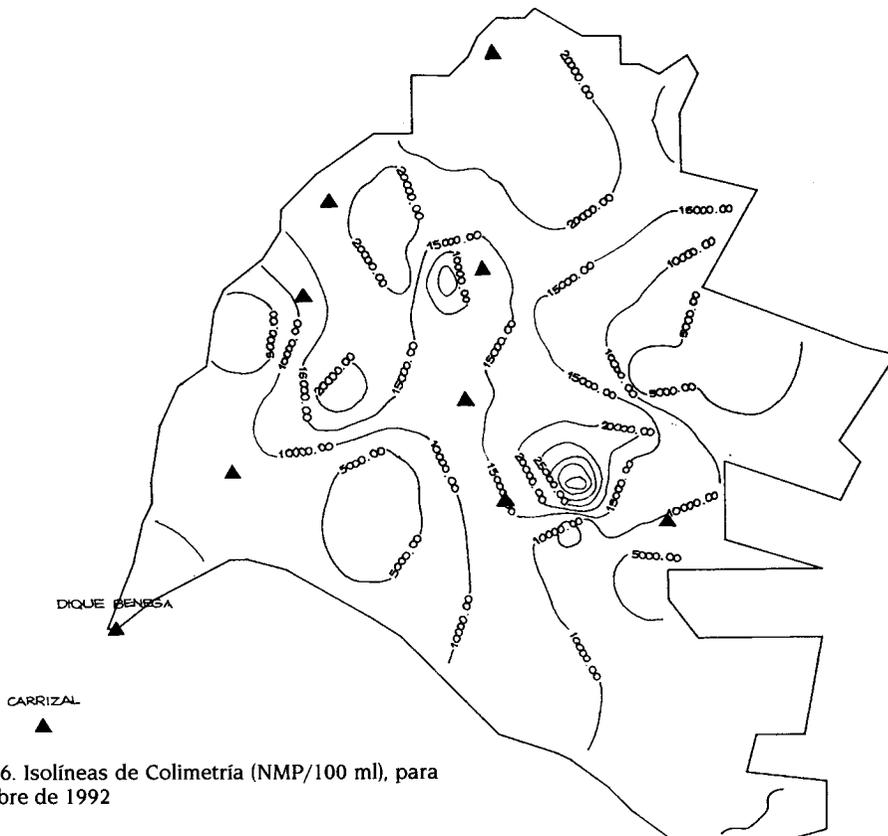


Figura 6. Isolíneas de Colimetría (NMP/100 ml), para setiembre de 1992

DISCUSIÓN

Como se ha visto, en el oasis estudiado existen tres tipos de agua bien diferenciados, **agua de riego** (la que proviene del dique embalse El Carrizal), **agua de drenaje**, la suma de los aportes de los desagües superficiales, los drenajes subterráneos y los efluentes industriales y municipales, y **agua freática**, que no tiene uso agrícola. Es de destacar que el agua de riego representa más del 80% de la superficie regadía, mientras que el agua de drenaje con fines de riego está restringida sólo al sector NE del oasis.

Los resultados encontrados a partir de los análisis realizados indicarían que existe un deterioro en la calidad de las aguas de riego en el esquema bajo estudio, cuyo grado se puede considerar variable según el parámetro que se analice y la época del año en consideración. Debe recordarse, además, que este estudio fue propuesto a nivel de diagnóstico general de manera de efectuar un primer reconocimiento de lo que ocurre con la calidad del agua de riego y de drenaje, así como de la carga contaminante que recibe a lo largo del ciclo. Es por ello que los resultados son aquí discutidos a un nivel general, dejando así abiertas las puertas para estudios más detallados en el tema.

En los canales de riego se nota, en general, una correspondencia lógica con respecto a la carga orgánica. A medida que los valores de DQO van disminuyendo desde principios del ciclo (setiembre de 1992) hacia la parte media del mismo (febrero de 1993) para luego crecer nuevamente hacia comienzos del siguiente ciclo de riego, los valores de oxígeno disuelto se comportan a la inversa (aumento de volumen por deshielo).

La relación N/P es muy variable, pero puede observarse que para meses de verano (diciembre, febrero) en algunos puntos esta relación se acerca peligrosamente a cero, con el consiguiente riesgo de eutroficación del agua.

El Dique El Carrizal, que almacena el agua proveniente de la zona alta del Río Tunuyán, estaría sufriendo un proceso de eutroficación y la proliferación de algas es notable no sólo en el mismo embalse sino además en la red de riego. Es tan importante el crecimiento, que durante los meses de verano cuando la temperatura se incrementa, la red de riego ve elevado su tirante de agua debido al importante aporte de sólidos que transportan los canales.

Con respecto a los resultados obtenidos de los análisis de cationes y aniones, se puede decir que el agua de riego evaluada es en general levemente salina. Algunas de las muestras extraídas mostraron ser aguas medianamente salinas pero aptas para el riego de la totalidad de los cultivos. No obstante ello el suelo debe poseer condiciones de permeabilidad que permitan una adecuada lixiviación de las sales como así también un adecuado drenaje. En algunos casos, y según las guías para la interpretación de calidad de agua para riego de FAO ya mencionadas, se advierte acerca de una restricción ligera a moderada en el uso del agua, según este parámetro, y lo mismo en otros parámetros químicos analizados.

En referencia a los resultados microbiológicos, se puede afirmar que se trata de un área muy contaminada, con el riesgo de presentarse situaciones peligrosas para la salud en ciertos puntos, especialmente en el límite NE del oasis, donde los cauces ya han recibido toda la posible carga contaminante de su recorrido, por lo que esta puede convertirse en una zona crítica de epidemia de cólera, salmonelosis, etc. Esta situación requiere controles oportunos a nivel de gobierno, para evitar o solucionar estos problemas. A nivel preventivo se podrían implementar campañas de educación para la salud y complementariamente, a nivel de infraestructura, planificar las obras cloacales y la instalación de redes de agua potable necesarias.

El Código Alimentario Argentino fija como límites máximos para agua potable valores de UFC/ml $< 10^2$ y de NMP/100 ml < 2 . Como puede apreciarse de lo descripto en la sección de resultados, los valores para estos parámetros en la red de riego alcanzan cifras enormemente superiores a estos. El problema aquí es que en zonas de asentamientos humanos muy pobres, y/o en íntimo contacto con estas aguas, los riesgos para la salud serán, pues, muy elevados.

Con respecto a las aguas de drenaje cabe acotar que, en general, en aquellos canales

que atraviesan zonas urbanas (Palmira, San Martín, Junín, Rivadavia) en donde se producen vuelcos de efluentes de distinto origen a los cauces (provenientes de actividades industriales, comerciales y humanas, en su concepto más amplio) los resultados obtenidos para muchos de los análisis efectuados reflejan este hecho claramente. En ocasiones se observa que el deterioro en la calidad del agua producido por la polución no alcanza a ser superado a lo largo del recorrido de las mismas, encontrándose en los puntos finales de algunos canales cifras aún altas para algunos parámetros, que mostrarían la incapacidad del sistema para poder regenerarse. El mismo criterio sería válido en lo que hace a la incorporación a las aguas de agroquímicos provenientes del escurrimiento de estas sustancias desde las propiedades agrícolas en épocas de fertilización.

Las muestras analizadas indican valores que permiten categorizarlas como fuerte, intensa y excesivamente salinas. Aguas de este tipo deben ser reservadas para cultivos muy tolerantes a la salinidad, aplicadas en suelos permeables con períodos de riego en donde se lave el perfil. Las muestras de agua excesivamente salinas no son aptas para el riego ya que ponen en riesgo a la producción y deterioran la calidad de los suelos.

Lo mismo ocurre en drenes y desagües, en los que los recuentos de bacterias aerobias mesófilas presentan, en la mayoría de los casos, los picos más altos entre los meses de noviembre y abril, coincidiendo con los meses de mayor temperatura anual. Los recuentos de coliformes, en todos los puntos de muestreo, presenta los valores más elevados en el mes de setiembre, disminuyendo en el resto del año, lo que constituye un peligro latente para la salud humana.

Del análisis de las isolíneas correspondientes al mes de setiembre de 1992 surgen dos zonas en donde se observan valores altos para Sólidos Totales, una de ellas ubicada hacia el oeste de la ciudad de San Martín y la otra al noroeste de Phillips. Similares características presentan las curvas de CEA para este mes. Al analizar los valores de DQO, las zonas con valores altos se encuentran algo más desplazados: la primera hacia el suroeste de la ciudad de San Martín, y la segunda más hacia el sur de Phillips. Con respecto al parámetro indicador de presencia de bacterias coliformes, se observa un sector de isolíneas apretadas, entre Rivadavia y Phillips. En el resto del área de riego se observan varias zonas con isolíneas más abiertas, que unen puntos bastante más distantes, con valores en varios casos altos para este parámetro.

Al observar las isolíneas para el mes de noviembre se ve lo siguiente: los sólidos totales nos muestran un sector con valores altos al este de Medrano, y otro de similares características entre Rivadavia y Phillips. Los mayores valores para DQO en este mes se encuentran desplazados hacia el noreste de la ciudad de San Martín, y los de CEA, al igual que en el mes de setiembre, presentan una disposición similar a los de Sólidos Totales e indican la presencia de un sector de valores altos al noreste de Medrano. No hay en este mes isolíneas para bacterias coliformes.

En marzo de 1993 la situación muestra nuevamente, para Sólidos Totales, una zona de curvas apretadas y con valores altos al noreste de Medrano. Dicha disposición se repite aproximadamente para los valores de DQO, para los que encontramos altos contenidos en las inmediaciones de Phillips. Los resultados de CEA para este mes nos muestran los valores más altos ubicados al noreste de Medrano, mientras que los correspondientes a bacterias coliformes se localizan en el norte de Phillips.

En mayo de 1993 los valores mayores para Sólidos Totales se observan en las inmediaciones de la ciudad de San Martín. Los correspondientes a DQO presentan dos sectores con cifras importantes, al norte de Medrano y al norte de Phillips. No hay, para el mes, curvas de bacterias coliformes ni de CEA.

Finalmente en setiembre de 1993 se confeccionaron isolíneas para Sólidos Totales y DQO. Para el primer parámetro se observan valores altos alrededor de la ciudad de San Martín, al igual que entre Rivadavia y Phillips, y para el segundo los valores más altos se observan al noreste de Medrano y al noreste de la ciudad de San Martín.

Analizando los resultados descriptos precedentemente surgen como más polucionados dentro del área de riego del río Tunuyán Inferior dos sectores, uno está localizado entre Medrano y la ciudad de San Martín, y otro entre Rivadavia y Phillips. Para complementar

este trabajo sería necesario conocer las posibles fuentes de contaminación que producirían los valores expresados en los parámetros obtenidos en el presente trabajo, a través de un prolijo relevamiento. Probablemente la elaboración de un mapa *ad-hoc* y su superposición con los aquí confeccionados haría posible obtener un diagnóstico más preciso. De todas maneras, lo expresado a través de las curvas arriba analizadas sirve para el propósito de diagnóstico a nivel general que dio origen al presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen especialmente por el apoyo e información oportunamente brindados para la realización del trabajo al Sr. Subdelegado del río Tunuyán medio e inferior, Ing. Agr. Carlos Foressi y a los Sres. Inspectores: Don Salvador Maíz, Ing. Agr. Juan Milordo, Don Orlando Borchio y Don Luis Martín Benedetti. A la Lic. Susana Bistué por su activa colaboración en la realización del trabajo de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- AYERS R.S. AND D.W. WESTCOT, 1984. Estudio, riego y drenaje N° 29. In: FAO. Calidad del agua para la agricultura. Roma.
- AYERS R.S. AND D.W. WESTCOT, 1985. Irrigation and drainage paper 29 Rev. 1. In: FAO. Water quality for agriculture. Rome.
- FASCILO G., 1991. Contaminación hídrica orgánica en Mendoza. INCYTH-CELA. Mendoza.
- FEIGIN, A., I. RAVINA, J. SHALHEVET, 1991. Irrigation with treated sewage effluent. Israel.
- PESCOD, M.B., 1992. Irrigation and drainage paper. N° 47. In: FAO. Wastewater treatment and use in agriculture. Rome.
- SALATINO, S., 1989. Course on pressurized irrigation, Chapter on Pollution of irrigation water Shefayim, Israel.
- TAHAL CONSULTING ENGINEER, 1990. Water resources development and management, Tahal approach J. Shwars. Tel Aviv, Israel.
- ZOIA, O., 1989. Contaminación hídrica orgánica en Mendoza. INCYTH- CELA, Mendoza.

Participantes

Facultad de Ciencias Agrarias: (Determinación de la calidad del agua de la red de canales y colectores de desagüe del área de influencia del Río Tunuyán medio e inferior).

Lic. Rosa E.I. Medina de Dias, Ing. Agr. Mónica E. Zimmermann, Bromatóloga Carolina Fabiana Barbuzza (Becaria), Ing. Agr. Susana B. Campos de Day, Lic. Dora Mercedes Genovese de Nonino, Ing. Agr. Ramón E. Solanes, Ing. Agr. Norma Jesús Nacif, Lic. Silvia L. Troilo.

Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. (Análisis de la participación de los usuarios en el manejo de los recursos hídricos y evaluación de la gestión administrativa a nivel del D.G. de I. y de los organismos de usuarios provinciales).

Lic. Rosa María Bustos, Lic. Silvia M. Quesada, Lic. Mirta E. Marre de Leyton.

Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídricas (Determinación de la calidad del agua de riego, análisis de la eficiencia de riego en relación a la participación de los usuarios, discusión de la gestión administrativa actual y propuesta de pautas futuras de manejo).

Ing. Agr. Santa Esmeralda Salatino, Ing. Agr. Carlos M.S. Mirábile, Ing. Agr. Alejandro A. Drovandi.

Grado de afectación del recurso hídrico por el reúso de efluentes

JOSÉ SOBRINO Y J.A. VIVAS
Centro Regional de Agua Subterránea

RESUMEN

En el Campo Intendencia (1414 ha), distrito Cuadro Nacional de San Rafael, se determinó el grado de vulnerabilidad hidrogeológica del sector, se obtuvo información hidrológica e hidroquímica primaria de los efluentes, freáticos, pozos y diferentes puntos en el área de estudio; se realizó un seguimiento de la evolución de la calidad química del agua subterránea y superficial. Para ello se construyeron 6 freáticos en el interior del campo y se seleccionaron 11 perforaciones fuera del perímetro.

ABSTRACT

Degree of the effect on the hydric resource because of effluents reuse

In the Campo Intendencia Cuadro Nacional of San Rafael, Mendoza, it was determined the degree of hydrogeological vulnerability of the sector, the hydric dynamics of the aquifer at different times of the year and the evolution of the chemical quality of underground and surface water, owing to the use of effluents proceeding from the Obras Sanitarias plant for primary treatment, for irrigation. No salinity variations were detected in the phreatic water that can be attributed to the reused water. The nitrogen composites increased notably until September, when there was an accented decrease, perhaps because of the precipitation effect.

INTRODUCCIÓN

A partir de la cesión de los efluentes primarios de la planta de tratamiento de Obras Sanitarias Mendoza al Campo Intendencia de Cuadro Nacional, para su reúso como dotación de riego complementario obligó a fijar los siguientes objetivos: determinación hidrogeológica del grado de vulnerabilidad del sector considerado, obtención de información hidrológica e hidroquímica primaria de los efluentes, freáticos, pozos y diferentes puntos superficiales de la zona en estudio y adyacencias; conocimiento de la dinámica hídrica del acuífero en diferentes épocas del año y seguimiento de la evolución de la calidad química del agua subterránea y superficial en el sector estudiado.

ÁREA DE ESTUDIO

El Campo Intendencia perteneciente a la Dirección de Remonta y Veterinaria del Ejército Argentino, se ubica en el Distrito Cuadro Nacional, San Rafael, abarcando una super-

ficie de 1414 ha, entre el desagüe colector 1-2-3 Cuadro Nacional al sur, al oeste la calle De la Intendencia; al este la calle Del Monte y la Ruta Provincial 165, y al norte el FFCC San Martín y el desagüe General del Norte.

Los suelos presentan textura arenosa en superficie (1,5 m), luego hasta los 80 m aproximadamente dominan gravas con intercalaciones arenosas subordinadas.

El área se encuentra sobre el acuífero libre. Los niveles estáticos oscilan entre 1 y 10 m, lo que permite realizar una clasificación de la vulnerabilidad del acuífero. De acuerdo con el diagrama de Vierhuff, por el tipo de acuífero, sus niveles mínimos históricos y la textura indicada, se encuadra en un acuífero de vulnerabilidad media-alta (si los niveles están por debajo de los 2 m), o alta (si los niveles están entre la superficie y los 2 m).

HIDROLOGÍA

El flujo de agua subterránea en el área está relacionado, entre otras causas, con la recarga que se produce en el río Diamante, presentando dirección sudoeste-noreste y oeste-este al norte del río y hasta el distrito Cuadro Nacional. La cuenca citada es extensa y potente, siendo el acuífero libre bastante explotado mediante bombeo. Su superficie permite estimar un rendimiento del orden de $100 \text{ Hm}^3 / \text{m}$. La transmisividad en la zona de estudio se infiere entre 1900 y 3000 $\text{m}^2 / \text{día}$ (Poblete, 1981).

MATERIAL Y MÉTODO

Para el trabajo se relevaron los cultivos existentes a irrigar y sectores incultos a implantar con diferentes especies, construcción de freáticos, acotación de los puntos de la red de control, mediciones de niveles estáticos, cartografía (topográfica, curvas hidrológicas, hidrogramas y perfiles topográficos y freáticos). Se aforó al desagüe General del Norte.

En una primer etapa (1992) se construyeron 6 freáticos en el interior del campo y se seleccionaron 11 perforaciones y/o pozos baldes por fuera del perímetro del uso del agua, acotándose los mismos respecto al nivel base de referencia (marea media del mar).

La distribución de los caudales recibidos de la planta de Obras Sanitarias, así como la de los volúmenes provenientes de la red de distribución del río Diamante a través del canal Cuadro Nacional, responde al proyecto de riego elaborado por la jefatura del establecimiento.

Para establecer la red de medición de niveles piezométricos se tuvo en cuenta lo indicado por CRAS (1982).

No se pudo realizar una óptima ubicación de los freáticos, debido a los cultivos existentes y a la infraestructura de riego; por lo que fueron construidos en el perímetro de los cuadros cultivados y en algunos casos sobre callejones de circulación, evitando en la medida de lo posible las hijuelas principales. Los freáticos se construyeron de PVC de 2" diámetro, recubriendo la zona de filtro con geotextil y con tapa a rosca el extremo superior.

En la segunda etapa, 1993, se amplió la red básica construyendo freáticos al norte de la Ruta 156, e incorporando nuevas perforaciones en el exterior de la propiedad estudiada. La mayoría de los pozos realizados en esta etapa se mantuvieron como antepozos sin calzar de 1 m de diámetro y con tapa de madera (el pozo F13 se desmoronó y quedó inutilizado).

La red de observación quedó compuesta por un total de 40 puntos de observación, acotada con nivel topográfico (Tabla 1) sobre la base de puntos fijos de IGM. Las mediciones se efectuaron mensualmente durante 1992 y luego bimestralmente.

En algunos freáticos y en cuatro puntos superficiales (efluente de OSM, canal desagüe 1-2-3, canal La Llave y confluencia de estos dos últimos), se obtuvieron muestras de agua para determinación físico-química (conductividad eléctrica, pH, temperatura, contenido de nitrato, amonio, nitrito, Ca, Mg, Na, K, Carbonato, Bicarbonato, Sulfato, Cloruro, sílice, Fosfato, Sulfuro, Fluoruro, Cr, B, Fe, Zn, Mn, Cu, Cd, alcalinidad total y dureza total) y bacteriológica (coliformes totales y *Escherichia coli*).

RESULTADOS

USO DEL EFLUENTE

El agua viene entubada desde OSM, e ingresa a la propiedad en el vértice sudoeste para su empleo para riego. Independientemente del caudal de OSM, la propiedad recibe la dotación de riego correspondiente según la superficie empadronada. A partir de mayo de 1992 y durante un año se regaron en forma rotativa 124 ha cultivadas y 6 ha de terreno inculco subsolado donde se realizó un ensayo de saturación del perfil suprayacente a la grava (1,6 m). Los volúmenes mensuales provenientes del efluente se indican en la Tabla 2.

Es necesario aclarar que en los cultivos hortícolas (ajo, cebolla y tomate) se efectuó una aplicación anual de fertilizantes (18-46-0, urea y sulfato de amonio) de 150 Kg/ha.

Se calculó la evapotranspiración potencial anual mediante Blaney- Criddle, y a partir de esta, teniendo en cuenta los coeficientes de cultivo, la evapotranspiración real. Para calcular la necesidad de riego se consideraron los valores de precipitación registrados en la estación agropecuaria Rama Caída- INTA.

CURVAS DE IGUAL PROFUNDIDAD DEL NIVEL FREÁTICO

Los niveles obtenidos a partir de la red monitorea figuran en la Tabla 3. En general se puede comentar que en la zona de acuífero libre los niveles de agua se aproximan a la superficie al finalizar el período estival (marzo- abril) de cada año, debido a la recarga del acuífero por pérdidas de conducción en el sistema de distribución superficial, de los excedentes que se originan en la aplicación del agua de riego, del escaso bombeo subterráneo y por efectos de las precipitaciones primavera-estivales. Lo contrario ocurre en el período invernal donde las profundidades máximas se logran entre julio y agosto; donde además de la reducción de las causas anteriores influye la corta anual de agua para limpieza de cauce (Figura 1a-b-c-d). En el caso de estos freáticos se observa claramente cómo se deprime el nivel durante el período de corta (Figura 1a-b y c). En el freático 4 (Figura 1d) se observa el ascenso durante el período de corta de 1992, que podría deberse al riego invernal realizado con el total del caudal del efluente.

No obstante las variaciones estacionales, se observa en las figuras una tendencia creciente de los niveles freáticos desde diciembre del 1991 a noviembre de 1993. Este comportamiento se pone de manifiesto, para el período de referencia, en toda la cuenca de agua subterránea (CRAS, informes internos), independientemente del uso del efluente como suplemento de riego.

Las isopiezas absolutas o isohipsas no presentan en general variaciones significativas a través del tiempo, salvo pequeños desplazamientos estacionales. Para el área estudiada la pendiente topográfica fue del 7% y el gradiente hidráulico del nivel freático del 8%.

HIDROQUÍMICA

El muestreo para análisis químico de las aguas se extendió entre febrero de 1992 y junio de 1993, iniciándose antes de la cesión del agua de efluente por OSM.

Después de aproximadamente 20 meses de uso de los efluentes como dotación complementaria de riego, se realizó una evaluación preliminar de los datos obtenidos (Tabla 4).

La variabilidad respecto de la conductividad eléctrica no muestra una tendencia por influencia del riego con efluentes. Es de hacer notar que el agua de reúso denota una salinidad similar y aún inferior a la determinada en los puntos observados.

En las Figuras 2,3 y 4 se puede observar la evolución experimentada en los contenidos nitrogenados. De ellos el ión nitrato experimentó un aumento notorio hasta setiembre de 1993, para luego decrecer rápidamente hasta diciembre; algo similar sucede con la concentración de amonio, el que por su inestabilidad y fácil oxidación lo descalifican como un trazador apropiado de contaminación.

Las concentraciones determinadas de sulfuros y fosfatos no denotan índices significativos que lleven a pensar en un proceso de contaminación.

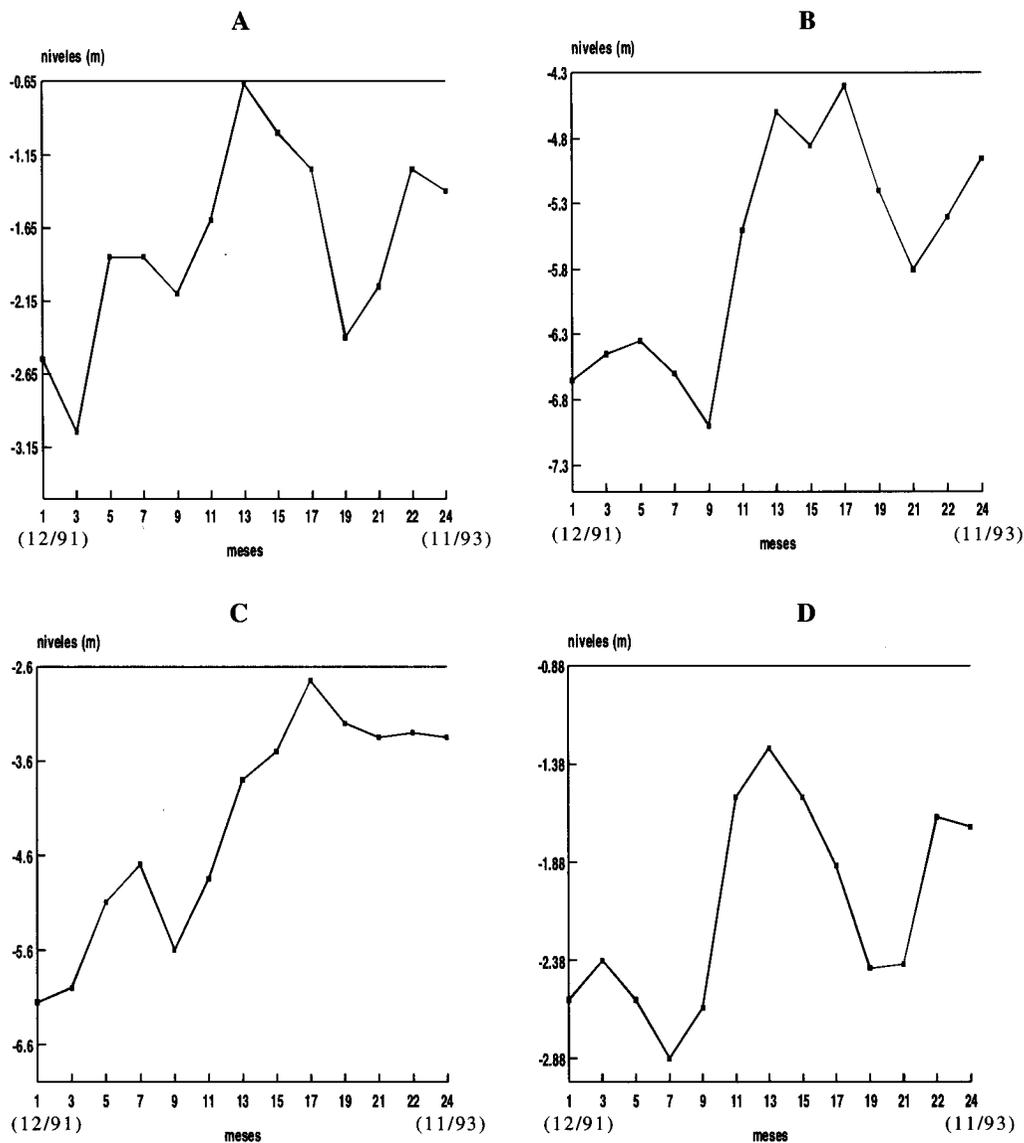


Figura 1. a: Niveles freáticos en Campo Intendencia, Cuadro Nacional, freatímetro 5, b: freatímetro 17, c: Pozo 653, d: freatímetro 4.

CONCLUSIONES

Los efluentes provenientes de la planta de tratamiento primario de OSM se distribuyen para riego en su totalidad, no existiendo infraestructura de almacenamiento.

Existen dos sectores dentro del Campo Intendencia con niveles freáticos próximos a la superficie, uno al sur de la Ruta Prov. 156 y otro en el extremo noreste.

En el sector ubicado al sur de la Ruta 156 los niveles piezométricos variaron entre 0,6 m y 3,7 m en el período 1992/93. En el centro del campo, donde se utiliza aproximadamente un 50% del agua de reúso, los niveles variaron entre 4 y 10 m.

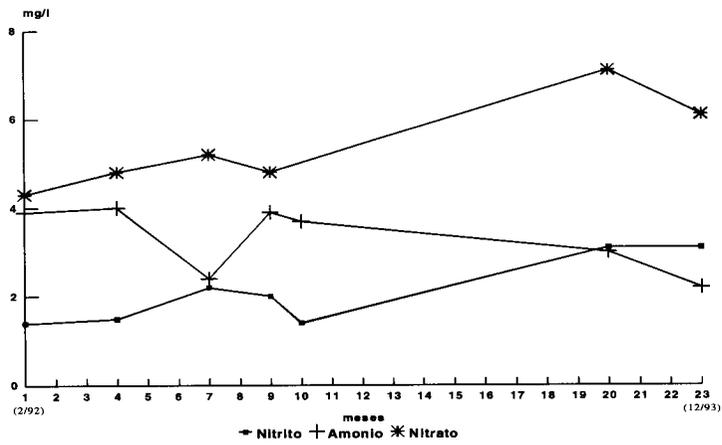


Figura 2. Evolución de Nitrato, Amonio y Nitrito, freestill F-4.

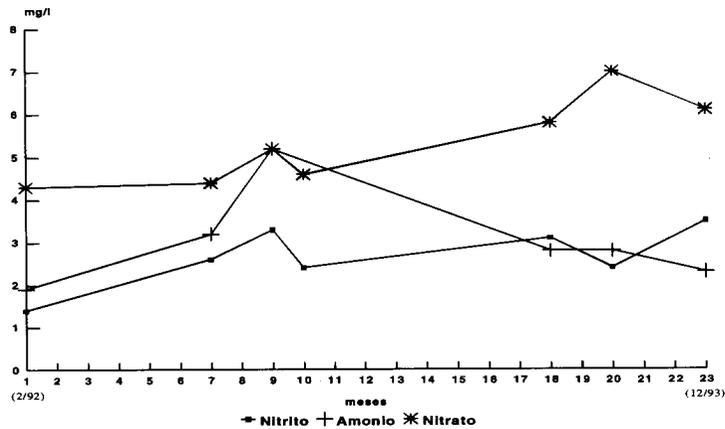


Figura 3. Evolución de Nitrato, Amonio y Nitrito, freestill F-5.

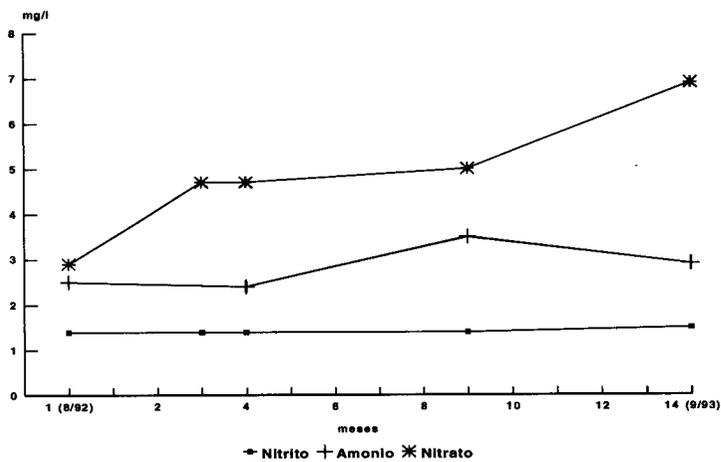


Figura 4. Evolución de Nitrato, Amonio y Nitrito, Canal La Llave+Desagüe 1-2-3.

Los niveles freáticos se aproximan a la superficie al finalizar cada período estival (marzo-abril), debido a la recarga del acuífero, mientras que en los meses de julio y agosto ocurren las máximas profundidades.

Las líneas de flujo del agua subterránea presentan, en el área de estudio, dirección predominante sudoeste-noreste y oeste-este.

Si bien el efluente utilizado para riego presenta una salinidad similar y aún menor que la determinada en el agua freática de la zona, no se detectan en esta última variaciones atribuibles al riego con agua de reúso.

Los compuestos nitrogenados en general mostraron un notable incremento hasta setiembre 1993, para luego experimentar una disminución acentuada que podría deberse a un aumento de las precipitaciones (dilución), incremento de consumo de estos nutrientes por avance del ciclo vegetativo, etc. Los contenidos de amonio, sulfuros y fosfatos no permiten suponer una incidencia considerable del efluente en el agua subterránea.

BIBLIOGRAFÍA

- CAPPE, O., J. GONZALEZ, 1976. Estudio Agronómico para el Manejo del Sistema regulado del Río Diamante. Provincia de Mendoza.
- CRAS, 1982. Estudio Expositivo sobre problemas de revenición en el campo Cuadro Nacional. Provincia de Mendoza.
- HERNANDEZ, J., 1992. El Uso de las Aguas Residuales de Campo Espejo. Provincia de Mendoza, DI- 184.
- POBLETE, M., 1981. Determinación del área correspondiente al acuífero libre en la Cuenca Subterránea Diamante- Atuel. Períodos 1989- 1992. Provincia de Mendoza, P-229.
- SANCHEZ V., 1987. Mapa de vulnerabilidad a la contaminación del agua subterránea. Dto. San Rafael, DI-91.
- SOBRINO, J. Y J. PAZOS, 1993. Evaluación del Estado Hidrológico de la Cuenca Diamante- Atuel. Período 1989- 1992. Provincia de Mendoza, DI-197.
- VIVAS, J., 1986. Evaluación del contenido de nitratos y otros parámetros indicadores de contaminación. Acuífero libre. Dto. San Rafael, IT- 88.

Tabla 1. Red monitorea de control

Punto de Medición	Profundidad Total (m)	Filtros (m)	Cota Referida a Terreno (m.s.n.m.)	Tipo de Pozo
F1	3,18	2,00-3,18	645,37	Freatímetro
F2	3,80	2,80-3,80	639,91	« «
F4	4,10	3,00-4,10	638,90	« «
F5	4,00	3,00-4,00	637,69	« «
F6	3,90	2,80-3,90	641,25	« «
F7	4,05	3,00-4,05	634,36	« «
F8	4,15	3,00-4,15	634,26	« «
F9	5,90	4,90-5,90	628,89	« «
F10	6,70	sin filtros	632,70	Antepozo
F11	7,00	sin filtros	637,16	« «
F12	5,85	sin filtros	642,23	« «
F13	10,40	sin filtros	637,81	« «
F14	5,75	4,65-5,75	640,91	« «
F15	5,10	sin filtros	638,32	« «
F16	3,00	sin filtros	647,58	« «
F17	8,70	sin filtros	628,69	« «
F18	6,00	sin filtros	632,61	« «
600	2,85	sin filtros	656,00	« «
652	46,00	16,00-46,00	s/d	Perforación
653	4,55	sin filtros	624,34	Antepozo
663	43,00	13,00-43,00	614,33	Perforación
665	31,20	12,00-31,20	612,03	« «
683	12,00	sin filtros	623,36	Antepozo
692	44,00	19,00-44,00	s/d	Perforación
723	8,40	sin filtros	650,54	Antepozo
734	23,50	« «	638,26	Antepozo
812	13,00	« «	648,94	Antepozo
875	30,00	20,00-30,00	618,25	Antepozo
1154	46,00	20,00-46,00	629,28	Perforación
1157	42,00	18,00-42,00	633,86	« «
1161	40,00	30,00-40,00	s/d	Perforación
1552	50,00	24,00-50,00	647,56	« «
1560	10,50	09,50-10,50	653,19	« «
1561	45,00	30,00-45,00	652,83	« «
2319	32,00	17,00-32,00	647,71	« «
PC1	3,80	sin filtro	628,21	Antepozo
PC2	2,20	sin filtro	625,55	Antepozo
PC3	5,30	sin filtro	629,16	Antepozo
PC4	6,70	sin filtro	631,68	Antepozo
PC5	2,80	sin filtro	622,25	Antepozo

Tabla 2. Caudales del efluente OSM, en m³ /mes

Mes	Año	
	1992	1993
Enero	283500	291500
Febrero	266000	266500
Marzo	284800	295200
Abril	276500	286000
Mayo	277500	296000
Junio	265500	286200
Julio	273350	297500
Agosto	272500	334800
Septiembre	265000	332500
Octubre	275900	342990
Noviembre	271500	332000
Diciembre	283500	342100
Total	3295550	3703290

Tabla 3. Niveles freáticos Campo Intendencia, Cuadro Nacional

Punto de Medición	Nivel Estático												
	Dici.-91	Feb.-92	Abr.-92	Jun.-92	Ago.-92	Oct.-92	Dic.-92	Feb.-93	Abr.-93	Jun.-93	Ago.-93	Set.-93	Nov.-93
F1	1,40	1,53	1,47	1,48	1,45	s/d	0,68	0,61	s/d	1,00	1,23	s/d	s/d
F2	1,83	2,04	1,23	1,28	0,97	s/d	0,81	1,57	0,66	1,89	1,91	s/d	s/d
F4	2,60	2,38	2,57	2,88	2,70	1,63	1,35	1,62	1,04	2,49	2,43	1,68	1,70
F5	2,55	3,05	1,84	1,84	2,12	1,56	0,70	s/d	1,28	2,35	2,04	1,25	1,43
F6	3,40	3,08	3,43	3,72	3,67	2,46	2,25	1,88	1,57	s/d	3,24	2,47	2,41
F7	-	-	-	-	-	-	-	s/d	1,13	2,25	2,89	2,93	2,55
F8	-	-	-	-	-	-	-	s/d	1,82	1,78	2,54	2,45	2,09
F9	-	-	-	-	-	-	-	s/d	4,60	5,73	5,60	5,54	5,25
F10	-	-	-	-	-	-	-	s/d	s/d	6,50	6,43	6,51	Seco
F11	-	-	-	-	-	-	-	s/d	s/d	5,80	6,90	6,70	Seco
F12	-	-	-	-	-	-	-	s/d	s/d	4,95	5,60	5,35	Seco
F13	-	-	-	-	-	-	-	s/d	s/d	10,20	10,40	10,25	Seco
F14	-	-	-	-	-	-	-	s/d	s/d	5,55	5,55	5,18	Seco
F15	-	-	-	-	-	-	-	s/d	s/d	5,02	5,05	4,54	4,20
F16	1,65	1,80	1,75	1,83	1,55	1,24	0,75	1,07	0,71	1,40	1,40	0,91	1,15
F17	6,65	6,44	6,33	6,58	7,00	5,48	4,60	4,86	4,39	5,22	5,79	5,41	4,96
F18	2,33	2,38	1,75	2,55	2,41	s/d	1,44	1,68	1,64	2,40	2,17	1,94	1,80
600	s/d	s/d	s/d	s/d	1,97	s/d	1,77	s/d	1,77	2,03	1,73	1,65	1,78
653	6,10	6,05	5,13	4,64	5,65	4,80	3,75	3,54	2,72	3,20	3,39	3,32	3,39
663	-	-	-	-	-	-	-	s/d	0,71	0,64	0,66	0,64	0,85
665	-	-	-	-	-	-	-	s/d	s/d	1,05	1,00	0,99	s/d
683	s/d	s/d	s/d	6,10	7,02	s/d	4,87	4,86	3,95	4,95	5,19	4,94	4,80
723	-	-	-	-	-	-	-	s/d	5,93	6,82	6,82	6,64	6,48
734	-	-	-	-	-	-	-	s/d	9,45	9,85	10,07	10,48	10,38
812	-	-	-	-	-	-	-	s/d	9,27	11,05	9,95	9,84	9,80
875	-	-	-	-	-	-	-	s/d	1,23	1,33	1,40	1,44	s/d
1154	4,73	4,49	4,30	4,50	4,89	4,16	3,82	s/d	3,90	3,81	4,61	4,40	4,16
1157	1,99	2,89	1,60	2,16	2,48	s/d	1,40	1,53	1,42	1,98	1,90	1,83	1,64
1552	1,65	1,70	1,72	s/d	1,70	1,86	1,52	s/d	1,70	1,76	1,59	1,50	1,58
1560	s/d	s/d	2,90	2,80	2,92	2,50	s/d	1,91	1,51	2,20	2,10	1,96	1,95
1561	s/d	s/d	s/d	2,24	2,17	1,91	1,61	s/d	1,66	2,07	1,81	1,61	1,61
2319	4,33	4,44	4,24	4,56	4,51	Funcionando	3,32	3,35	2,78	4,17	4,16	3,45	3,51
PC1	-	-	-	-	-	-	-	s/d	1,98	2,30	2,26	2,55	2,73
PC2	-	-	-	-	-	-	-	s/d	1,11	1,26	1,28	1,47	1,60
PC3	-	-	-	-	-	-	-	s/d	3,71	4,00	4,25	4,19	4,35
PC4	-	-	-	-	-	-	-	s/d	s/d	5,26	5,26	Seco	Seco
PC5	-	-	-	-	-	-	-	s/d	1,75	1,88	2,10	1,98	2,20

s/d: sin dato

Tabla 4. Parámetros indicativos de contaminación

Pto. Muestreo	C.Ex. µmho/cm	NO ₃ - mg/l	NH ₄ + mg/l	NO ₂ - mg/l	Coli Tot. NMP/100	E. coli ml	Fecha
F-4	1970	<1	0,4	<0,01	>240	>120	*2/92
	—	1,5	0,5	0,01	—	—	*5/92
	1780	3,2	<0,05	0,03	240	68	*8/92
	1670	1,8	0,4	0,02	7,6	—	*10/92
	1640	2,2	0,3	<0,01	7,6	1,7	*11/92
	1780	60	0,1	0,12	—	—	9/93
	1810	12	0,03	0,12	—	—	12/93
F-5	2570	<1	<0,05	<0,01	240	120	*2/92
	1540	<1	0,15	0,6	12	5,1	*8/92
	1875	2,8	2,5	0,18	7,6	—	*10/92
	1550	1,2	1,7	0,04	6,9x1000	1,8x1000	*11/92
	1450	7,5	0,08	0,13	—	—	7/93
	1700	44	0,08	0,04	—	—	9/93
	1820	11	0,03	0,22	—	—	12/93
	F-6	1970	7,2	0,2	<0,01	90	45	*2/92
1800		<1	<0,05	<0,01	—	—	*5/92
1770		—	—	—	—	—	8/92
1650		4,6	<0,05	0,02	7,5	—	*10/92
F-7	1550	<1	0,4	<0,01	900	450	*4/93
	1460	36	0,03	0,0	—	—	9/93
F-8	1600	<1	0,4	<0,01	300	150	4/93
F-10	1920	—	—	—	—	—	6/93
	1890	44	0,04	—	—	—	7/93
	1710	72	0,05	0,01	—	—	9/93
F-11	1880	22	0,02	—	—	—	7/93
	1470	40	0,06	0,01	—	—	9/93
F-12	1660	—	—	—	—	—	6/93
	1910	48	<0,01	—	—	—	7/93
	1940	80	0,05	0,09	—	—	9/93
F-14	1660	—	—	—	—	—	6/93
	1910	44	<0,01	—	—	—	7/93
	1550	125	0,09	0,09	—	—	9/93
600	2200	90	0,12	0,00	—	—	9/93
652	1770	24	MLD	0,00	—	—	12/93
653	1840	85	0,12	0,00	—	—	9/93
692	1770	20	MLD	0,00	—	—	12/93
723	1990	100	0,14	0,00	—	—	9/93
	1800	24	MLD	0,02	—	—	12/93
1161 (García Cano)	2040	3,4	<0,05	<0,01	2,2	—	*2/92
	1760	13	0,03	0,05	—	—	7/93
	1840	54	0,18	0,02	—	—	9/93
	1760	11	0,02	0,02	—	—	12/93

Pto. Muestreo	C.Ex. µmho/cm	NO ₃ - mg/l	NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ - mg/l	Coli Tot. NMP/100	E. coli ml	Fecha
2319 (Bga. Izuel)	1750	10,2	<0,05	<0,01	240	120	*2/92
	1700	30	0,04	0,02	—	—	7/93
	1800	82	0,07	0,12	—	—	9/93
	1700	27	0,03	0,00	—	—	12/93
1 Desagüe 1-2-3 + Cnal. La llave	1490	<1	<0,05	0,01	240	120	*8/92
	1540	1,2	<0,05	<0,01	4300	2150	*10/92
	1380	1,2	<0,05	<0,01	6,9x10000	3,4x10000	*11/92
	1400	2	0,2	<0,01	500	250	*4/93
	1480	40	0,08	0,01	—	—	9/93
2 Cnal. La llave	1300	<1	<0,05	<0,01	4300	2150	*10/92
	1170	<1	<0,05	<0,01	2,4x10000	5,4x1000	*11/92
	1270	<1	<0,05	<0,01	900	450	*4/93
	1250	35	0,34	0,00	—	—	9/93
3 Efluente O.S.M. ENTRADA	1680	—	26	—	7x1000000	3x1000000	*3/90
	1360	—	18	—	2,4x100000	—	*3/93
	1690	—	17	—	7x1000000	—	*4/94
	1680	50	4	—	—	—	9/93

* Análisis realizado por OSM

Contaminación hídrica industrial de Mendoza

OSCAR ZOIA Y G. FASCIOLO

Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua y el Ambiente (CELAA),
Belgrano 210 Oeste, Mendoza

RESUMEN

El trabajo contiene un diagnóstico de la contaminación hídrica espacial de tipo orgánica, originada por el sector industrial de la provincia de Mendoza.

Se elaboró a partir de los datos del Censo Económico Nacional 1985 y con coeficientes de emisión regionales tomados de la bibliografía disponible.

Se obtienen datos de población equivalente a nivel de fracción censal.

Se concluye que Mendoza generó en 1984 una contaminación del orden de 1.324.000 habitantes, siendo el mayor emisor el departamento de Maipú que generó una contaminación cinco veces superior a su población.

La rama de actividad que mayor contaminación produjo es la destilería de alcohol etílico, siguiéndole en orden de importancia las conserveras.

ABSTRACT

Industrial hydric contamination of Mendoza

This work contains a diagnosis of the spatial hydric contamination of organic type, originated by the industrial sector of the Province of Mendoza.

The work was done based on data from the 1985 National Economic Census and with coefficients of regional issues taken from the available literature. Population data obtained are equivalent to census fraction level.

It is concluded that Mendoza generated in 1984 contamination in the order of 1324000 inhabitants, the major issuer being the department of Maipú that it generated a contamination five times greater than its population.

The activity producing most contamination is the ethylic alcohol distillery, following in importance the canning industry.

INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo es describir espacialmente la magnitud que puede alcanzar la contaminación hídrica de origen industrial de tipo orgánica en Mendoza.

Es importante destacar que el diagnóstico responde a la contaminación en los puntos de generación, que no necesariamente son aquellos donde los efectos son mayores. Como se trata de una zona de agricultura bajo riego, en donde los efluentes industriales son descargados, mayoritariamente, en los cauces de riego, parte de los impactos se producen aguas abajo, en las poblaciones rurales y en los cultivos.

Lo que se pretende es aportar ideas sobre la magnitud de la contaminación industrial en el Gran Mendoza, y obtener mediciones que sirvan para comparar, en términos relativos, diferentes áreas que en el trabajo fueron delimitadas por las fracciones censales.

En forma complementaria se realizó una revisión y adaptación de coeficientes de contaminación por rama de actividad industrial, basados en magnitudes físicas de actividad, que pueden ser de utilidad para su aplicación en zonas similares.

Asimismo, el estudio aporta una metodología de estimación de la producción industrial sobre la base de datos del sistema de estadísticas nacionales, producidos por el Instituto Nacional de Estadística y Censo y por las Direcciones de Estadísticas provinciales, necesarias para estimar la contaminación hídrica potencial.

La información obtenida servirá de base para la realización posterior de una cartografía de base que muestre la situación.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la cuantificación espacial se identificaron los principales tipos y fuentes de contaminación hídrica industrial en la provincia de Mendoza, su localización y los volúmenes físicos de procesamiento de materia prima y/o producción.

Al mismo tiempo se identificaron coeficientes de emisión, por rama de actividad, que relacionan la materia prima procesada con la contaminación hídrica producida.

De esta manera se logró estimar la contaminación hídrica potencial generada en las principales industrias, por departamento y fracción censal, medida en términos de DBO que luego se llevaron a valores de población equivalente.

La base de datos para la identificación de las industrias contaminantes fue el Censo Nacional Económico 1985. Las unidades de análisis estadístico, son los establecimientos industriales, comerciales y de servicios, materia prima y producción para el año 1984. Se lo conoce como el «sistema de barrido». La Fase 2 del censo completó datos del barrido, particularmente los correspondientes a producción y materia prima procesada, a través de una encuesta por muestreo en los establecimientos.

Para calcular la carga contaminante generada por cada actividad se utilizaron coeficientes de emisión. Algunos provenientes de experiencias realizadas por el CELAA en Mendoza, otros han sido extraídos de la bibliografía.

Los coeficientes utilizados son:

a- Industrias conserveras y elaboración de jugos (Código 31132, 31131) (Bertranou *et al.*, 1983).

-Coeficiente de emisión de volumen: 19,61 m³/Tn de materia prima elaborada.

-Carga generada: 19,80 Kg DBO/Tn de materia prima elaborada.

b- Bodegas (Código 31321) (Bagini *et al.*, 1986).

-Coeficiente de emisión de volumen: 0,03175 m³/Tn de materia prima elaborada.

-Carga generada: 0,35 Kg DBO/Tn de materia prima procesada.

c- Aceiteras: aceite de oliva (Código 31151) (OPS, 1984)

-Coeficiente de emisión de volumen: 5 m³/Tn de producto elaborado.

-Carga generada: 7,5 Kg DBO/Tn de producto elaborado.

d- Aceiteras: refinación de aceites vegetales (Código 31151)(OPS, 1984)

-Coeficiente de emisión de volumen: 57,5 m³/Tn de producto elaborado.

-Carga generada: 12,9 Kg DBO/Tn de producto elaborado.

e- Destilerías de alcohol y elaboración de productos químicos derivados de la industria vitivinícola (Código 31311)(OPS, 1984)

-Coeficiente de emisión de volumen: 63 m³/Tn de producto elaborado.

-Carga generada: 220 Kg DBO/Tn de producto elaborado.

f- Mataderos (Código 31111)(OPS, 1984)

-Coeficiente de emisión de volumen: 5,3 m³/Tn de peso vivo sacrificado.

-Carga generada: 6,4 Kg DBO/Tn de peso vivo sacrificado.

g- Elaboración de productos lácteos (Código 31120)(OPS, 1984)

- Coeficiente de emisión de volumen: 2,4 m³/Tn de leche.
- Carga generada: 5,3 Kg DBO/Tn de leche.
- h- Cervecera (Código 31330)(OPS, 1984).
- Coeficiente de emisión de volumen: 14,50 m³/Tn de cerveza.
- Carga generada: 8,6 Kg DBO/Tn de cerveza.

POBLACIÓN EQUIVALENTE

La población equivalente se calculó para toda la provincia de Mendoza, desagregada por departamento y por fracción censal.

Se consideró contaminación potencial a aquella de tipo orgánica producida por la actividad fabril (por ser este tipo de descargas la más representativa de las industrias de la región). Para llegar a ella fue necesario estimar, para tales niveles, la producción o la materia prima procesada (según el coeficiente de emisión disponible), por rama de actividad contaminante.

Aplicando el coeficiente a la materia prima procesada (o al producto elaborado) se obtiene el volumen total de efluente y de materia orgánica generada en el año 1984, por cada rama de actividad dentro de cada fracción censal. De allí pueden calcularse también los valores diarios.

Considerando que hay un componente común en la descarga de estas industrias y aquella que produce cada habitante conectado a un sistema cloacal, que es la DBO, es posible expresar la contaminación orgánica de los establecimientos fabriles en término de habitantes. Esta medida se conoce como población equivalente y su coeficiente de transformación, para los países de América Latina, es del orden de los 54 g de DBO por habitante y por día (0,054 Kg DBO/hab. día).

La suma de la población equivalente generada por las diversas ramas de actividad que actúan en cada fracción censal es la estimación de la contaminación en cada una de dichas áreas.

ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN

La información referida a los niveles de elaboración (materia prima procesada y producción) se obtiene a partir de la Fase 2 del Censo económico. Como esta es una encuesta por muestreo es necesario hacer generalizaciones para todos los establecimientos de la provincia.

RESULTADOS

Los resultados de contaminación potencial de las industrias de la provincia, medidos en términos de población equivalente, para 1984, por departamento y fracción censal se presentan en la Tabla 1.

La contaminación que generó el sector industrial de Mendoza fue del orden de 1.323.790 habitantes. Este valor superó al de la población real de Mendoza que en 1984 era de 1.272.035 habitantes.

En la Tabla 2 se indican los porcentajes de población equivalente con que aportó cada departamento.

El departamento de Maipú fue el que más contaminación generó, siguiéndole San Rafael, San Martín y Guaymallén. En la misma Tabla 2 figuran los datos de población real de la provincia por departamento. Se puede observar que Maipú genera una contaminación industrial que es el 484% más que su población, y San Rafael genera una contaminación aproximadamente el 58% mayor a su población.

Asimismo pueden observarse puntos clave de generación de contaminación como las fracciones 4 y 5 en Maipú. Esta es una zona de alta concentración de industrias, fundamentalmente bodegas y destilerías. En San Rafael se destacan las fracciones 1,3,5 y 9 con concentración de industrias conserveras, bodegas y una sidrera. En Guaymallén las fracciones 3,4 y 6. Debe destacarse que las dos primeras son zonas densamente pobladas del

gran Mendoza, por lo tanto son áreas en donde los efectos en zona de generación son considerables. En San Martín son importantes las fracciones 4 y 5, en esta última se ubica una gran destilería con elaboración de productos químicos. Finalmente en Gral. Alvear y Tunuyán alcanzan un valor importante en población equivalente a las fracciones 5 y 6 y 3 y 4 respectivamente, con industrias conserveras y destilería en las primeras y conserveras y sidreras en las segundas.

En la Tabla 3 se indican las estimaciones de población equivalente por rama de actividad y por departamento, mientras que en la Tabla 4 se indican los valores totales aportados por cada rama y sus porcentajes.

Las destilerías son las de mayor aporte con el 56% de la contaminación de la provincia, mientras que las bodegas sólo el 5% de la misma. En este sentido debe recordarse que la actividad de las destilerías es continua y la producción de volúmenes de efluentes es considerable. La actividad de las bodegas es estacionaria y con descargas intermitentes. Por otro lado como destilerías se ha clasificado también la elaboración de productos químicos derivados de la viticultura, dado que en algunos casos el censo así las tenía clasificadas. Es importante destacar que el 87% de las bodegas son de tamaño reducido ya que se ubican en el estrato de personal ocupado menor de 20 (Tabla 5).

Es considerable el aporte de las 260 conserveras, que alcanza el 29% del total. Se trata también de industrias estacionarias pero que abarcan un período de elaboración mayor que las bodegas y con volúmenes de efluentes muy superiores. Dentro de las conserveras, el 62% son menores al tamaño 20, en cuanto a personal ocupado.

CONCLUSIONES

La provincia de Mendoza tiene un sector industrial que generó en 1984 una contaminación industrial de tipo orgánica del orden de 1.323.790 habitantes. Valor de población equivalente superior a la población real de la provincia en el mismo año.

El departamento de Maipú es el que más aportó al total, ya que generó para ese año el 38% de la contaminación. Le siguen en orden de importancia San Rafael (18,48%), San Martín (10,39%) y Guaymallén (8,46%).

En cada departamento existen áreas críticas de puntos de generación, que en algunos casos ocurren en zonas muy pobladas, produciendo impactos sociales en el mismo punto de generación, además de los efectos en zonas de riego.

Las destilerías son los establecimientos industriales que mayor contaminación orgánica generan: el 56% del total provincial. Las industrias conserveras aportan el 28%, mientras que las bodegas, que por su número representan la actividad más importante de la provincia, contribuyen sólo con el 5%.

La metodología aplicada para el diagnóstico demostró responder a las necesidades planteadas. Permitirá realizar actualizaciones a medida que se efectúen nuevos censos económicos nacionales.

Surge como conveniente la realización de estudios para determinaciones o ajustes de coeficientes de emisión regionales que permitan realizar diagnósticos similares y aumentar la precisión del presente trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- BAGINI R. Y G. FASCIOLO, 1986. Tratamiento de efluentes mediante riego y fertilización en zonas áridas. Incidencia en cultivos regados con efluentes de industrias vitivinícolas. Ensayo a campo. Mendoza. INCYTH-CELA, EEA LUJAN INTA. 27 p.
- BERTRANOU A., G. FASCIOLO, S. MANGHISI Y O. ZOIA, 1982. Costos de Control de la Contaminación en Areas Urbanas. Estimación de caudales de efluentes industriales. Elaboración de conservas de tomate, pimiento y aceitunas. Elaboración de vino. INCYTH-CELA, 18 p.
- BERTRANOU A., G. FASCIOLO, S. MANGHISI Y O. ZOIA, 1983. Costos de Control de la Contaminación en Areas Urbanas. Calidad de efluentes industriales. Elaboración de Conservas de fru-

- tas y hortalizas: tomate, pimiento y aceitunas. Elaboración de aceite de oliva. INCYTH-CELA, 1983, 18 p.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSOS, 1988. Encuesta Industrial a partir del Censo Nacional Económico/85 (Inédito).
- NOVARO SARA, 1988. Encuesta Industrial 1986. INDEC (Inédito).
- ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD Y SECRETARIA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGIA, 1984. Evaluación rápida de fuentes de contaminación de aire, agua y suelo. Traducción de WHO Offset Publication N° 62, 122 p.

Tabla 1. Contaminación hídrica generada por el sector industrial de la provincia de Mendoza, por departamento y fracción censal. Expresada en población equivalente, 1984.

Departamento	Fracción censal												Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Gral. Alvear	-	-	2720	3093	60173	31706	-	-	-	-	-	-	97692
Capital	754	1053	259	1302	1036	518	-	-	-	-	-	-	4922
G. Cruz	-	520	10832	518	7140	17105	1726	-	-	-	-	-	37841
Guaymallén	275	2516	21680	18679	7242	55842	1750	1609	-	-	-	-	112063
Junín	5516	6798	1388	392	1381	-	-	-	-	-	-	-	15475
Las Heras	-	442	1889	1318	-	-	-	-	-	-	-	-	3649
La Paz	-	-	-	112	-	-	-	-	-	-	-	-	112
Lavalle	-	-	-	912	7029	3898	-	-	-	-	-	-	11839
Luján	24379	1500	588	909	274	-	-	-	-	-	-	-	27651
Maipú	2507	3973	1685	398355	96930	-	-	-	-	-	-	-	503450
Rivadavia	974	25741	2777	1017	-	-	2374	-	-	-	-	-	32883
San Martín	1746	336	3376	28932	89771	2548	18136	-	-	-	-	-	144815
San Rafael	25954	2288	34242	10107	78656	7688	9983	610	42890	12505	12856	6894	244673
Sta. Rosa	4939	7165	2310	112	-	168	-	-	-	-	-	-	14694
Tunuyán	840	41219	20813	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62872
Tupungato	-	56	1093	168	6010	-	-	-	-	-	-	-	7327
San Carlos	1101	591	140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1832

Tabla 2. Población equivalente y población real, por departamento, 1984

Departamento	Cont. hídrica/Pobl. equiv.		Pobl. real*
	Total	%	
Gral. Alvear	97692	7,37	44410
Capital	4922	0,37	124629
G. Cruz	37841	2,85	149709
Guaymallén	112063	8,46	192775
Junín	15475	1,16	27172
Las Heras	3649	0,27	128590
La Paz	112	0,0	7874
Lavalle	11839	0,89	26470
Luján	27651	2,08	66299
Maipú	503450	38,03	103835
Rivadavia	32883	2,48	45601
San Carlos	1832	0,13	22673
San Martín	144815	10,93	93097
San Rafael	244673	18,48	155012
Sta. Rosa	14694	1,10	15631
Tunuyán	62872	4,74	32101
Tupungato	7327	0,55	17972
Malargüe	0	0,0	18185
	1323790	100	1272035

* estimada para el año 1984 por la Direc. Estad., en base a datos del Registro Civil y Capacidad de las personas.

Tabla 3. Contaminación hídrica generada por el sector industrial de la provincia de Mendoza, por departamento y rama de actividad. Expresada en población equivalente, 1984.

Departamento	Código de actividad										Total
	31321	31132	31151	31111	31120	31311	31113	31330	31322	31131	
Gral. Alvear	4168	30993	-	1211	1036	55770	783	-	-	3731	97692
Capital	140	1028	-	383	2849	-	522	-	-	-	4922
G. Cruz	879	14667	205	383	4536	-	1044	16127	-	-	37841
Guaymallén	5887	64184	1565	5763	3885	27885	2888	-	-	-	112063
Junín	5835	6938	1230	1211	-	-	261	-	-	-	15475
Las Heras	840	1096	410	-	259	-	1044	-	-	-	3649
La Paz	112	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112
Lavalle	1268	10571	-	-	-	-	-	-	-	-	11839
Luján	4571	1096	205	-	518	21000	261	-	-	-	27651
Maipú	8419	30565	6441	5713	1036	450493	783	-	-	-	503450
Rivadavia	6064	3700	820	-	777	21000	522	-	-	-	32883
San Carlos	1036	274	-	-	-	-	522	-	-	-	1832
San Martín	10090	7538	1360	1149	1295	105021	261	-	-	18101	144815
San Rafael	7632	143654	1155	5380	2331	58394	1044	-	23078	2005	244673
Sta. Rosa	2251	12060	383	14694	-	-	-	-	-	-	-
Tunuyán	1372	34158	-	383	-	-	261	-	26146	552	62872
Tupungato	840	6228	259	7327	-	-	-	-	-	-	-
	61404	368750	13391	21959	18781	739563	10196	16127	49224	24389	1323790

Tabla 4. Contaminación hídrica expresada en población equivalente, por rama de actividad industrial y número de establecimientos, 1984.

Rama de actividad		Nº de establecimientos	Carga contaminante	
Tipo	Código		Pobl. equivalente	%
Bodegas	31323	955	61405	4,63
Conservas	31132	260	368750	27,85
Aceiteras	31151	31	13392	1,01
Mataderos	31111	28	21959	1,65
Elab. Prod. Lact.	31120	66	18781	1,41
Destilerías	31311	17	739564	55,86
Fab. Embutidos	31113	40	10197	0,77
Cerveceras	31330	2	16128	1,21
Sidreras	31322	6	49225	3,71
Elab. dulces y otros	31131	5	24389	1,84
Total			1323790	100,00

Tabla 5. Muestreo en relación con la población y la producción de materia prima, según tamaño de la industria.

Pers. ocupado	Tamaño		Frac. muestreo	Valores muestrales (mat. prima/Tn)	
	Muestra	Población	%	Media arit.	Coef. var.
Bodegas					
<20	52	833	6	3156	138,7
20-49	49	85	58	4734	78,5
50-98	18	20	90	6762	82,6
99-199	8	13	62	6931	69,5
>199	4	4	100	35590	89,8
Conservas					
<20	12	162	7	273	62,3
20-49	26	41	63	751	78,7
50-98	11	15	73	6631	135,1
99-199	11	16	69	2534	120,2
>199	19	26	73	5931	89,0

Contenidos de Uranio natural y Radio-226 en Aguas de Mendoza

GUIDO TOMELLINI*, B. DONATTI**, O. LUCONI*, F. PARERA* Y R. CARRIÓN*

* Departamento Regional Cuyo de CNEA, Azopardo 313 G. Cruz, Mendoza

** Complejo Minero Fabril San Rafael CNEA

RESUMEN

Desde la década del 60 la Comisión Nacional de Energía Atómica, efectúa un relevamiento de Uranio natural (fluorescencia láser, equipo Scintrex UA.3) y Radio 226 (Método de Rashing modificado) en las aguas de ríos, arroyos, aguas subterráneas, minerales y termales de Mendoza, a fin de conocer el impacto ambiental de ambos elementos. Los valores registrados en general están dentro de los límites permisibles dados por el Organismo Internacional de Energía Atómica.

ABSTRACT

Contents of natural Uranium and 226 Radium in the waters of Mendoza

The National Commission of Atomic Energy has been doing a survey since the 60's of natural uranium (laser fluorescence, Scintrex UA.3 equipment) and Radium 226 (modified Rashing method) in the streamflows of rivers, streams and underground, mineral and thermal waters of Mendoza, to find out the environmental impact of both elements. The registered values are generally within the permitted boundaries given by the Atomic Energy International Organism.

INTRODUCCIÓN

A partir de la década del 60 la Comisión Nacional de Energía Atómica inició la prospección uranífera, utilizando el método denominado Geoquímica. Desde entonces, y hasta la actualidad, en los laboratorios del Dpto. Regional Cuyo se han realizado más de 150.000 determinaciones sobre muestras de nuestro país y del extranjero.

La Geoquímica del Uranio natural y del Radio-226 permite establecer las condiciones físicas y químicas de migración de ambos elementos al medio ambiente, parámetros que se utilizan para la prospección uranífera y para evaluar el impacto ambiental de ambos radioelementos. Ambas líneas de trabajo permiten disponer de gran cantidad de datos, parte de los cuales se incluyen en este trabajo.

COMENTARIOS GENERALES

Uranio natural. Por uranio natural se entiende a la relación isotópica en la que el uranio se encuentra en la naturaleza, ella es:

${}_{92}^{238}\text{U}$ 99,276% vida media: $4,50 \times 10^9$ años

${}_{92}^{235}\text{U}$ 0,718% vida media: $7,10 \times 10^8$ años

${}_{92}^{234}\text{U}$ 0,006% vida media: $2,35 \times 10^5$ años

De estos tres isótopos naturales el que domina en la naturaleza es el Uranio 238. Además, el Uranio está en la naturaleza formando compuestos bajo dos estados de oxidación +4 y +6. En el primer caso son compuestos prácticamente insolubles, y por ende las aguas no lo lixivian; en cambio cuando ese Uranio por meteorización se ha oxidado a su estado +6 es soluble en agua y liberado al ambiente.

Radio-226. La característica fundamental de este elemento es su radiactividad, la cual es aproximadamente 106 veces la de Uranio, por eso su importancia desde el punto de vista ambiental.

1 gramo de Radio-226 genera una actividad de 1 Curie (definición de Curie).

1 gramo de Uranio natural genera una actividad de $0,706 \times 10^{-6}$ Curie.

El comportamiento geoquímico del Radio-226 es diferente al Uranio, por ende su migración en las aguas naturales está condicionada a otras características físicas y químicas.

El Radio-226 se genera natural y espontáneamente a partir de la cadena de desintegración del Uranio 238, esta es:

Isótopo	Período de semidesintegración	Radiación
Uranio 238 (${}_{92}^{238}\text{U}$)	$4,5 \times 10^9$ años	alfa
Torio 234 (${}_{90}^{234}\text{Th}$)	24,1 días	beta y gamma
Protactinio 234 (${}_{91}^{234}\text{Pa}$)	1,18 minutos	beta y gamma
Uranio 234 (${}_{92}^{234}\text{U}$)	$2,5 \times 10^5$ años	alfa y gamma
Torio 230 (${}_{90}^{230}\text{Th}$)	$8,0 \times 10^4$ años	alfa
Radio 226 (${}_{88}^{226}\text{Ra}$)	1622 años	alfa y gamma
Radón 222 (${}_{86}^{222}\text{Rn}$)	3,82 años	alfa
Polonio 218 (${}_{84}^{218}\text{Po}$)	3,05 minutos	alfa
Plomo 214 (${}_{82}^{214}\text{Pb}$)	26,8 minutos	beta y gamma
Bismuto 214 (${}_{83}^{214}\text{Bi}$)	19,7 minutos	beta y gamma
Polonio 214 (${}_{84}^{214}\text{Po}$)	160×10^{-6} segundos	alfa
Plomo 210 (${}_{82}^{210}\text{Pb}$)	19,7 años	beta y gamma
Bismuto 210 (${}_{83}^{210}\text{Bi}$)	5 días	beta
Polonio 210 (${}_{84}^{210}\text{Po}$)	138,4 días	alfa
Plomo 206 (${}_{82}^{206}\text{Pb}$)		estable

Consecuentemente el Radio-226 que medimos actualmente, en algún tiempo fue Uranio 238.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la determinación de Uranio natural se emplea la técnica de fluorescencia láser, mediante el equipo Scintrex UA.3, de rapidez y confiabilidad de los resultados analíticos, además de un límite de detección extremadamente bajo. En muestras sólidas (aluviones, rocas, cenizas, etc.) mide desde $0,3 \mu\text{g U/g}$, en muestras líquidas mide desde $0,1 \mu\text{g U/l}$.

Para la determinación de Radio-226 se utiliza el método de Rashing modificado, que básicamente consiste en coprecipitar al Radio juntamente con el sulfato de bario. Al precipitado obtenido se lo separa, disuelve y se deja reposar un lapso determinado para la generación de Radón 222, este gas es receptado en cámaras y al decaer radiactivamente se mide esa radiación en un espectrómetro Camberra.

Los límites de detección son, en muestras sólidas $0,1 \text{ pCi Ra-226/g}$; en muestras líquidas $0,1 \text{ pCi Ra-226/l}$.

Un Curie es la actividad radiactiva producida por un gramo de radio, igual a $3,7 \times 10^{10}$

desintegraciones por segundo, y 1 Curie equivale a 1012 picocurie (pCi). Para expresar la actividad del Ra-226 en concentración, se deberá tener en cuenta

1 pCi de Radio-226= 10^{-12} gramos de Radio-226.

Otra unidad para expresar radiactividad es el Becquerelio (Bq), donde 1 Bq equivale a 1 desintegración por segundo.

La equivalencia entre ambas unidades es:

1 pCi = 0,037 Bq

1 Bq = 27 pCi

Las concentraciones máximas permisibles en aguas de consumo humano (D.A.C.: límite derivado de concentración anual), dadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica y por el Ente Regulador Nuclear de la República Argentina son para el Uranio natural de 1500 $\mu\text{g U/l}$: 39 Bq/l, y para el Ra-226 de 9 pCi/l: 0,33 Bq/l.

Estos límites de concentración son derivados de los factores dosimétricos y consideraciones de la Norma Básica de Seguridad Radiológica (AR 10.1.1, revisión O/1995) de la Autoridad Regulatoria Argentina. Además de los Factores de Incorporación del ICRP 30 (Documento del Organismo Internacional de Energía Atómica), que considera un consumo humano de 900 litros de agua por año.

RESULTADOS

Valores de Uranio natural y Radio-226 medidos en aguas de Mendoza

Los valores que se detallan son resultados promedios de diferentes tamaños de muestras de aguas.

Punto de muestreo	Uranio natural ($\mu\text{g/l}$)	Radio-226 (pCi/l)
1-Cuenca Río Mendoza:		
Río Cuevas	0,8	<0,1
Río de las Vacas	2,5	<0,1
Río Mendoza (naciente)	1,5	<0,1
Arroyo Uspallata	2,1	<0,1
Río Mendoza (Estación Guido)	1,9	0,10
Río Mendoza (Potrerillos)	2,0	<0,1
Río Mendoza (Pte. Barrancas)	6,8	<0,1
Río Blanco	1,7	<0,1
Río Mendoza (Dique Cipolletti)	2,0	<0,1
Río Mendoza (Pte. Palmira)	10,0	<0,1
Aporte Batería explot. petrol. (antes Pte. Barrancas)	5,4	4,40
2-Cuenca Río Tunuyán:		
Río Tunuyán (antes de A° Los Lumes)	2,0	0,22
Arroyo Los Lumes	0,8	<0,1
Río Tunuyán (Dique Valle de Uco)	1,5	<0,1
Río Tunuyán (Frigorífico Militar)	1,5	<0,1
Río Tunuyán (Arroyo La Estacada)	2,7	0,30
Río Tunuyán (Dique Carrizal)	2,5	0,32
Río Tunuyán (aguas abajo Pte. Carrizal)	4,5	<0,1
Río Tunuyán (Dique Benegas)	6,7	0,10
Río Tunuyán (Rivadavia)	6,7	0,10
Río Tunuyán (Dique Philips)	7,5	<0,1
3-Cuenca Río Diamante:		
Arroyo La Faja	0,5	0,14
Arroyo Hondo	0,4	0,20
Arroyo Carrizalito	1,6	0,16
Arroyo La Jaula	0,6	0,18

Punto de muestreo	Uranio natural ($\mu\text{g/l}$)	Radio-226 (pCi/l)
Vertiente Las Aucas	1,6	0,18
Arroyo El Salto	0,7	0,12
Río Diamante (Dique Agua del Toro)	0,6	0,10
Río Diamante (Dique Los Reyunos)	0,8	0,09
Río Diamante (Agua Potable San Rafael)	1,8	0,15
Río Diamante (Puente Ballofet)	1,3	0,15
Río Diamante (Cañada Seca)	1,5	0,17
Río Diamante (La Llave)	3,4	0,20
Río Diamante (Puente Monte Comán)	3,5	0,19
4-Río Atuel:		
Río Atuel (El Sosneado)	0,4	0,09
Río Atuel (Valle Grande)	0,5	0,11
Río Atuel (Balneario Doña Nena)	0,4	0,13
Río Atuel (Puente Viejo Las Malvinas)	0,8	0,12
Río Atuel (Dique El Indio)	0,9	0,18
Río Atuel (Agua potable Gral Alvear)	1,3	0,12
5-Río Salado:		
Río Salado (Puente Ruta 40)	0,7	0,12
6-Río Malargüe:		
Río Malargüe (Puente Ruta 40)	0,7	0,11
Río Malargüe (agua potable Malargüe)	0,7	0,11
Laguna Llanquanelo (costa norte)	1,3	0,40
7-Río Grande:		
Río Grande (Puente Ruta 40)	0,7	0,08
8-Aguas Termales:		
Cajón del Azufre	0,5	0,38
Campanario	34,6	4,32
Los Molles	33,5	10,40
Cacheuta	1,8	0,06
Baños de Cobre	11,2	9,64
El Sosneado	1,0	1,20
Puente del Inca	3,3	2,70
Arroyo Peteroa Norte	1,0	2,80
9-Aguas Minerales:		
Zona de Villavicencio	0,6	0,14
Zona del Dpto. de San Rafael	1,0	0,10
Zona del Dpto. de San Rafael	3,1	0,20
Zona del Dpto. de San Carlos	2,5	0,14
Zona del Dpto. Tunuyán	2,5	0,10
Zona El Manzano Dpto. Tunuyán	2,2	<0,1
Zona El Salto (Dpto. Luján de Cuyo)	6,9	0,42
Zona Bardas Blancas (Dpto. Malargüe)	1,1	0,12
10-Aguas Subterráneas:		
Dpto. San Carlos	1,9	0,28
Dpto. Maipú (Club de caza y pesca)	2,9	<0,1
Dpto. Maipú (Bodega Martelén)	2,0	<0,10
Dpto. Rivadavia (Los Campamentos)	19,2	1,60
Dpto. Rivadavia (Alto Libertad)	12,1	<0,1
Dpto. Rivadavia (agua potable)	1,8	<0,1
Dpto. Junín (Phillips)	15,9	0,16
Dpto. Junín (agua potable)	2,1	<0,1
Dpto. San Martín (agua potable)	2,9	<0,1
Dpto. San Martín (Palmira, agua potable)	2,4	<0,1
Dpto. San Rafael:		
Villa 25 de Mayo (surgente)	7,8	0,18
Villa 25 de Mayo (Empresa Río Minas)	3,0	0,16

Punto de muestreo	Uranio natural ($\mu\text{g/l}$)	Radio-226 (pCi/l)
Capitán Montoya (pozo)	1,9	0,11
Cuadro Benegas (pozo)	2,1	0,15
Isla Río Diamante -ACA (pozo)	1,8	0,24
Cuadro Nacional (pozo)	2,0	0,10
Cañada Seca (pozo)	1,4	0,13
Monte Comán (pozo)	1,3	0,13
Goudge (pozo)	1,2	0,14
La Llave (pozo)	1,3	0,12
Salto Colorado (vertiente)	12,9	0,24
La Vigorosa (vertiente)	11,6	11,30
Cerro Bola (vertiente)	38,7	0,48

RÍO DIAMANTE, INCIDENCIA DEL ARROYO EL TIGRE

Considerando que el río Diamante recibe las aguas de un tributario (arroyo el Tigre), que pasa bisectando las explotaciones uraníferas que la Comisión Nacional de Energía Atómica posee en el Departamento de San Rafael- Mendoza; se incluye parte de la base de datos de los controles sistemáticos realizados en la zona (Figuras 1 y 2). Las Figuras 1 y 2 muestran los valores medios anuales (mediciones mensuales) de Uranio natural y Radio-226 del río Diamante, antes (Muestra N° 89) y después (muestra N° 95) de la desembocadura del arroyo El Tigre.

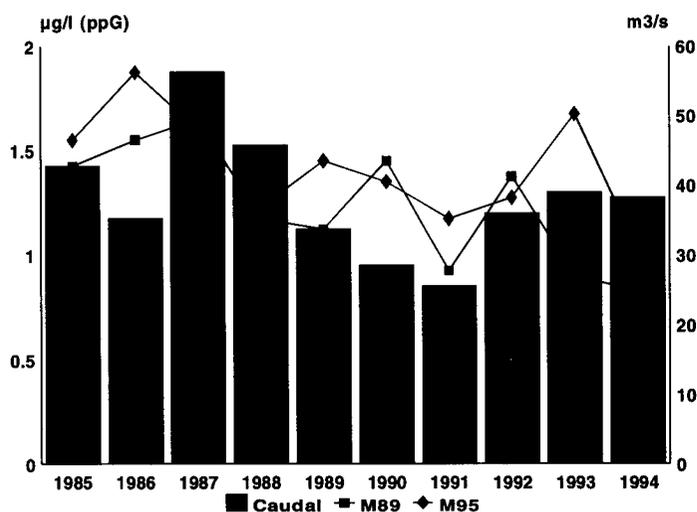


Figura 1. Tenores promedio de Uranio natural en aguas del Río Diamante (1985-1994)

El análisis de las figuras 1 y 2 permite deducir lo siguiente:
 Uranio natural: no se observan valores anómalos, estando por debajo de los medidos en el río Mendoza (Dique Cipolletti).
 Radio-226: valores normales, dentro de lo previsto.

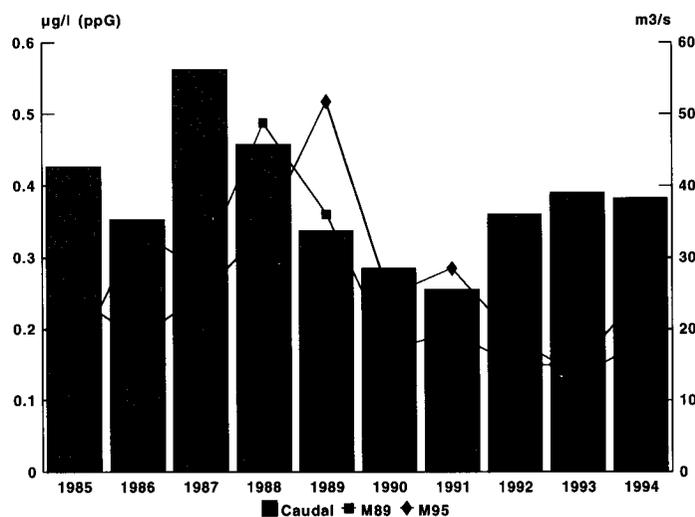


Figura 2. Tenores promedio de Radio 226 en aguas del Río Diamante

CONCLUSIONES

AGUAS DE RÍOS

En general los contenidos de Uranio natural y Radio-226 están dentro de los niveles naturales que tienen las aguas de los ríos y mares del planeta ($3 \mu\text{g/l}$ de Uranio Natural). Sin embargo existen algunos puntos sobre los ríos Mendoza y Tunuyán, donde se incrementan con respecto a los valores promedios de dichos ríos.

Es obvio que ello obedece a aportes de las múltiples actividades que se realizan en esas zonas, entre ellas el posible aporte de las aguas de formación de las explotaciones petrolíferas, las cuales presentan además de una alta salinidad, contenidos elevados de Uranio natural y radio-226.

AGUAS TERMALES

Estas que son producidas por las manifestaciones finales del magma, tienen un mayor poder de disolución de minerales entre los cuales están los Uranio-radíferos. Consecuentemente sus contenidos en ambos radioelementos son normalmente mayores que otras aguas, por lo que se deberá evitar su ingestión por los contenidos de Radio-226, que superan los límites permisibles precedentemente citados.

AGUAS MINERALES

Sus contenidos presentan variaciones que están dentro de los valores naturales de la zona y muy por debajo de los valores permisibles. Llama la atención la concentración en Uranio y Radio-226 en la zona del Salto (Luján de Cuyo), la cual podría ser consecuencia del gran número de manifestaciones uraníferas existentes en la zona, que al ser atravesadas en profundidad, lixivian ambos elementos. No obstante sus contenidos están por debajo de los valores permisibles.

AGUAS SUBTERRÁNEAS (POZOS)

En general los valores son normales. Existen pozos con incremento en las concentraciones de ambos elementos. Se observa que coincide con un contenido salino elevado, derivado de la salinización de las aguas por contaminación de acuíferos. Los contenidos

de Uranio natural y Radio-226 podrían deberse a la contaminación de las aguas de formación petrolíferas o a la puesta en contacto con manifestaciones naturales uraníferas.

VERTIENTES

Las tres vertientes muestreadas dan valores elevados de los elementos Uranio y Radio-226, debido a las manifestaciones geológicas uraníferas existentes en la zona.

BIBLIOGRAFÍA

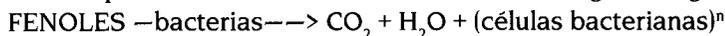
- DONATI, B., 1983. Manual de monitoraje del Complejo Minero Fabril San Rafael. CNEA.
- DONATI, B., G. Tomellini, 1983. Trabajo de investigación sobre la migración de Uranio natural y Radio-226. Contrato CNEA- OIEA N° 3123/RB.
- FRY R. M., 1994. Radiation Hazards in Uranium Mining and Milling Australian Atomic Energy Commission.
- GAMBA, M., 1988. Geoquímica del Uranio. CNEA.
- O.I.E.A, 1995. Safety Series 85.
- O.I.E.A, 1995. International Commission on Radiological Protection.
- TOMELLINI, G., O. Luconi, F. Parera y R. Carrión, 1988. Determinaciones de Uranio por Fluorescencia láser. CNEA.
- TOMELLINI, G., F. Parera, R. Carrión, 1992. Muestreo geoquímico e hidroquímico del Río Mendoza. CNEA.
- TOMELLINI, G., F. Parera y R. Carrión, 1993. Muestreo geoquímico e hidroquímico del Río Tunuyán. CNEA.
- TOMELLINI, G., F. Parera y R. Carrión, 1995. Muestreo hidrogeoquímico de aguas potables y subterráneas del este de Mendoza.

Degradación biológica de fenoles en efluentes industriales y en aguas estrieadas de refinerías de petróleo

VICENTE A. DENITA
Beltrán Sur 130 G. Cruz, Mendoza

RESUMEN

Diversas industrias, principalmente refinerías de petróleo y plantas petroquímicas, y como consecuencia de sus procesos de elaboración, producen Fenoles. Parte de estos van a dar a los efluentes, los que finalmente pueden ser volcados en cursos de aguas superficiales, contaminándolos. La concentración de fenoles en estas aguas de desecho es relativamente baja, del orden de 50 ppm, lo que constituye un problema para su tratamiento y eliminación. Hasta principios del año 1994 este proceso era de naturaleza química, con lo cual se oxidaban a productos considerados inocuos. A partir de abril de 1994, se pone en práctica un nuevo método de degradación biológica de fenoles en efluentes industriales, volcando en ellos gérmenes (bacterias) que poseen la capacidad de metabolizar los fenoles para usarlos como fuente de carbono, según la siguiente reacción:

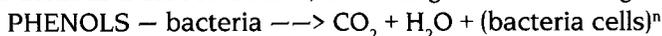


Los fenoles se transforman en tres productos finales inocuos: anhídrido carbónico, agua y células bacterianas. Estas últimas no son patógenas para el hombre ni poseen capacidad alguna para alterar el medio ambiente. Este método se está aplicando actualmente en Refinería Luján de Cuyo con resultados satisfactorios.

ABSTRACT

Biological degradation of phenols in industrial effluents and in stripped waters from oil refineries

Diverse industries produce phenols, mainly the oil refineries and petrochemical establishments as a consequence of their elaboration processes. A part of these go into the effluents, and they end on surface waters, polluting them. The phenol concentration in these waste waters is relatively low, in the order of 50 ppm, which constitutes a problem for their treatment and elimination. Until the beginning of 1994 this treatment was of chemical nature, causing the oxidation of products considered as innocuous. Starting from April 1994, a new method is used, based on the phenol biological degradation in industrial effluents, throwing germs (bacteria) that have the capacity of metabolizing the phenols to use them as a carbon source, according to the following reaction:



The phenols are transformed into three innocuous final products, as carbon dioxide, water and bacteria cells. These last ones are not pathogen for man neither do they have the capacity to alter the environment. This method is presently being applied in the Luján de Cuyo Refinery with satisfactory results.

INTRODUCCIÓN

En una refinería de petróleo se llevan a cabo procesos de craqueo catalítico y de reformado catalítico, donde mayormente se producen los fenoles. Parte de estos fenoles quedan incorporados a los productos obtenidos (combustibles), y la otra pasa a la fase acuosa del agua de proceso y finalmente a los efluentes. Un caudal importante del agua de proceso, aparte de fenoles, lleva una concentración elevada de sulfuros y de amoníaco, los que son despojados en una columna de destilación, proceso denominado estripeado. El agua obtenida por el fondo de la columna de destilación, justamente denominada agua estripeada, contiene concentraciones variables de fenoles, que van desde alrededor de 180 ppm, a un máximo de 900 ppm. El agua estripeada con una temperatura de 85 a 90°C, es volcada en una gran pileta a cielo abierto de 10.000 m³ de capacidad, con un caudal variable entre 20 - 50 m³/h. Existe otra corriente de agua estripeada, proveniente de un segundo estripeador, que es conducida y volcada a una segunda pileta, también a cielo abierto y de un volumen de 5000 m³ aproximadamente. En ambas piletas se realiza el tratamiento intensivo y continuo de degradación y metabolización de los fenoles, a través de gérmenes que se siembran desde un reactor biológico. El caudal total de agua estripeada que se vuelca y se trata en las dos piletas mencionadas, es de aproximadamente 50 a 100 m³.

Existen antecedentes locales (YPF, informe interno) de experiencias llevadas a cabo en la década del 60 con la finalidad de reducción en la concentración de fenoles, en las cuales se aislaron tres bacterias y dos hongos, aunque se reportó baja capacidad de degradación por los mismos.

Diversas citas bibliográficas mencionan la versatilidad metabólica del género *Pseudomonas*, capaces de degradar muy diversos compuestos de naturaleza aromática.

MATERIAL Y MÉTODO

Se desarrolla un método de valoración cuantitativa de fenoles en aguas residuales, mediante la utilización del Naftalén-1,5 disulfonato de la sal de diazonio del 5-nitro-2-aminoanisol. La reacción de color se mostró confiable en cuanto se refiere a especificidad, sensibilidad, reproducibilidad y rapidez de ejecución. Pudiéndose valorar soluciones de fenol con concentraciones muy elevadas, de alrededor de 200 a 900 ppm, efectuando las diluciones convenientes. Se utilizaron 50 microlitros de muestra. Para muestras con concentraciones muy bajas de fenol, de alrededor de 0,5 a 1 ppm, se emplea 1 mililitro de muestra. Este método se puso en práctica en laboratorio por su rapidez de ejecución y en reemplazo del método tradicional por destilación. Cabe señalar, que cuando es necesario hacer una valoración de fenoles en un agua de desecho que contiene sulfuros, deberá recurrirse al método con destilación de la muestra.

Por otra parte, fue necesario desarrollar nuevos medios de cultivo selectivos para los gérmenes que se estaban procurando aislar. Se obtuvieron los medios denominados Agar Fenol, Caldo Fenol de simple concentración y Caldo Fenol de doble concentración, los que resultaron fundamentales para aislar ocho microorganismos con capacidad de metabolizar los fenoles: siete bacterias, entre las que se tienen Bacilos Gram (+), Bacilos Gram (-), Cocos y Diplococos Gram (+); y un hongo levaduriforme.

Estos microorganismos, comunes en el agua, son de ocurrencia natural y no patógenos para el hombre.

Esto significa que a la pileta, estando en operación, ingresa continuamente agua estripeada con una concentración de entre 180 y 900 ppm de fenoles, y simultáneamente, por el drenaje se elimina agua con menos de 1 ppm y con una elevada concentración de gérmenes, que se conduce a la laguna de oxidación. Para que el sistema biológico funcione correctamente, se debe contar con un reactor biológico de entre 3 y 5 metros cúbicos de capacidad, en donde se cultivan los gérmenes, partiendo de un inóculo de máxima pureza. Una vez que el caldo de cultivo se encuentra listo para ser usado, se vuelca a las

aguas contenidas en la gran pileta rectora a cielo abierto, de 10.000 m³. En esta pileta se deben reunir ciertas condiciones para que finalmente se produzca la degradación de los fenoles:

a) contenido de sales del agua de la pileta: se deben agregar sales en cantidades adecuadas para permitir que las vías metabólicas de los gérmenes estén expeditas.

b) aireación: el agua contenida en la pileta debe ser oxigenada (los microorganismos seleccionados son aeróbicos). Esto se consigue mediante el funcionamiento continuo de dos aireadores industriales en cada pileta. Existe una relación directa entre la capacidad de degradación de los fenoles y el oxígeno disuelto en el agua. Así pueden comprobarse Índices de Degradación de 0,35 ppm/h (estando la pileta contaminada con productos pesados, que crean un ambiente de anaerobiosis); pasando por Índices de Degradación de alrededor de 2 o 3 ppm/h en la pileta rectora, cuando ésta contiene agua sin contaminar con hidrocarburos pesados; o bien, Índices de Degradación de 15 ppm/h, en el reactor biológico, en donde la aireación del caldo de cultivo es máxima, llegándose allí a valores de saturación de oxígeno disuelto en agua. El Índice de Degradación, se obtiene según la siguiente fórmula:

$$I.D. = \frac{\text{Conc. inicial fenoles (ppm)} - \text{Conc. final fenoles}}{\text{Tiempo (horas)}}$$

Es decir que el Índice de Degradación, es la disminución de la concentración de fenoles, expresado en ppm, por unidad de tiempo.

c) temperatura: es deseable que la temperatura del agua contenida en la pileta rectora, se encuentre en valores cercanos a los 30°C. El agua estripeada ingresa a la trampa de hidrocarburos con 85° a 90°C., y los aireadores en funcionamiento logran enfriarla. Sin embargo, en los meses de verano, es común que la temperatura del agua en la pileta rectora esté casi siempre por encima de los 30°C. Por el contrario, durante el invierno, la temperatura del agua generalmente se encuentra alrededor de los 22° C. En este último caso, el sistema continúa funcionando, sólo que lo hace con índices de degradación menores, pero lo suficientemente elevados para que el sistema continúe operando.

d) retención de productos pesados: el agua estripeada suele traer hidrocarburos pesados, que en caso de no ser retenidos antes de ingresar a la pileta, flotan sobre el agua debido a su menor densidad creando un ambiente de anaerobiosis relativa, que frena el proceso de degradación de los fenoles por parte de los microorganismos. Por ello, es necesario que el agua estripeada sea volcada previamente a una pileta partidora o trampa de hidrocarburos. Aquí la mezcla agua-hidrocarburos se separa, flotando en la superficie estos últimos, de tal modo que por la base de un tabique divisorio entre las dos piletas, pasa a la parte rectora sólo agua conteniendo fenoles.

e) tiempo de residencia: es el tiempo que tarda en llenarse la pileta con el caudal de agua que ingresa permanentemente. Lo deseable es que el tiempo de permanencia sea de aproximadamente de 7 días. Si se baja este tiempo a la mitad, por ejemplo, la pileta rectora se lava. Ello significa que la dinámica del sistema está tan aumentada, que la pérdida de gérmenes fenólicos es mucho mayor que la capacidad de regeneración de los mismos, por lo que el balance final resulta en una disminución importante en la concentración de microorganismos, con lo que se observa una disminución en el Índice de Degradación. Esto se traduce en un aumento en la concentración de fenoles del agua de drenaje, por encima de 1 ppm.

f) pH del agua: el pH del agua estripeada generalmente está en valores cercanos a 7,0, lo cual es deseable que así sea. Excepcionalmente suele llegar agua estripeada con valores de pH bastante diferentes de la neutralidad (ya sea acidez o alcalinidad). Cuando esto ocurre el pH del agua de la pileta rectora se desvía también de su valor habitual, que es de 7,40. El funcionamiento de la pileta es óptimo cuando el pH del agua está comprendido entre 6,0 y 8,0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados hasta ahora obtenidos por la aplicación de este sistema biológico de degradación de fenoles a los efluentes industriales de la Refinería de Luján de Cuyo son óptimos.

En la mayoría de las industrias que contaminan sus efluentes con fenoles se continúa usando el método químico de oxidación, obteniéndose resultados poco satisfactorios, especialmente en aquellos períodos de tiempo en que como consecuencia de problemas operativos en la planta industrial, aumenta la concentración de fenoles en los efluentes a valores mayores de lo habitual. Así, con el método químico de oxidación de fenoles se hace difícil lograr un control efectivo de los mismos, control tendiente a que salga al río agua con concentraciones dentro de los valores tolerados por los organismos de fiscalización. Aquí es donde resulta destacable el método biológico, ya que éste posee la capacidad de absorber cualquier pico que se produzca en la concentración de fenoles en las lagunas de oxidación, y asegura que siempre se retornen los caudales al río con concentraciones dentro de las especificaciones.

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa y colega Mónica Juárez por sus invalorable ideas. Al Dr. Guillermo Arroyo por su colaboración en la puesta en marcha del sistema a nivel industrial. A todos aquellos profesionales o técnicos, que de cierto modo colaboraron con el trabajo en Refinerías Luján de Cuyo.

BIBLIOGRAFÍA

- DAGET, G.L., 1977. Técnicas en bacteriología I.
- CANTAROW, A. Y B. SCHEPARTZ, 1969. Bioquímica. 4ª ed.
- CONDON, F.E., Y H. MEISLIC, 1966. Introducción a la Química Orgánica.
- IOVINE, E. Y A.A. SELVA, 1975. El Laboratorio en la Clínica.
- KOLTHOF, I.M. Y E.B. SANDELL, 1965. Tratado de Química Analítica Cuantitativa.
- LENNETTE E.H., E.H. SPAULDING Y J.P. TRUANT, 1981. Manual de Microbiología Clínica. 2ª ed.
- SMITH, D.T., N.F. CONANT, J.R. OVERMAN, J.W. BEARD, H. WILLET, J.E. LARSH, D.B. AMOS, C.M. ZMIJEWSKI, E. GLASSMAN, S. OSTERHOURT Y D.G. SHARP, 1967. Microbiología de Zinsser. 13ª ed.
- STANIER R.Y., M. DOUDOROFF Y E.A. ADELBERG, 1965. El Mundo de los Microbios. 2ª ed.

Red de vigilancia epidemiológica del ambiente hídrico de la provincia de Mendoza en relación con el cólera

JORGE N. FUENTES BERAZATEGUI Y M. I. MECA

Departamento de Control de Calidad; Obras Sanitarias Mendoza, Belgrano 920, 5500 Mendoza

RESUMEN

Después de 100 años de ausencia se informó oficialmente, en 1991, la reaparición del cólera en América del Sur. De los serogrupos conocidos de *Vibrio cholerae*, sólo el serogrupo 01 puede ocasionar el cólera. Desde 1991 Mendoza implementó un programa de vigilancia de *Vibrio cholerae* 01 en los cursos superficiales de agua, utilizados como fuente de provisión de establecimientos potabilizadores; en los canales de riego, líquidos cloacales crudos y en los afluentes y efluentes de los establecimientos de depuración. En Mendoza el primer caso ocurrió en 1993, seguidamente se detectaron 11 más. Se aisló como agente causal al *Vibrio cholerae* 01 Ogawa, de reservorios domiciliarios de agua, en aguas estancadas y en efluentes cloacales. A pesar de que durante el período estudiado se practicó el riego de hortalizas con líquidos contaminados, no se pudo demostrar infecciones por esta vía.

ABSTRACT

Net for epidemiologic vigilance of the hydric environment of the province of Mendoza in relation with cholera.

After being absent for 100 years, the cholera made its reappearance in 1991 in South America. Of the serogroups known of *Vibrio cholerae*, only the serogroup 01 can cause the sickness. Since 1991 Mendoza implemented a program for the vigilance of the *Vibrio cholerae* 01 on the surface water courses, used as providing source for the establishments that make water drinkable; in the irrigation channels, in sewage and in the affluents and effluents of depuration establishments. The first case of cholera in Mendoza happened in 1993, and 11 more cases were detected. The isolated agent was the *Vibrio cholerae* 01 Ogawa, from family water reservoirs, stagnant waters and sewage effluents. Even though during the studied period the watering of vegetables was done using contaminated liquids, no infections were demonstrated this way.

INTRODUCCIÓN

El 7 de febrero de 1991, y después de 100 años de ausencia, se informó oficialmente de la reaparición del cólera en América del Sur. En el puerto peruano de Chimbote se había producido un brote que llegó a registrar hasta 20.000 casos por semana. Aunque la epidemia llegó a la Argentina recién en 1992, en marzo de 1991 el Gobierno de la Provincia de Mendoza creó la Comisión Provincial para la Prevención y Control del Cólera de la que

forma parte, entre otros organismos, la empresa Obras Sanitarias Mendoza. Esta comisión estableció que los laboratorios de Bacteriología de los hospitales José N. Lencinas y Humberto Notti serían los laboratorios de referencia para casos en humanos, y el de Microbiología de Obras Sanitarias Mendoza para el diagnóstico de *Vibrio cholerae*, agente etiológico de la enfermedad en muestras de agua y del medio ambiente.

De los serogrupos conocidos de *Vibrio cholerae* sólo el serogrupo 01 puede ocasionar el cólera. Existen 2 biotipos de *Vibrio cholerae* 01: clásico y Eltor. Cada biotipo a su vez tiene 3 serotipos: Ogawa, Inaba e Hikojima.

El biotipo clásico no ha sido aislado del agua ni de las plantas o animales acuáticos en ausencia de infección humana. El biotipo Eltor, responsable de la pandemia actual, puede por el contrario, sobrevivir en el ambiente, en el agua, y en los líquidos cloacales que a veces se utilizan para regar, y también asociado a plantas y animales acuáticos, aún sin que se registren casos de cólera.

La provincia de Mendoza, con una población, superior a un millón de habitantes, las actividades productivas se concentran en 3 grandes oasis, que dependen fundamentalmente de una extensa red de canales de riego y drenaje. Varios de esos canales se utilizan como receptores directos o indirectos de efluentes de algunas industrias y de líquidos cloacales crudos o parcialmente tratados.

Las principales actividades agrícolas (ajo, cebolla, tomate, papa, vid, manzanas, ciruelos, olivos, etc.) se realizan entre los meses de octubre y abril. En esta tarea participan mayoritariamente trabajadores temporarios que proceden del norte argentino y de Bolivia, zonas donde los casos de cólera se vienen produciendo desde principios de 1992. Estas personas se trasladan con sus familias, durante ese período, de finca en finca. Por el carácter de temporarios, generalmente y contra las disposiciones legales vigentes, los propietarios no les ofrecen ni vivienda ni las condiciones sanitarias adecuadas. Gran parte del esfuerzo oficial ha sido destinado a prevenir y controlar el cólera entre esta población, que aunque transitoria es de importancia en la economía regional.

En las zonas rurales, la población puede ser dispersa (de 1 a 3 viviendas) o bien estar agrupada en pequeños poblados de 100 a 200 habitantes. En algunos casos el agua de consumo tiene origen en perforaciones de escasa profundidad o en el uso del agua del sistema de canales de riego y drenaje (20 % de la población rural) a través de un tratamiento que sólo incluye una rudimentaria sedimentación. Aunque circunstancialmente se utilizan perforaciones que suministran agua de calidad confiable, en 1991 un 80 % de la población rural no tenía acceso a un sistema centralizado de distribución de agua potable y carecía del servicio de recolección y tratamiento de líquidos cloacales.

Los trabajadores rurales temporarios se asientan comúnmente a la vera de los canales de riego y tanto éstos, como algunos pobladores rurales, vuelcan sus aguas servidas al sistema de canales, hace que el mismo se convierta en un potencial vector de dispersión de cólera.

Por estas razones, desde mayo de 1991, la Comisión Provincial de Prevención y Control del Cólera, implementó un programa de vigilancia de *Vibrio cholerae* 01 en:

- a) los cursos superficiales de agua utilizados como fuente de provisión de establecimientos potabilizadores;
- b) los canales de riego, especialmente del oasis norte donde está asentado el 65 % de la población provincial;
- c) en los líquidos cloacales crudos y en los afluentes y efluentes de los establecimientos de depuración. Posteriormente, en vista de los hallazgos de *Vibrio cholerae* no 01 se decidió evaluar la importancia de estos canales en la transmisión de *Vibrio cholerae* no 01 y de otros miembros de la familia *Vibrionaceae*.

OBJETIVOS

Los objetivos de este trabajo son:

- a) Evaluar el rol del sistema de canales de riego y drenaje en la transmisión de *Vibrio*

cholerae 01 y también de *Vibrio cholerae* no 01, a quien el Ministerio de Salud de la provincia ha atribuido la misma importancia epidemiológica. Esto tiene fundamento en el hecho de que ya se haya registrado en la India y en Bangladesh la aparición de casos de diarrea e infecciones extraintestinales debido a un nuevo serotipo no 01 de *Vibrio cholerae* que no aglutina con ninguno de los 138 antisueros desarrollados para *Vibrio cholerae* no 01: es el *Vibrio cholerae* no 01 serogrupo 0139. Esta nueva cepa ha desplazado al *Vibrio cholerae* no 01 Eltor, causante de esta séptima pandemia, en lugares como Calcuta, India. Es justificable entonces la necesidad del monitoreo de los cursos de agua ante la creciente incidencia de *Vibrio cholerae* no 01 en el ambiente hídrico de la provincia y con casos en humanos desde 1993.

b) Dar bases ciertas a las campañas de prevención y control del cólera a nivel provincial y municipal o privado.

c) Proporcionar apoyo técnico a las autoridades sanitarias en las tareas de control de foco cuando se producen casos de cólera.

MATERIAL Y MÉTODO

SITIOS DE MUESTREO

El programa de vigilancia se implementó en toda la provincia, aunque con mayor énfasis en el oasis norte. Los sitios de muestreo en los canales de riego y drenaje se seleccionaron en base a la influencia de la descarga de líquidos cloacales y su recolección se hizo con la colaboración de la Dirección de Epidemiología, la Dirección de Saneamiento y Control Ambiental y el Departamento General de Irrigación de la Provincia de Mendoza.

Fuentes superficiales de provisión de establecimientos potabilizadores

- Alto Godoy (Ciudad de Mendoza): Canal Civit

- San Carlos: Canal La Remonta

- San Rafael: Dique Galileo Vitale, Canal Balloffet

- General Alvear: Río Atuel

- Luján I y Luján II: Río Mendoza

- Potrerillos: Río Blanco y Arroyo Las Vegas

Establecimientos de Depuración y cloacas

(entrada y salida, y si se descargan a un río, antes y después)

- Campo Espejo (Gran Mendoza)

- El Paramillo (Gran Mendoza)

- Tunuyán

- Cuadro Nacional (San Rafael)

- General Alvear

- General San Martín, San Pedro y 5º Barrio Centro Empleados de Comercio (Ciudad de General San Martín)

- Cloaca Máxima de Rivadavia

- Junín

- Villa Tulumaya (Lavalle)

- Descarga cloacal. Hospital Sicoli (Lavalle)

- Efluente cloacal Uspallata

c) Canal de riego

Departamento de Luján de Cuyo

- Canal Cacique Guaymallén

- Canal Primer Vistalba

- Canal Compuertas

- Canal Corvalán

- Canal Flores

- Canal Colector Ugarteche

Departamento Guaymallén

- Canal Chachingo (Corralitos) *
- Canal Lagunita *
- Canal Pescara *

Departamento Godoy Cruz

- Canal Cacique Guaymallén *
- Canal Maure *

Departamento Las Heras

- Canal Cacique Guaymallén *
- Canal Moyano *
- Canal Jocolí (El Pastal) *

Departamento San Martín

- Canal Nueva California *

Departamento Lavalle

- Canal Capilla *
- Canal San Pedro *
- Canal La Bajada *
- Canal Natalio Estrella *
- Dique Gustavo André *
- Canal Gustavo André *
- Canal Tulumaya *
- Canal Jocolí *

Departamento Maipú

- Canal Chachingo *

Los canales señalados (*) tienen influencia directa o indirecta de descargas cloacales o industriales.

Los puntos de muestreo fueron 50.

OBTENCIÓN DE LAS MUESTRAS

Con respecto a la obtención de las muestras se presentan dos casos:

a) Muestras procedentes de los controles de foco

Estas muestras generalmente son de aguas claras y no tienen material coloidal en suspensión. No menos de 5 litros de líquido se filtran a través de una o más membranas de 0,45 mm que se incuban luego en el medio de enriquecimiento. A veces estas muestras son de aguas estancadas o canales de agua turbia lo que hace imposible su filtración; en estos casos el medio de enriquecimiento se prepara directamente con no menos de 5 litros de esa muestra.

b) Muestras de rutina

Para su obtención, un bolo de algodón de 5 a 7 cm de diámetro se envuelve en gasa, este hisopo se ata firmemente al extremo de un palo que se coloca en el curso del agua sumergiéndolo por un tiempo de 48 a 96 horas, según la naturaleza del líquido a examinar.

Para hacer llegar estas muestras al laboratorio, extraído el hisopo se lo coloca en un frasco estéril y se lo cubre a no menos de un 50 % de su volumen con solución de Venkatraman modificada estéril. *Vibrio cholerae*, tanto el 01 como el no 01 se recuperan perfectamente hasta después de 48 horas de esta solución que podría seguramente reemplazar con ventajas al medio de Cary-Blair empleado en la conservación y transporte de muestras clínicas.

Su composición es:

Solución de Venkatraman modificada (Medio de transporte y conservación de muestras de rutina).

BO₃H₃ (ácido bórico) 3 g, ClK. 3,7 g, Cl Na 10 g, agua. csp 1000 ml, pH 9,2

El cloruro de sodio, agregado a la fórmula original de pH = 8,65, ofrece excelente condiciones para inhibir a la flora microbiana acompañante. Después de las 48 o 72 horas de contacto (lo que en la práctica se traduce por 2 o 3 muestras por punto de extracción), los

hisopos se remiten para su tratamiento al Laboratorio de Microbiología del Departamento Control de Calidad de Obras Sanitarias Mendoza.

TRATAMIENTO ANALÍTICO DE LAS MUESTRAS

Enriquecimiento

Los hisopos se lixivian con el medio de enriquecimiento y 10 ml del líquido así obtenido se agregan a 10 ml de Medio de Enriquecimiento Doble Concentración.

En los casos en que la muestra se haya filtrado, la membrana que ha retenido los gérmenes presentes se coloca en un tubo con 20 ml de Medio de Enriquecimiento Simple Concentración.

Si la muestra es un líquido que no se ha podido filtrar, el medio de enriquecimiento se prepara utilizando el mismo líquido a examinar. En caso de muestras con alta carga bacteriana (ej.: control del líquido del baño químico de un ómnibus de larga distancia), 250 ml de la muestra se diluyen en 250 ml de Medio de Enriquecimiento Doble Concentración.

La temperatura de incubación es de 37°C y su duración habitualmente de 6 a 8 horas para las muestras de rutina y líquidos de alta carga bacteriana. En caso de líquidos de baja carga (ej.: agua potable contaminada por mala manipulación en el control de focos) es conveniente pasar al medio selectivo T.C.B.S. cada 4 horas a partir de las 6 primeras horas de incubación. Se ha observado que en estos casos no hay inhibición por otras bacterias y en general, el pasaje a T.C.B.S. puede hacerse o es conveniente hacerlo entre las 18 y las 24 horas.

La composición del medio de enriquecimiento es de: Extracto de carne 3 g, Peptona de carne 10 g, Cloruro de sodio 10 g, Tiosulfato de sodio 1 g, Agua .csp 1000 ml, pH: 9,2 (con NaOH)

Recuperación

Transcurridas las horas de enriquecimiento, se procede a hacer un estriado en el medio selectivo Agar T.C.B.S (Tiosulfato - Citrato -Sales Biliares-Sacarosa), Merck u Oxoid.

Del agar T.C.B.S, después de 24 hs. de incubación, se recuperan las colonias sospechosas en Agar Alcalino y simultáneamente se siembra por cada una de ellas un tubo de medio S.I.M. El Agar Alcalino tiene la misma composición que el medio de enriquecimiento pero está agarizado al 2 %.

Con el T.C.B.S., las colonias típicas de *Vibrio cholerae* son amarillas (porque fermentan la sacarosa), planas o ligeramente convexas y de 2 a 3 mm de diámetro. Esto puede ser válido para muestras de origen clínico pero no lo es tanto para muestras de origen ambiental. Con este tipo de muestras se observan otras colonias amarillas en el T.C.B.S. que no corresponden a *Vibrio cholerae* y además, lo del tamaño puede ser relativo. Colonias amarillas también dan *V. anginolyticus*, *V. cincinnatiensis*, *V. fluvialis*, *V. furnissii*, algunos biotipos de *V. vulnificus* y también *V. metschnikovii* (que es el único *Vibrio* de oxidasa negativa) y *V. parahaemolyticus* en el líquido del Establecimiento Depurador El Paramillo, germen frecuentemente hallado en el agua de mar, tal vez debido a la salinidad del líquido por infiltración de agua de la napa freática.

Como bacterias que dan colonias amarillas también se han aislado otras bacterias de las *Vibrionaceae*, *Aeromonas hydrophila* y *Plesiomonas shigelloides*, en las muestras ambientales.

Como colonias sospechosas pueden también recuperarse equívocamente *Pseudomonas* y *Enterococos*.

IDENTIFICACIÓN BIOQUÍMICA

Las principales características de los gérmenes sospechosos que eventualmente pueden aislarse del agua T.C.B.S. se muestran en la Tabla 1.

Desde el comienzo se trata de ir excluyendo gérmenes. Del estriado pico de flauta en Agar Alcalino se hace una coloración Gram, con lo cual se descartan los Gram positivos.

Del mismo tubo se procede a ensayar la Citocromo-oxidasa utilizando el reactivo Merck Dicloruro N-N-Dimetil-1,4- fenilendiamonio y la técnica de Kovacs. Con esto, se descartan los citocromo oxidasa negativos.

Con los resultados del tubo con medio S.I.M. se eligen los gérmenes SH₂ - Negativos, indol-positivos y motilidad positivos.

Con los aislamientos que simultáneamente son Gram-Negativos, citocromooxidasa-positivos y S.I.M. (N,P,P) se pasa a una batería de pruebas bioquímicas mínimas compuesta de:

- (O/F) glucosa, HUGH - LEIFSON (Merck).
- (O/F) Manitol, HUGH - LEIFSON (Merck).
- Agar citrato de SIMMONS (Merck).
- T.S.I. (Oxoid).
- Caldo MR-VP (Merck).
- Caldo úrea (preparado por el laboratorio).
- Agar fenil alanina (Difco).
- Un tubo testigo de base Moeller para aminoácidos (Merck).
- Un tubo base Moeller-lisina (Merck).
- Idem arginina (Merck).
- Idem ornitina (Merck).
- Agar lisina-hierro (Merck).

Los resultados de las lecturas de las pruebas se vuelcan en una planilla indicando con **P** los resultados positivos y con **N** los negativos (Tabla 1).

Tabla 1. Pruebas bioquímicas de identificación

Prueba bioquímica	<i>Vibrio cholerae</i>	<i>V. Cholerae</i> no 01	<i>V. para-haemolyticus</i>	<i>V. anguillarum</i>	<i>Aeromonas hydrophila</i>	<i>A. h. anaerogene</i>	<i>Plesiomonas shigelloide</i>	<i>Pseudo-monas</i>
Citocromo oxidasa	P	P	P	P	P	P	P	P
Producción de SH ₂ (SIM)	N	N	N	N	N	N	N	N/P
Indol (SIM a 37°)	P	P	P	P	P	P	P	N
Motilidad (SIM)	P	P	P	P	P	P	P	P
Rojo de metilo	PoN	PoN	N	PoN	P	P	P	P
Reacción de Voges-Proskauer	N	N	N	N	d	d	N	N
Metabolismo de carbohidratos (medio o/f)								
Glucosa, gas	P,N	P,N	P,N	P,N	P,N	P,N	P,N	P,N
Manitol, gas	P,N	P,N	P,N	P,N	d	d	d	N
Ureasa	N	N	N	N	N	N	N	NoP
Metabolismo de carbohidratos (medio TSI)								
Glucosa	P	P	P	P	P	P	P	N
Lactosa	N	N	N	N	N	N	N	PoN
Sacarosa	P	P	P	P	P	P	P	PoN
(con gas y SH ₂ negativos)								
Utilización del citrato	PoN	PoN	N	N	d	d	N	Pod
Fenil-alanina desaminasa	N	N	N	N	N	N	N	N
Escisión de aminoácidos (Técnica de Moeller).								
Lisina decarboxilasa	P	P	P	N	N	N	P	N
Arginina-dihidrolasa	N	N	N	P	P	P	P	PoN
Ornitina-decarboxilasa	P	P	P	N	N	P	P	N

P= positivo, N= negativo, d= dudoso

RESULTADOS

Al 30 de mayo de 1996 se ha examinado un total de 12.600 muestras.

Las Tablas 2 y 3 muestran sintéticamente el total de muestras estudiadas y de aisla-

mientos de *Vibrio cholerae* 01 y no 01, de otras *Vibrionáceas* (*Plesiomonas* y *Aeromonas*) y sus tasas de prevalencia (hallazgos x 100)/ total de muestras examinadas).

Están excluidas las muestras correspondientes a los controles de foco.

Los diagnósticos de identificación del Laboratorio de Microbiología de Obras Sanitarias Mendoza son confirmados por el laboratorio de Bacteriología del Hospital de Enfermedades Infecciosas José Néstor Lencinas y luego, de acuerdo a las normas vigentes, por el Centro Nacional de Referencia de Enterobacterias y *Vibrio* del Instituto Nacional de Microbiología Dr. Carlos Malbrán.

CONCLUSIONES

a) En el período de mayo de 1991 a marzo de 1992 no se aisló ninguna *Vibrionácea*. Tampoco se registraron casos en humanos.

b) El primer caso de Cólera (Tabla 4) se registró en la provincia de Mendoza a mediados de enero de 1993, en el Departamento de Guaymallén y correspondió a una niña de 1 año cuya madre presumiblemente murió de cólera. Luego un niño de 8 meses de edad en el Gran Mendoza fue el 2º caso. Después se registró un grupo de 3 casos y otro de 7 en el departamento de Maipú, en personas que carecían del servicio de agua potable. Idéntica situación correspondía a una niña de 12 años, residente en El Algarrobal, departamento de Las Heras. Sólo el caso N°15 correspondió a una joven de Godoy Cruz con servicio de agua potable.

En la evolución de este brote epidémico, en los controles de foco realizados por el Ministerio de Salud, se aisló *Vibrio cholerae* 01 variedad Ogawa en reservorios domiciliarios de agua, en líquidos estancados o no, de las zonas periféricas a los lugares afectados.

También se encontró *Vibrio cholerae* 01 Ogawa tanto en efluentes cloacales como en cursos de agua afectados por descargas de los mismos, además de otras especies de *Vibrio* como *Vibrio parahaemolyticus*, *Vibrio anguillarum*, *Vibrio metschnikovii*. No se aisló *Vibrio cholerae* no 01 en las muestras medio ambientales, aunque a partir de febrero de 1993 se registraron aislamiento en humanos (Tabla 4).

A partir de este período comienzan a aislarse *Vibrionáceas* de otros géneros: *Aeromonas hydrophila* y *Plesiomonas shigelloide*, bacterias también de interés epidemiológico. Basta recordar que lo que parecía iba a ser el primer caso de cólera en la provincia de Mendoza, en realidad correspondió a una infección con *Plesiomonas shigelloide*, a través de un viajero procedente de Chile.

Los hallazgos de *Vibrio cholerae* 01 en el sistema hídrico no guardan relación con los casos registrados en humanos. Las causas de ello pueden ser varias. Las investigaciones epidemiológicas de casi todos los casos (salvo el N° 2 y el N° 15) parecen indicar que el agente etiológico fue transmitido por contacto con portadores provenientes del norte argentino. Los casos que se registraron en Maipú, lo mismo que el de Km 8 en Guaymallén, corresponden a una zona con mucho tránsito de personas de ese origen. El caso N° 14 se registró en un lugar donde se cortan adobes para hacer ladrillos, con personas de la misma procedencia, en condiciones sanitarias precarias.

A pesar de que en este período se practicara el riego con líquidos contaminados, es evidente que no hubo un retorno por el consumo de hortalizas producidas en esas zonas.

La detección de *Vibrio cholerae* 01 en líquidos cloacales sin que se presentaran casos en las zonas servidas por el sistema de alcantarillado, puede explicarse por la posibilidad de que pacientes con diarreas hayan sido tratados con antibióticos sin previo diagnóstico bacteriológico.

Otra razón importante para que los hallazgos en el sistema hídrico no estén acompañados de casos en humanos (lo que hubiera dado una correlación) es que la detección precoz de *Vibrio cholerae* en estos casos se tradujo en eficientes campañas de educación y asistencia a la población en situación de riesgo. Esta circunstancia también tuvo como consecuencia importante la ampliación de la red de agua potable en el departamento más afectado, Lavalle, y en la instalación del servicio en el B° 25 de Mayo de Maipú.

En este período la tasa de prevalencia de *Vibrio cholerae* 01 (0,61 %) es inferior a la de otras Vibrionáceas (2,25 %).

c) En el tercer período estudiado (abril de 1993 a marzo de 1994) no se registraron casos en humanos aunque los estudios epidemiológicos pronosticaban no menos de cien. No obstante, y tal como se observa en la Tabla 4, hubo 5 casos de diarrea en niños por *Vibrio cholerae* no 01, cuya tasa de prevalencia en el ambiente hídrico (1,84 %) fue superior a la de *Vibrio cholerae* 01 (0,24 %) y a la de otras Vibrionáceas, *Eromonas* y *Plesiomonas* (1,60 %).

Los casos de diarrea por *Vibrio cholerae* no 01, como en el período anterior se produjeron en lugares con agua potable.

d) En el cuarto período desaparece *Vibrio cholerae* 01 del medio hídrico y aunque disminuye la tasa de prevalencia de *Vibrio cholerae* no 01 se registra el mayor número de infectados por esta bacteria (Tabla 4). Todos los casos se producen en zonas sin servicios de cloacas y de los 10 casos, sólo cuatro en zonas que cuentan con sistema de distribución de agua potable por red.

e) En el quinto período, también sin *Vibrio cholerae* 01 y con disminución de la tasa de prevalencia de *Aeromonas* más *Plesiomonas*, hay un aumento de la tasa de *Vibrio cholerae* no 01 (2,28 %) y se cuentan cinco casos humanos (Tabla 4). De éstos, 2 casos en lugares que cuentan tanto con servicio de agua potable como de cloacas (casos N° 20 y 24).

Los casos de diarreas por *Vibrio cholerae* no 01 se registraron en zonas sin servicio de agua ni cloacas (casos N° 2,4,10,11,12,13 y 22) o solamente con servicio de agua potable. Todos corresponden a niños de cinco años o menos.

Los casos de niños con este tipo de diarreas se derivaron generalmente al hospital del lugar donde se identifica el agente causal. Además la casi totalidad de los niños afectados residen en lugares rurales o urbanos de bajos recursos económicos. En estas condiciones, es posible, que aún disponiendo de agua potable segura, persistan tres factores predisponentes a la aparición, no sólo de casos de diarrea, sino del mismo cólera:

- deficiente saneamiento de la zona;
- concentración de personas en una misma casa (hacinamiento);
- malos hábitos higiénicos, favorecidos por la falta de sistema cloacal.

Estudios epidemiológicos a escala mundial indican que la disponibilidad de agua potable segura sólo puede reducir en un 80 % la morbilidad por cólera o fiebre tifoidea y en un 40 % la provocada por diarreas infantiles. Los niños son los más expuestos a esos tres factores.

f) Como corroboración de lo indicado en e), salvo los casos N° 2, N° 15, N° 16 (persona en tránsito) todos los casos de cólera correspondieron a personas residentes en zonas sin agua potable ni servicio de cloacas (Tabla 4).

g) Digno de un análisis particular es lo que se registra en San Rafael (Tablas 5 y 6). La tasa de prevalencia de *Vibrio cholerae* no 01 registró en 1996 un notable aumento, sin embargo, no hay casos humanos. Las razones pueden ser que no se presentaron los factores mencionados en e) o bien, que casos de diarreas se traten sin el diagnóstico bacteriológico previo.

h) Restaría a este trabajo el estudio de las correlaciones que puedan existir entre la aparición de casos de diarrea y hallazgos de cepas *Vibrio cholerae* y otras Vibrionáceas, y éstos versus las temperaturas ambientales medias registradas.

AGRADECIMIENTOS

A Eduardo Montiveros, Beatriz Etura, Cecilia Arana y Tomás Godoy, técnicos del Laboratorio de Microbiología (O.S.Mza.) que en distintas etapas contribuyeron a realizar este trabajo. Al Dr. Alberto Roca y técnicos del Laboratorio de Bacteriología del Hospital José N. Lencinas. A la Dra. M. C. Diumenjo de la Dirección de Epidemiología. A la Dra. Laura Balbi de Aguirre del Hospital de Niños Humberto Notti. A la Dirección de Control y Saneamiento Ambiental y al Dpto. General de Irrigación cuyo personal colaboró en la recolección de las muestras, y en especial a Marcela Chuquimia. Al Sr. Jorge Rolando Solano.

Tabla 2. Programa de vigilancia hídrica de *Vibrio cholerae* y otras vibrionáceas en el ambiente hídrico de Mendoza, Mayo 1991-Febrero 1996

Período de muestreo	Nº total de muestras	Nº total aislamientos/Tasa de prevalencia					
		V. <i>cholerae</i> 01		V. <i>cholerae</i> no 01		Otras vibrionáceas	
Mayo 91-Marzo 92	662	0	-	0	-	0	-
Abril 92- Marzo 93	3772	23	0,61%	0	-	85	2,25%
Abril 93-Marzo 94	3686	9	0,24%	68	1,84%	59	1,60%
Abril 94-Marzo 95	2097	0	-	22	1,04%	11	0,52%
Abril 95-Febrero 96	1972	0	-	45	2,28%	2	0,10%
Total	12189	32	0,26%	135	1,11%	157	1,29%

Tabla 4. Casos de cólera en Mendoza (*Vibrio cholerae* 01 Ogawa y V. *cholerae* no 01) (Datos de Diumenjo, M.C. y L. Balbi de Aguirre; Dir. Epidemiología, y Hosp. Notti, Mza.)

(L.H.: Las Heras, G.: Guaymallén, L.: Lavalle, L.C.: Luján de Cuyo, T.: Tunuyán, M.: Maipú)

Caso Nº	Fecha	Edad	Dpto.	Lugar	c/agua potable	c/cloacas
1	1/93	1	G.	Bermejo	No	No
2	1/93	<1	G.A	-	-	-
3	2/93	12	M	Los Alamos	No	No
4	2/93	<1	M.	El Pedregal	No	No
5	2/93	30	M.	El Pedregal	No	No
6	2/93	75	G.	Km 8	No	No
7	2/93	18	M.	El Pedregal	No	No
8	2/93	<1	M.	Bº 25 Mayo	No	No
9	2/93	34	M.	Fca. El Centauro	No	No
10	2/93	63	M.	Bº 25 Mayo	No	No
11	3/93	<1	M.	Fca. Las Valencianas	No	No
12	3/93	<1	M.	Sta. Blanca	No	No
13	3/93	24	M.	Bº 25 Mayo	No	No
14	3/93	<1	L.H.	El Algarrobal	No	No
15	3/93	12	G.C.	Bº P. Sur	Sí	Sí
16	5/96	3	G.	-	-	-
Enfermos por V. <i>cholerae</i> no 01						
1	2/93	36	L.H.	El Plumerillo	Sí	No
2	2/93	3	L.	Lag. Rosario	No	No
3	2/93	7	L.C.	Perdriel	Sí	No
4	3/93	8	L.C.	Anchoris	No	No
5	4/93	24	T.	Cpo. Los Andes	No	No
6	10/93	8	L.H.	El Plumerillo	Sí	No
7	1/94	3	L.H.	El Resguardo	Sí	Sí
8	2/94	6	L.H.	Est. Espejo	Sí	No
9	2/94	60	L.	Bº Sta. Cecilia	Sí	No
10	4/94	5	L.	Asunción	No	No
11	12/94	23	G.	Km 8	No	No
12	12/94	19	L.H.	El Resguardo	No	No
13	12/94	21	M.	Los Alamos	Sí	No
14	1/95	10	G.	Bº S. Cayetano	Sí	No
15	1/95	11	L.H.	Bº 26 Enero	Sí	No
16	1/95	60	M.	R. del Medio	Sí	No
17	1/95	20	L.H.	Bº 26 Enero	Sí	No
18	1/95	8	L.H.	Bº 5000 Lotes Si No	-	-
19	1/95	19	M.	Bº 25 Mayo	Sí	No
20	11/95	48	L.H.	Est. Espejo	Sí	Sí
21	12/95	31	L.H.	Bº Independencia	Sí	No
22	1/96	24	G.	Los Corralitos	No	No
23	2/96	5	M.	Ciudad	Sí	No
24	3/96	12	L.H.	Bº Sto T. Aquino	Sí	Sí

Tabla 3. Programa de vigilancia hídrica de *Vibrio cholerae* 01, *V. cholerae* no 01 y otras vibrionáceas en el ambiente hídrico de Mendoza

Muestra	May. 91-Mar 92				Abr. 92-Mar.93				Abr. 93-Mar. 94				Abr. 94-Mar. 95				Abr. 95-Feb. 96			
	Nº aislamientos				Nº aislamientos				Nº aislamientos				Nº aislamientos				Nº aislamientos			
	Nº total muestras	V. <i>cholerae</i> 01	V. <i>cholerae</i> no 01	Otras vibri- náceas	Nº total muestras	V. <i>cholerae</i> 01	V. <i>cholerae</i> no 01	Otras vibri- náceas	Nº total muestras	V. <i>cholerae</i> 01	V. <i>cholerae</i> no 01	Otras vibri- náceas	Nº total muestras	V. <i>cholerae</i> 01	V. <i>cholerae</i> no 01	Otras vibri- náceas	Nº total muestras	V. <i>cholerae</i> 01	V. <i>cholerae</i> no 01	Otras vibri- náceas
Efluentes cloacales	474	-	-	-	1445	12	-	-	1443	2	24	29	591	-	4	2	490	-	9	-
Fuentes superficiales	188	-	-	-	658	-	-	-	417	-	6	12	376	-	8	9	380	-	8	1
Canales de riego																				
c/infl. desc. líq. cloacal	-	-	-	-	978	11	-	83	1266	5	36	14	765	-	10	-	745	-	22	-
s/infl. desc. líq. cloacal	-	-	-	-	691	-	-	2	560	2	2	4	365	-	-	-	357	-	6	-
Total	662	-	-	-	3772	23	-	85	3686	9	68	59	2097	-	22	11	1972	-	45	1

Tabla 5. Presencia de *V. cholerae* en recursos hídricos

Período	Lugar	Nº	Hallazgos
Dic.-Mayo	Dique G. Vitale	7	<i>V. cholerae</i> no 01
Nov.-Feb.	Entrada Est. Pot. Ballofet	6	<i>V. cholerae</i> no 01
		2	<i>Plesiomonas shigelloide</i>
		2	<i>Aeromonas hydrophila</i>
En.	Canal Cerrito	1	<i>V. cholerae</i> no 01
En.	Canal El Toledano	1	<i>V. cholerae</i> no 01
En.-Feb.	Lag. Dique V. Grde.	1	<i>V. cholerae</i> no 01
		1	<i>Plesiomonas shigelloides</i>
Feb.	Canal La Llave	1	<i>V. cholerae</i> no 01 Ogawa
Nov.-Mayo	Salida Est. Depur. C. Nac.	4	<i>V. cholerae</i> no 01
		1	<i>Aeromonas hydrophila</i>

Tabla 6. Tasa de prevalencia (Nº hallazgos x 100/ Nº total de muestras)

Procedencia	<i>V. cholerae</i> no 01				Otras vibrionáceas			
	1993	1994	1995	1996	1993	1994	1995	1996
Entr. Est. Pot. Ballofet (Canal marginal R. Diamante)	-	0.96	1.92	18.75	1.28	3.85	-	6.25
Río Diamante- Dique G. Vitale	-	1.92	0.96	25.00	-	-	-	-
Efl. Est. Depur. C. Nac.	-	0.96	0.96	0.96	0.64	0.96	-	-

Filtración de fluidos de reparación de pozos y su implicancia ambiental

HÉCTOR DÍAZ

MACAR S.R.L., Nihuil 20, Luján de Cuyo, Mendoza

RESUMEN

Los fluidos de terminación y reparación de pozos deben ser limpios, puesto que la presencia de partículas sólidas dañan la permeabilidad de la formación, disminuyendo la productividad del pozo. Para ello se implementan prácticas como la filtración, la cual debe ser ajustada en sus parámetros físico-químicos de acuerdo al tipo de yacimiento. El objetivo de este trabajo es evidenciar la importancia de la filtración en las tareas de reparación o terminación de pozos, para mitigar los daños a la formación, favoreciendo la permeabilidad del horizonte productivo y minimizando el impacto ambiental.

A modo de ejemplo se indican los resultados de un ensayo efectuado en el yacimiento Entre Lomas (Neuquén), durante el año 1990, en el cual mediante el empleo de un filtro adecuado a los parámetros del yacimiento se evitó la incorporación de más de 70 kg de partículas obturantes al horizonte productivo.

ABSTRACT

Filtration of wells repair fluids and their environmental implications

The fluids for well repair and termination have to be clean, as the presence of solid particles damage the permeability of the formation, diminishing the well productivity. Practices such as filtration are implemented, that has to be adjusted in its physical and chemical parameters according to the kind of oil field. The aim of this work is to make evident the importance of filtration in the well repair or termination jobs, to alleviate damages to the formation, favoring the permeability of the productive horizon and minimizing the environmental impact. The example is given by the results of a test carried out in the oil field Entre Lomas (Neuquén) during 1990, where through the use of a filter adequated to the oil field parameters, it was possible to avoid the incorporation of more than 70 kg of obturing particles to the productive horizon.

INTRODUCCIÓN

Las investigaciones concuerdan en que, para que los fluidos de terminación sean útiles, deben cumplir con ciertos parámetros, como: densidad suficiente (para controlar las presiones dentro del pozo); minimizar el daño de formación, tanto químico como mecánico; minimizar los grados de corrosión; estabilidad con la temperatura y el tiempo de uso; seguridad ambiental y operacional.

Estos fluidos de terminación y de reparación de pozos deben ser limpios, ya que la presencia de partículas de suciedad, dañan la permeabilidad de la formación, disminuyendo la productividad del pozo.

Para lograr los fluidos limpios se implementan prácticas operacionales limpiadoras, tales como técnicas de filtración. Las salmueras de terminación limpias pueden obtenerse en el pozo mediante instalaciones móviles (equipos filtrantes). No solamente debe hablarse de fluidos limpios, sino también libres de sólidos taponantes en las cañerías de conducción, tanques de almacenaje, herramientas, etc., con el objeto de asegurar la calidad de los mismos.

Cuando se habla del daño de formación provocado por el uso de fluidos con un deficiente control de sólidos, se asocia la reducción de permeabilidad del horizonte productivo con el efecto directo sobre el índice de productividad del pozo.

Shaw y Rugg (1974) han definido un fluido limpio como el que ha sido filtrado apropiadamente para remover a todas las partículas mayores de 2 micrones. Este fluido limpio no creará un daño de taponamiento a la formación, siempre y cuando sea compatible con la formación y sus fluidos. Se busca prevenir la contaminación de la formación productiva a través de la filtración, siendo más económico y seguro el cambio de los filtros en superficie que taponar el pozo.

Por otra parte el buen manejo de los efluentes evita o disminuye el uso posterior de productos químicos (ácidos: clorhídrico, fluorhídrico; detergentes, etc.) para mantener la permeabilidad del sustrato, que finalmente contaminan en distinta medida el horizonte explotado, y que además deben ser tratados como residuos en superficie para minimizar el impacto ambiental.

Cada vez que se obtiene la producción teórica a la que se somete un pozo, antes de su puesta en producción efectiva, se debería analizar si las desviaciones observadas no responden a la falta de coherencia entre las prácticas de explotación y los fluidos de terminación pobremente tratados.

De esta manera surge el empleo de la filtración como medio de prevención de alteraciones en la capacidad de flujo de un reservorio por el efecto taponante de partículas sólidas insolubles contenidas en los medios fluidos utilizados.

Esta técnica, unida a un programa explícito de control de calidad del medio a filtrar, como del efluente obtenido y de la operación en sí misma, permitirán predecir resultados en cuanto al efecto invasivo de un medio acuoso en el reservorio.

El objetivo de esta nota es evidenciar la importancia de la filtración en las tareas de reparación o terminación de pozos, para mitigar los daños a la formación, favoreciendo la permeabilidad del horizonte productivo y minimizando el impacto ambiental.

Se muestran los resultados experimentales obtenidos en una experiencia realizada en el Yacimiento Entre Lomas, Neuquén, durante 1990.

ASPECTOS CONCEPTUALES

La filtración es una operación unitaria que permite controlar la cantidad y distribución granulométrica de los sólidos contenidos en el medio fluido que los conduce. El dispositivo filtrante resultará según si la porción útil a retener es el fluido o el sólido.

Para acondicionar un fluido que va a ser usado en operaciones de reparación o terminación de pozos, es necesario alcanzar especificaciones físico-químicas, asegurando que éstas se mantengan hasta la incorporación al reservorio, de modo que no produzcan alteraciones en la permeabilidad del horizonte productivo.

De esto surge tres aspectos principales a considerar que provocan alguna alteración en la calidad y/o distribución de los sólidos del medio a inyectar: la fuente de aprovisionamiento del fluido base, los residuos insolubles de los productos químicos a incorporar y el estado de limpieza de los conductos y medios de almacenaje, que provocan alteración en la calidad del fluido a inyectar. Esto obliga a realizar la filtración como único recurso para reducir los sólidos y obtener los fluidos limpios.

CARACTERIZACIÓN DEL INFLUENTE

Por influente se entiende al fluido al que se le ha incorporado los productos reactivos químicos para su ajuste iónico y densitométrico, pero donde no se ha efectuado el control de sólidos insolubles. La caracterización de la tipología, concentración y distribución de las partículas insolubles se realiza a través de filtraciones normalizadas de laboratorio del influente sobre membranas de poros calibrados. Esto permite obtener curvas de colmatación y de distribución de partículas. Estos ensayos arrojan datos, tales como:

- Concentración de sólidos insolubles (mg/l)
- Diámetro normalizado de partículas (micrones)
- Desviación estándar de los diámetros (micrones).

ESPECIFICACIONES DEL EFLUENTE

El término efluente se refiere al fluido ajustado en sus parámetros físico- químicos, incluida la tipología, cantidad y distribución de sólidos insolubles, que deben especificarse de acuerdo con las características del reservorio.

Es necesario destacar que desde que el fluido se encuentra en piletas (en calidad de efluente) hasta que efectivamente ingresa al reservorio, existen perturbaciones de su calidad, entre ellas crecimiento bacteriano, uso indiscriminado de grasas y lubricantes, etc.

La cantidad y distribución de sólidos deben especificarse de acuerdo con las características del reservorio a tratar. El dato más significativo es el de permeabilidad media obtenida de corona, ensayos DST o perfilajes y su distribución en el horizonte productivo, en cuanto permite evaluar el daño potencial que se podría provocar con una determinada cantidad de sólidos. Otros datos significativos son la porosidad fraccional efectiva, espesor y litología de las capas productivas, sistema y densidad de punzamientos, geometría del pozo, etc.

El dimensionamiento, selección y economía del sistema filtrante es el resultado de un balance coherente entre especificaciones del efluente que dependen del reservorio a tratar, y la disponibilidad y característica del fluido base. Por lo tanto la mínima información que debería indicarse es:

- Volumen del fluido a preparar (m³)
- Densidad deseada (lb/galón)
- Aditivación química a incorporar: Productos y cantidades (Kg)
- Total de sólidos insolubles (mg/l)
- Límites en distribución de partículas (D max), media, dispersión (micrones).

EQUIPO DE SUPERFICIE DISPONIBLE

SELECCIÓN DEL SISTEMA FILTRANTE

Si el influente ha sido bien caracterizado al igual que las especificaciones del efluente, el dimensionamiento, selección y economía del sistema filtrante propuesto, producirá los resultados previsibles. La complementación de medios filtrantes con propiedades de retención conocidas permite formar etapas de tratamiento con relaciones de retención de sólidos que puedan evaluarse con metodologías estadísticas.

A modo de ejemplo, si se somete a filtración el influente de distribución granulométrica (A) en un medio de abertura poral (B) obtenemos un efluente (C) que evidencia un desplazamiento de la media del diámetro de partículas hacia la distribución poral, con una sensible reducción en los porcentajes para cada medida (probabilidad de ocurrencia) (Figura 1).

Se puede definir el sistema filtrante más adecuado, desde el punto de vista económico y ambiental. Tuttle y Barkman (1974), encontraron una correlación directa entre el contenido de sólidos del fluido y la reducción de la permeabilidad por taponamiento mecánico.

La experiencia ha indicado que la combinación de un medio filtrante de tierras de diatomeas seguido de una etapa de ajuste final de cartuchos integralmente hilados, puede usarse en la generalidad de los casos de tratamientos de fluidos de reparación de pozos con excelente respuesta técnico- económica. De este modo el tratamiento preliminar con

diatomeas (alta dispersión poral relativa) efectúa el desgrose de la distribución del influente, quedando la etapa final reservada al cartucho (medio de baja dispersión poral, pero sustancialmente más caro que la anterior).

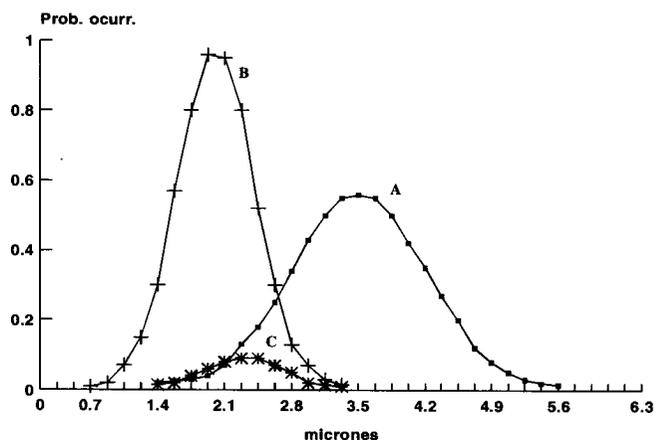


Figura 1. Curvas comparadas de distribución de diámetro de partículas entre el diámetro de partícula -A-, abertura poral -B- y distribución del efluente -C-.

Nall (1981) menciona la experiencia de Exxon en 1979, en la que con fluidos de terminación filtrados a 10 micrones, los pozos alcanzaban 45% más de producción por día que aquellos pozos terminados con fluidos filtrados a 25 micrones.

MATERIAL Y MÉTODO

Se trabajó en el yacimiento Entre Lomas- Neuquén, campaña 1990 en 12 pozos en explotación, donde se conocía la concentración de sólidos típica del influente y del efluente, el volumen del fluido de reparación preparado para cada pozo y los respectivos sólidos separados por filtración (Tabla 1).

Haciendo uso de técnicas de simulación estadística (método de Montecarlo) se puede cuantificar el número de poros comunicados expuestos a la invasión progresiva de un fluido de características definidas. Ajustando los resultados de laboratorio sobre aberturas porales reales y diámetros efectivos de partículas a distribuciones estadísticas conocidas, se puede simular la evolución de la inyección de un medio fluido con partículas en suspensión en un estrato poroso impermeable. Si se dispone de datos de permeabilidad, porosidad efectiva, espesores de capas productivas, geometría del pozo y punzados, se puede simular estadísticamente, la evolución espacio temporal de la inyección de un medio fluido (con partículas en suspensión) en un estrato poroso y permeable.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La obtención del crudo en boca de pozo implica un proceso tecnológico complejo y de alto costo; por ello no es técnicamente conveniente la realización de ensayos DST para evaluación de permeabilidades, presiones, etc., si en operaciones simples como la del tratamiento del fluido en superficie no se procede de acuerdo con las técnicas propuestas en el control de los sólidos de los fluidos inyectados.

A modo de ejemplo se indican los resultados de un ensayo efectuado en el yacimiento Entre Lomas (Neuquén) durante el año 1990. El volumen promedio de fluido a tratar era

de 500 m³/pozo, con una concentración de partículas en el influente de 160 mg/l. Luego de filtrado el efluente registró 0,8 a 1,6 mg/l de sólidos insolubles a través de membranas de 5 micrones. Esta reducción de concentraciones significa evitar la incorporación de más de 70 Kg de partículas obturantes al horizonte productivo (Tabla 1).

Tabla 1. Volumen de fluido de reparación preparado (m³) y sólidos separados por filtración (Kg) en pozos de yacimiento Entre Lomas.

Concentración de sólidos típica

Influente: 160 mg/l

Efluente: 0,8- 1,6 mg/l

Pozo	Vol. fluido rep.	Sol. sep.
CB-1	464,0	73,5
PB-105	376,0	59,6
CB-188	574,0	90,9
PB-14	40,0	6,3
CB-189	540,0	85,5
CB-192	454,0	71,9
EL-13	1036,0	164,1
CB-190	547,0	86,6
EC-30	682,0	108,0
PB-13	548,0	86,8
CB-193	259,0	41,0
PB-101	376,0	59,6
Totales	5896,0	933,9
Promedios	491,3	77,8

La técnica de filtración resulta en una mejor producción, además de evitar intervenciones auxiliares como la acidificación, fisuras, sustancias detergentes, etc. que incorporan al circuito sustancias que deterioran la instalaciones y producen contaminación en la formación.

BIBLIOGRAFÍA

- NALL, A., 1982. Filtration techniques for completion and workover fluids. Conoco Report, 36 pp.
- SHAW, C.R. and F.E. RUGG, 1974. Clean fluids lead to better completions. Paper SPE 4778, presented at the SPE Symposium on Formation Damage Control. New Orleans February 7-8.
- TUTTLE, R.N. and J.H. BARKMAN, 1974. The need for nondamaging drilling and completion fluids. Paper SPE 4791 presented at SPE Symposium on Formation Damage Control, New Orleans, February 7-8.

Observaciones sobre la vegetación en áreas de piletas con aguas coproducidas, Barrancas, Mendoza

EDUARDO MARTÍNEZ CARRETERO Y A.D. DALMASSO
Botánica y Fitosociología, IADIZA, CC 507, 5500 Mendoza

RESUMEN

En el área Yacimiento Barrancas, Luján de Cuyo-Mendoza, se estudió la vegetación natural y su relación con piletas de aguas coproducidas; para ello se efectuaron 29 relevamientos fitosociológicos. Se estableció la presencia de cinco comunidades vegetales: de *Larrea cuneifolia* en suelos cuaternarios, de *L. divaricata* sobre cuaternario, en umbrías, de *Chuquiraga erinacea-Hyalis argentea* sobre Terciario, de *Cortesia cuneifolia* sobre cuaternario muy salino, y de *Baccharis salicifolia* en la ribera de ríos temporarios. Los suelos son naturalmente sódico-salinos, con un significativo aumento de la conductividad eléctrica en áreas con piletas de aguas coproducidas o afectadas por derrames de las mismas. Se proponen dos esquemas de sucesión vegetal a partir de los matorrales de *L. cuneifolia*, uno en piletas rellenas con material cuaternario y otro en áreas afectadas por derrames de aguas coproducidas.

En el primer caso la comunidad de *L. cuneifolia* pasa a un desierto salino, que es ocupado por la comunidad de *C. cuneifolia*. En el segundo caso, la comunidad de *L. cuneifolia* pasa a un peladal, que luego es ocupado por especies colonizadoras de las comunidades de contacto tendiendo a recuperar la estructura original.

ABSTRACT

Observations about vegetation in areas with fossil water

The natural vegetation and its relation with fossil water pool, was studied in the area of the Barrancas oil field, Luján de Cuyo, Mendoza. With this object, 29 phytosociological surveys were carried out. The presence of five vegetal communities was established: *Larrea cuneifolia* in Quaternary soils, *L. divaricata* over Quaternary in shady zones, *Chuquiraga erinacea-Hyalis argentea* over Tertiary, *Cortesia cuneifolia* over very saline Quaternary, and *Baccharis salicifolia* by temporary rivers. The soils are naturally sodium-saline, with a significant increase of electric conductivity in areas with fossil water pools or in areas affected by spillings from them. Two schemes of plant succession are proposed starting from the *L. cuneifolia* bushes, one in pools filled with Quaternary material and another, in areas affected by spillings of fossil water.

In the first case the *L. cuneifolia* community passes to a saline dessert that derives to the *C. cuneifolia* community. In the second case, the *L. cuneifolia* community passes to a wasteland that is then occupied by colonizing species from the contact communities, that will tend to recover the original community.

INTRODUCCIÓN

En la zona de Barrancas, departamento de Luján-Mendoza, desde hace varios años se realizan tareas de explotación petrolera, que implican la construcción de piletas a cielo abierto donde se acumulan las denominadas aguas coproducidas (o de purga). Estas aguas contienen muy elevados tenores de sodio, entre otros componentes, que la tornan extremadamente salina. Santistevan (1993) indica la existencia de 365 pozos perforados a distintas profundidades, con 75 pozos inyectores de agua, que a 1992 acumulaban $28876 \times 10^3 \text{ m}^3$ de agua. Cada vez que ocurre un derrame de aguas coproducidas la vegetación de las áreas afectadas muere rápidamente, formándose desiertos salinos de distinta extensión.

Naturalmente toda el área presenta elevados tenores salinos debido al sustrato, constituido por materiales terciarios consolidados, sobre los que se ha acumulado, en los bajos, el cuaternario, que proviene del material terciario meteorizado, al que se le agrega el aportado por los ríos alóctonos que lo disectan. El área Barrancas geológicamente integra la cuenca terciaria de Mendoza (Rodríguez y Regairaz, 1969). Corresponde a un anticlinal asimétrico, elevado en sentido norte-sur, cortado por numerosas fallas inversas de rumbo norte-sur (Santistevan, 1993). Los afloramientos terciarios están aquí representados principalmente por sedimentos finos (arcillosos a limosos) de color pardo a grisáceo, predominando en general los limosos sobre los arenosos. Estos sedimentos son extremadamente blandos y fácilmente erosionables (Regairaz, 1970). La Formación Barrancas ocupa la mayor extensión y es el resultado de un sistema fluvial anastomosado, predominando las texturas gruesas (Santistevan, 1993), en la que se reconocen dos secciones en una secuencia sedimentaria con areniscas con escasa matriz arcillosa (Moratello, 1993). A este sistema de afloramientos geomorfológicamente se lo denomina Huayquerías o Bad Lands. Ambos tipos de suelo, terciario consolidado y cuaternario, soportan diferentes comunidades vegetales.

MATERIAL Y MÉTODO

En el centro-este del Yacimiento Barrancas, donde existe una serie de 17 piletas para aguas coproducidas, se efectuaron relevamientos fitosociológicos en diferentes tipos de suelo y exposición, en lugares afectados por infiltración lateral desde las piletas, en piletas vacías y en otras recientemente rellenadas.

Se obtuvieron muestras de suelo en las diferentes comunidades vegetales determinadas, entre 0-40 cm de profundidad, espesor explorado por las raíces de la mayoría de las plantas presentes. En cada muestra se determinó: textura (método internacional), pH, CEA ($\mu\text{Siemens/cm}$), Ca y Mg (por complexometría con EDTA) y Na (fotometría de llama, método Pratt); con estos valores se calculó la relación de absorción de Sodio (RAS) de cada muestra. Se efectuó además el análisis bromatológico de *Cortesia cuneifolia* que incluyó: Cenizas (por calcinación), Na, Ca y Mg, P (método sulfomolibdico), proteínas totales (método Kjeldahl) y sustancias grasas (extracción etérea por Soxhlet), Cloruros (método Mohr) y Sulfatos (por gravimetría).

RESULTADOS

LA VEGETACIÓN

El análisis florístico (Tabla 1) permitió determinar cinco comunidades vegetales: de *Larrea cuneifolia*, de *Larrea divaricata* (ambas sobre material cuaternario), de *Chuquiraga erinacea-Hyalis argentea* (en grietas del terciario), de *Cortesia cuneifolia* (sobre cuaternario en áreas extremadamente salinas) y de *Baccharis salicifolia* en la ribera de cauces temporarios (Figura 1).

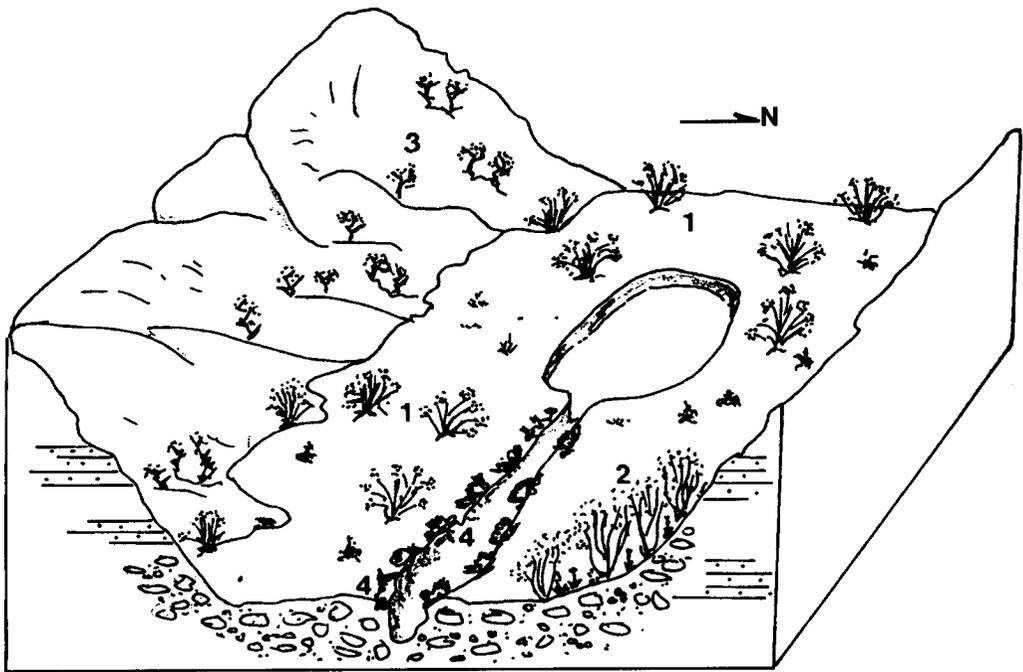


Figura 1. Ubicación esquemática de las comunidades vegetales en el área de piletas, Yacimiento Barrancas. 1. *Larrea cuneifolia*, 2. *L. divaricata*, 3. *Chuiriraga erinacea-Hyalis argentea*, 4. *Cortesia cuneifolia*

COMUNIDAD DE *LARREA CUNEIFOLIA*

Esta comunidad se extiende por la cubierta cuaternaria que rellena las depresiones entre los afloramientos terciarios. Fisonómicamente se presenta como un matorral biestratificado de hasta 1,6 m de alto. Dominan *Larrea cuneifolia* y *Zuccagnia punctata*, con coberturas medias del 35-40%. Integran además esta comunidad *Monttea aphylla*, *Capparis atamisquea*, *Bulnesia retama* y *Gochnatia glutinosa*. En el estrato inferior acompañan *Trichloris crinita*, *Senna aphylla*, *Pappophorum phillippianum*, *Menodora decemfida* en áreas más desnudas, *Pterocactus tuberosus*, entre otras.

Los suelos son profundos, arenosos con clastos heterométricos, sódico-salinos. Al recibir los escurrimientos de los materiales terciarios circundantes se acumula en ellos el sodio lixiviado, por lo que la CEA alcanza 10700 μ Siemens/cm a los 40 cm de profundidad (en dos muestras tomadas en lugares algo sobreelevados alcanzó a 19600 μ Siemens/cm); lo mismo ocurre con el calcio con concentraciones entre 32 y 47 me/l, el RAS varía entre 18-26, según la muestra (Tabla 2).

Normalmente este matorral ocupa en otras áreas de Mendoza suelos texturalmente similares, pero con menores valores de salinidad; Méndez (1983) registró 3324 μ Siemens/cm y RAS 1,33, entre 35-50 cm, en el glacis principal de El Zampal, Tupungato.

COMUNIDAD DE *LARREA DIVARICATA*

Lo mismo que la comunidad de *L. cuneifolia* ocupa suelos de relleno cuaternario. Su ubicación se restringe a lugares más húmedos, laderas de umbría o márgenes de ríos secos (uadis), en ambientes menos salinos.

En Barrancas ocupa pequeñas extensiones, a modo de parches, en función de la exposición. *Larrea divaricata* es la especie dominante, acompañada por *Senecio gilliesianum*, *S. subulatus* y *Baccharis salicifolia*. Los suelos son menos salinos, la CEA alcanza 7320 μ Siemens/cm, el Ca 49 me/l y el RAS es de 14,16.

Tabla 2. Análisis físico-químico de suelos

Muestra N°	Comunidad	Textura	CEA ($\mu\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$)	pH	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	Cl- (me/l)	SO ₄ = (me/l)	RAS
1	<i>L.cuneifolia</i>	Aren.	19600	7,08	47	10	140	106	67	26,26
2	<i>C.cuneifolia</i>	Aren.	43100	7,03	68	17	346	302	103	53,06
3	Talud pileta	Aren. c/Arc.	55700	7,05	57	12	488	418	121	83,13
4	<i>L.cuneifolia</i>	Aren.-Arc.	10700	7,02	32	8,6	66,40	50,80	13,60	17,75
5	<i>C.cuneifolia</i>	Aren. fino	81300	7,04	88	7,6	718	703,00	99	103,90
6	<i>C.cuneifolia</i>	Aren.	41600	7,01	40	8,2	367	340,20	67,50	74,89
7	<i>L.divaricata</i>	Aren.	11800	7,06	26	6	86	68,00	46,50	21,50
8	<i>C.cuneifolia</i>	Aren. c/ Arc. y Lim.	92300	7,05	79	11	833	795,00	96,50	124,32
9	Relleno pil.	Aren. fino c/Arc.	7320	7,03	20	4	49	39,50	28,50	14,16
10	<i>Ch.erinacea</i>	Aren.	802	7,81	7	-	1	1,00	5,11	0,54
11	<i>Ch.erinacea</i>	Aren.	1740	7,65	7,5	-	6,8	2,00	9,90	3,53
12	Agua coprod.—		71200	7,20	80	20	600	550	120	84,86

COMUNIDAD DE CHUQUIRAGA ERINACEA-HYALIS ARGENTEA

Esta comunidad se encuentra muy restringida a las grietas o pequeñas depresiones con acumulación de material suelto, sobre el terciario consolidado. La cobertura vegetal media es del 20%, con un solo estrato bajo de 0,6 m de alto. *Ch. erinacea* y *Hyalis argentea* var. *argentea* caracterizan la comunidad, comportándose como preferentes *Cercidium praecox* subsp. *glaucum* y *Adesmia trijuga*. Algunos elementos riparios como *Tessaria absinthioides* y *Eupatorium patens* acompañan con muy baja cobertura y vigor.

El análisis de suelo realizado sobre el material consolidado arrojó: CEA 8290 $\mu\text{Siemens/cm}$, Ca 38 me/l y Na 42,8 me/l, con un RAS de 9,12 (Martínez Carretero, 1985); mientras que sobre el terciario semiagregado es de 1740 $\mu\text{Siemens/cm}$ y sobre el material meteorizado acumulado en las grietas es de 840 $\mu\text{Siemens/cm}$ (Tabla 2). Esta variación decreciente de la conductividad eléctrica sobre el mismo material, evidencia la pérdida de sales por lixiviación. El sodio lixiviado del sustrato terciario se acumula en el cuaternario, donde se establece el matorral de *L. cuneifolia*.

Esta comunidad presenta una amplia distribución en los afloramientos terciarios del centro-oeste de Mendoza, principalmente en el piedemonte precordillerano (Roig, 1976; Martínez Carretero, 1987).

COMUNIDAD DE CORTESIA CUNEIFOLIA

Es una comunidad muy pobre en especies, de 0,25 m de alto y cobertura media del 65-70%, dominada por *Cortesia cuneifolia*, acompañada por plantas aisladas de *Suaeda divaricata* y *Atriplex lithophila*.

Se ubica en los suelos más salinos del área. La comunidad de *C. cuneifolia* sigue la ribera de los cauces de drenaje por donde escurre, por filtraciones y derrames, el agua coproducida. El suelo es arenoso fino a areno arcilloso y de elevada salinidad: 81300 $\mu\text{Siemens/cm}$.

En sectores de derrame de aguas coproducidas, donde la vegetación está muerta por salinización de los suelos (Foto 1), con CEA de 92300 $\mu\text{Siemens/cm}$, *C. cuneifolia* se comporta como colonizadora. La tolerancia de esta especie a la salinidad le permite acumular en tallo y raíz hasta 2% de sodio (en materia seca), (Tabla 3). *Suaeda divaricata* y *Atriplex lithophila* son acompañantes con baja presencia. La mayoría de las especies de *Atriplex* están indicadas como tolerantes a la salinidad (Le Houerou, 1986). Roatta (in Rodríguez, 1992) determinó para suelos ocupados por *C. cuneifolia* y *Allenrolfea vaginata*, en Lavalle, una CEA de 64300 $\mu\text{Siemens/cm}$, entre 0-30 cm de profundidad.



Foto 1. Vegetación muerta por salinización de los suelos afectados por aguas coproducidas

Tabla 3. Análisis bromatológico de *Cortesia cuneifolia* (mat. seca)

	Tallo	Raíz
Cenizas (%)	11,00	12,30
Ca (%)	2,31	2,04
Mg (%)	0,21	0,26
P (%)	0,18	0,16
Na (%)	2,00	1,97
Prot. Totales (%)	6,14	6,02
Sust. grasas (%)	1,28	0,31
Extracto No Azoado	39,94	37,23
Fibra (%)	41,64	43,14

COMUNIDAD DE *BACCHARIS SALICIFOLIA*

Ocupa la ribera de los ríos secos que disectan toda el área. Se presenta como un matorral biestratificado, de hasta 1 m de alto y con cobertura vegetal media del 30-35%. Domina *Baccharis salicifolia*, acompañada por *Tessaria dodonaefolia* y *Tamarix gallica* en los sectores más salinos (Rel. 28: 16250 μ Siemens/cm, pH 7,15) y por *Cortaderia rudiusscula* en lugares de mayor retención de humedad. *T. gallica* aparece aisladamente como árbol de hasta 4 m de alto, generando un importante almacigo de plantines de semilla alrededor y aguas abajo de las plantas madres.

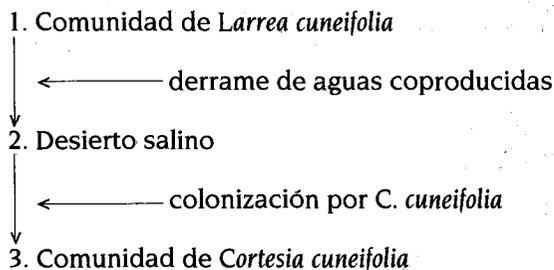
Los suelos son sueltos y removidos. La conductividad eléctrica varía de acuerdo al material geológico, siendo de 16250 μ Siemens/cm (pH 7,15) en los lugares ocupados por *T. gallica* (Rel.28).

Algunas especies de esta comunidad (*T. dodonaefolia*, *T. gallica*, *Phacelia artemisioides*) se comportan como pioneras en la recolonización de piletas rellenas, tanto de aguas coproducidas como de locación de pozos.

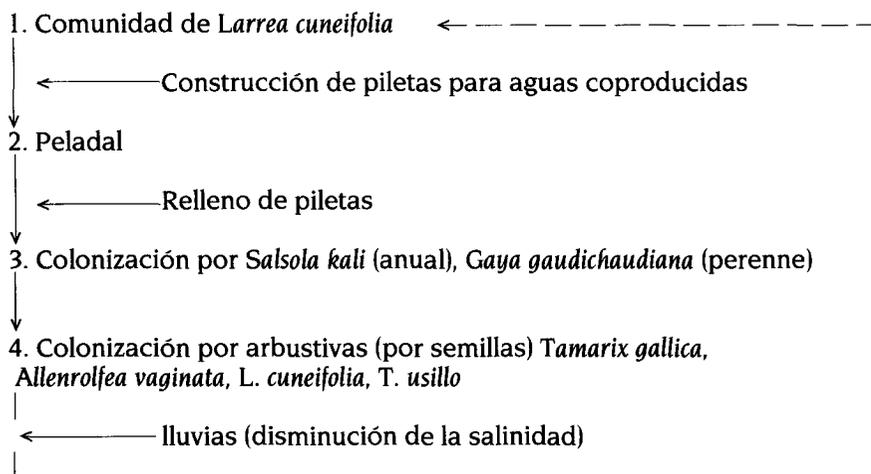
DINAMISMO DE LA VEGETACIÓN

Si bien, como se indicó, toda el área es naturalmente salina por el tipo de sustrato, la acumulación de aguas coproducidas con elevada salinidad (72000 μ Siemens/cm, Tabla 2) en piletas construidas sobre material cuaternario, así como los derrames de la misma, contribuyen a generar un desierto salino.

Cuando los derrames afectan a los matorrales de *L. cuneifolia* o de *L. divaricata*, las plantas mueren rápidamente y sólo subsisten en mal estado vegetativo algunas ubicadas en lugares con suelo de clastos y matriz arenosa con escasa capilaridad, que facilitan un rápido drenaje disminuyendo la concentración salina. En esa situación, en suelos con 41800 μ Siemens/cm se instala *C. cuneifolia*, mientras que en sectores con conductividades menores (11800 μ Siemens/cm) sobreviven plantas de *L. divaricata* y *Opuntia sulphurea* (Rel. 14), generándose pequeños mosaicos de vegetación, en las partes salinas o escasamente salinas del microrelieve.



Otra situación es en las piletas rellenas con tierra, por lo general cuaternario que proviene de áreas aledañas a la pileta y que porta gran cantidad de semillas. En la primera etapa de recuperación, *Salsola kali* (terófito) es la colonizadora pionera. Le sigue luego una etapa en la que penetran (por semilla) leñosas arbustivas como *L. cuneifolia*, *B. retama*, *Trichomania usillo*, (Rel. 15: CEA 7300 μ Siemens/cm), y otras muy tolerantes a salinidad como *Tamarix gallica*, *Allenrolfea vaginata* y *A. lithophila*. La remoción del suelo y la textura gruesa, principalmente en los primeros 20-30 cm facilita la percolación del agua de lluvia produciendo una disminución de la salinidad que favorece la germinación y recolonización. Teniendo en cuenta el espesor del relleno, la textura de los suelos y la lixiviación de las sales solubles por las lluvias, es de esperar el éxito de especies de raíces superficiales como *L. cuneifolia*, *B. salicifolia*, *T. usillo* y otras de ambientes más salinos como *Atriplex crenatifolia*.



CONCLUSIONES

En los depósitos cuaternarios se ha construido una batería de piletas, de 2-2,5 m de profundidad, en las que se acumula el agua coproducida. Para su construcción se generan grandes peladales, afectando las comunidades vegetales no sólo por erradicación, sino también debido a la salinización por infiltración lateral.

Cuando se rellenan las piletas se crea un sustrato muy removido, donde se inicia una etapa de recuperación natural por colonización mediante semillas, algunas provenientes de la comunidad de contacto. Las primeras en aparecer son *Tamarix gallica*, *Salsola kali*, *Atriplex crenatifolia*, *Bulnesia retama*, entre otras, y algunas herbáceas como *Diplachne dubia* y *Pappophorum philippianum*. Si el relleno es de suficiente espesor (> 1,5 m) para evitar que la planta alcance el sedimento salino del fondo, se esperaría recuperar parte de la estructura vegetal. Las condiciones de salinidad y aridez tornan a esta recuperación muy lenta.

AGRADECIMIENTOS

A YPF S.A. por habernos facilitado el acceso a la zona de Barrancas; al Sr. M. Medero por los análisis bromatológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- LE HOUEROU, H.N., 1986. Salt tolerant plants of economic value in the Mediterranean basin. Reclamation and Revegetation Research 5: 319-341. Els. Sc. Pub.
- MARTINEZ CARRETERO, E., 1985. La vegetación de la Reserva Natural Divisadero Largo, Mendoza, Argentina. Documents Phytosociologiques N.S. IX: 25-50, Italia.
- MARTINEZ CARRETERO, E., 1987. Formación geológica y vegetación en la cuenca del Divisadero Largo, Mendoza. Parodiana 5(1): 73-88.
- MENDEZ, E., 1983. Dinamismo de los jarillales de *Larrea cuneifolia* y *L. divaricata* en el glacis del Atamisque, Mendoza. Deserta 7: 183-191.
- MORATELLO, J.H., 1993. Yacimiento Vizcacheras. Relatorio III (14): 441-446. en: XII° Congreso Geológico Argentino y II° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Geología y Recursos Naturales de Mendoza, V.A. Ramos (Ed.).
- REGAIRAZ, A.C., 1970. Rasgos geomorfológicos y evidencias de fenómenos de neotectónica en la Huayquería del este (Mendoza). (Primera contribución a su conocimiento). Bol. Est. Geogr. XVII (68):169-210.
- REGAIRAZ, A.C. Y E. RODRIGUEZ, 1969. Bosquejo geológico de la provincia de Mendoza. in: X Jornadas Argentinas de Botánica. Bosquejos Geográficos de la Provincia de Mendoza: 8-9
- RODRIGUEZ de, M., 1992. Carta de vegetación paranatural de los alrededores de la ciudad de Mendoza. escala 1:100.000. Bol. Est. Geogr. XXV (88):115-151.
- ROIG, F.A., 1976. Las comunidades vegetales del Piedemonte de la Precordillera mendocina. ECOSUR 3 (5):1-45.
- SANTISTEVAN, P., 1993. Yacimiento Barrancas. Relatorio III (9): 419-422. en: XII° Congreso Geológico Argentino y II° Congreso de Exploración de Hidrocarburos. Geología y Recursos Naturales de Mendoza, V.A. Ramos (Ed.).

Tabla 1. Cuadro comparativo de relevamientos

A. comunidad de *Larrea cuneifolia*, B. de *Chuquiraga erinacea*-*Hyalis argentea*, C. de *Cortesia cuneifolia*, D. de *Larrea divaricata*, E. de *Baccharis salicifolia*, p. Pioneras

Comunidad	A				B				C				D				E				p														
Relev. nº	1	7	12	14	16	17	24	19	2	20	3	4	21	13	8	22	5	23	11	29	28	6	18	26	27	15	10	9	24	25					
Exposición	N	N	W	NW	E	SW	NE	S	-	-	S	N	N	E	-	-	S	SE	E	S	-	N	-	E	W	E	-	-	-	-					
Pendiente (º)	30	30	25	20	15	35	30	30	5	2	5	5	10	10	15	5	30	25	7	10	7	5	5	3	3	5	5	7	5	3					
Suelo	Cuaternario				Terciario (grietas)				Cuaternario (salino)				Cuatern. (umbr)				Cuatern. (ripario)				Piletas (relleno)														
<i>Larrea cuneifolia</i>	32	22	22	11	+	r	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.	.	.	
<i>Zuccagnia punctata</i>	22	22	22	+	13	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Bulnesia retama</i>	+	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Pappophorum caespitosum</i>	+	+	13	.	+2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+	2	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Opuntia sulphurea</i>	+3	+	+2	23	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Capparis atamisquea</i>	.	12	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cyclolepis genistoides</i>	.	.	11	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trichomania usillo</i>	+	13	22	+	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	+
<i>Lycium tenuispinosum</i>	+	+	11	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trichloris crinita</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cochnata glutinosa</i>	+	.	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Bothriochloa springfieldii</i>	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stipa plumosa</i>	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Montea aphylla</i>	.	.	22	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pappophorum philippianum</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Wedeliella incarnata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senna aphylla</i>	+	12	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Atriplex crenatifolia</i>	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Prosopisstrum globosum</i>	+	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tephrocactus aoracanthus</i>	.	.	.	.	.	.	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tephrocactus sp.</i>	.	.	.	12	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Condalia microphylla</i>	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Lycium chilense</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Pterocactus tuberosus</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Parthenium hysterophorus</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Menodora decemfida</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Polygala mendocina</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Talinum polygaloides</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trichocereus strigosus</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Trichocereus candicans</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Geoffroea decorticans</i>	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Glandularia crithmifolia</i>	.	.	.	+3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Ximena americana</i>	.	.	.	+2	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Chuquiraga erinacea</i>	.	.	.	.	11	11	12	11	11	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Hyalis argentea var. argentea</i>	.	.	.	.	+2	+2	+2	.	+	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cercidium praecox subsp.</i>	.	.	.	+	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Allenrolfea vaginata</i>	.	.	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tessaria absinthioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Diplachne dubia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Adesmia trijuga</i>	.	.	.	.	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aristida mendocina</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Erioneuron pilosum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Schinus fasciculatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aphanostelma candolleianum</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Stipa ichu</i>	.	.	.	.	.	.	.	r	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eupatorium patens</i>	.	.	.	.	.	.	.	+	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cortesia cuneifolia</i>	.	.	.	22	.	.	.	.	32	32	22	32	14	13	+2	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nothocactus sp.</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Suaeda divaricata</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Atriplex lithophila</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Larrea divaricata</i>	.	.	.	+2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio gilliesianum</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Eruca sativa</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Salsola kali</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Aristida adscencionis</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Senecio subulatus</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Baccharis salicifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tessaria dodonaeifolia</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Tamarix gallica</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Nicotiana glauca</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Phacelia artemisioides</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Gaya gaudichaudiana</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
<i>Cortaderia rudiusscula</i>	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

Teledetección de la salinidad y revenimiento en áreas irrigadas del departamento General Alvear, Mendoza

HÉCTOR MASOTTA*, R.R HUDSON** y G. IBÁÑEZ***

* CONICET, UNC-FCA, Mendoza

** INTA, EEA Mendoza

*** CRICYT-CONAE, Mendoza

RESUMEN

El departamento General Alvear, de la provincia de Mendoza, presenta problemas de salinización en su área bajo riego. Mediante el proceso digital de imagen satelitaria LANDSAT TM de enero de 1993 se ha detectado y delimitado la superficie afectada a fin de aplicar medidas recuperatorias adecuadas.

El área de estudio comprende 78000 ha. La imagen empleada se sometió a la corrección geométrica y a diferentes programas de análisis digital. El programa de componentes principales permitió separar los elementos superficiales del terreno; a través del análisis estadístico de probabilidad se obtuvo la clasificación de los componentes del terreno, distinguiéndose 11 categorías, las que fueron corroboradas a campo y con datos de laboratorio.

Estos valores se relacionaron con los elementos de cobertura del terreno, estableciendo una clasificación definitiva que comprende 9 categorías de elementos del terreno con 4 rangos de salinidad edáfica.

Se determinó que el 75% de la superficie estudiada se encuentra salinizada y la mitad de esta, severamente afectada.

ABSTRACT

Survey in irrigated areas of the Department of General Alvear, Mendoza

The Department of General Alvear, in the Province of Mendoza, presents salinity problems in its area under irrigation. Through the digital process of the Landsat TM satellite image of January 1993, the affected surface has been detected and delimited in order to apply the adequate recuperative actions. The area under study is of 78000 ha, that underwent geometrical correction and different analysis programs. The Main Components Program permitted to separate the superficial elements of the terrain. Through the probability statistical analysis it was obtained the classification of the terrain components, and 11 categories were distinguished, that were corroborated in the field and in the laboratory. A definitive classification was done of 9 categories with 4 ranges of edaphic salinity. The 75% of the surface under study suffers salinity and the half of it is severely affected.

INTRODUCCIÓN

La degradación de los suelos por procesos de salinización es un fenómeno que se presenta indefectiblemente, con mayor o menor intensidad, en las áreas bajo riego. Las

imágenes satelitarias brindan la posibilidad de su estudio en forma rápida, precisa y a costo reducido.

El área de estudio seleccionada corresponde a las tierras bajo riego del Departamento General Alvear, aproximadamente 80000 ha, ubicadas a 330 km al SE de la ciudad de Mendoza, posee condiciones agroecológicas apropiadas para el desarrollo agrícola.

Estas tierras están severamente afectadas por procesos de revenición y salinidad de los suelos.

El objetivo del estudio es detectar y delimitar las áreas afectadas por esos procesos mediante el análisis digital de imágenes satelitarias. Para el área de General Alvear no existen estudios sobre esta problemática.

La metodología aplicada es similar a la utilizada por Ibáñez (1990 y 1994) y Somerfeidt (1984).

Los resultados logrados comprenden la caracterización de los distintos grados de afectación, su evaluación y ubicación geográfica.

MATERIAL Y MÉTODO

Se utilizó imagen satelitaria Landsat Thematic Mapper (TM) en banda 3 del espectro visible y bandas 4 y 5 del infrarrojo, de fecha 27-1-93.

El área estudiada comprende una escena de 1024 por 1024 pixels, con un poder de resolución de 30 m².

En la imagen satelitaria se ha ubicado el área regada según las siguientes coordenadas geográficas: Long. W 67° 47' hasta 67° 22' y Lat. S 34° 42' hasta los 35° 05' (Figura 1).

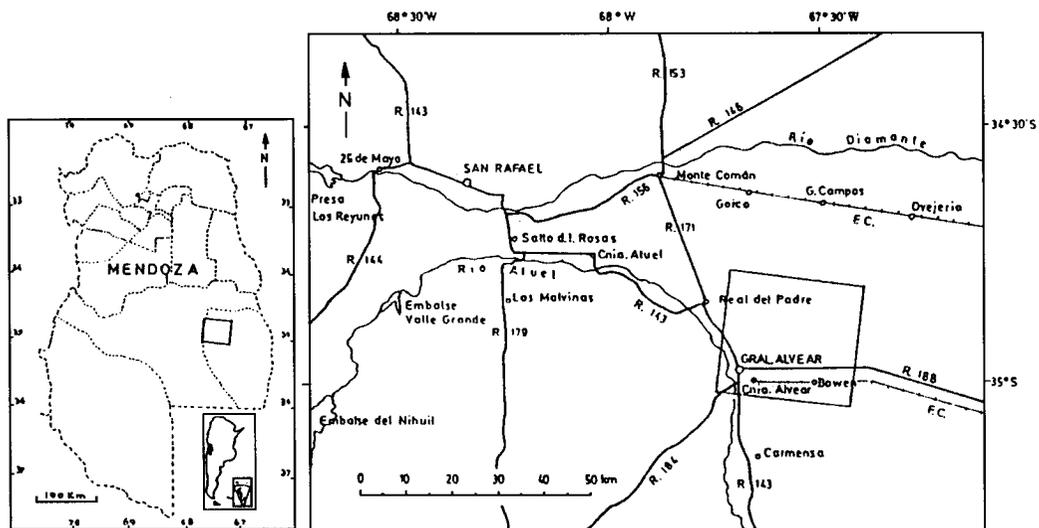


Figura 1. Ubicación del área de estudio.

La base cartográfica corresponde a las cartas topográficas San Rafael escala 1:500000, 1962 y Villa Huidobro, escala 1:500000, 1959, editadas por el Instituto Geográfico Militar.

La imagen fue corregida geoméricamente para hacer posible su correcta sobreposición con las cartas topográficas.

Se emplearon distintos programas de análisis digital, entre ellos selección de bandas, intensidad, matriz y saturación (IHS), textura, análisis de componentes principales, con distintas combinaciones de las tres bandas utilizadas, para mejor diferenciación de los elementos del terreno (ERDAS 1992).

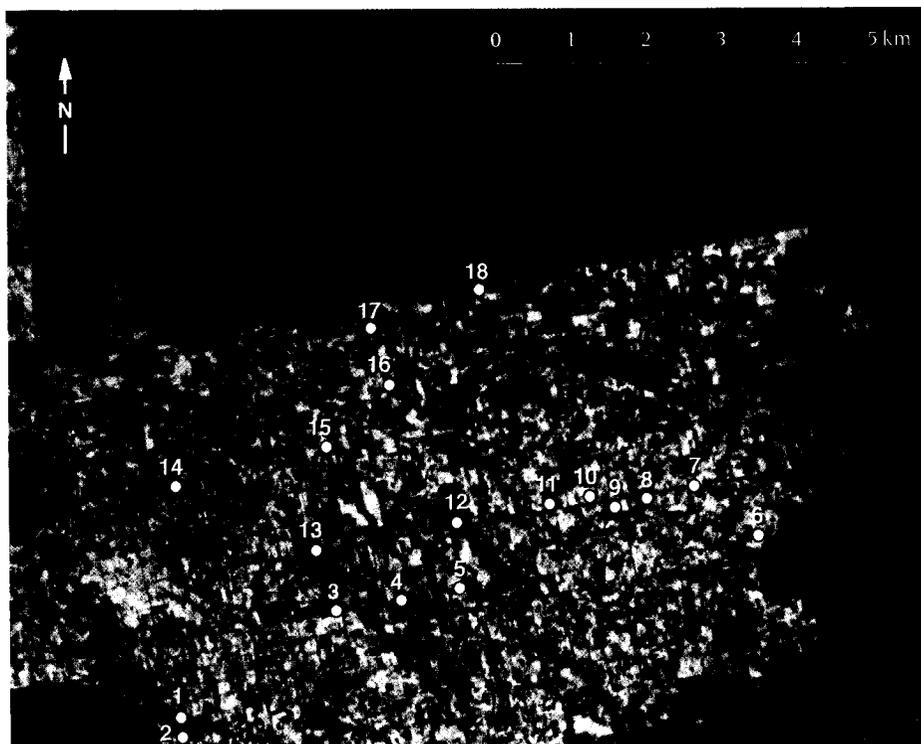


Foto 1. Imagen Landsat TM (17/1/93), color simulado, banda 3: azul; banda 4: rojo; banda 5: verde. ●: parcela de observación.



Foto 2. Imagen Landsat TM, 17-01-93, con clasificación definitiva. Apreciación visual:

- | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  Vegetación natural ribereña |  Area cultivada |  Suelos bajos incultos |
|  Vegetación natural de Monte |  Cultivos abandonados |  Agua superficial |
|  Vegetación natural achaparrada |  Suelos desnudos blancos |  Area urbana |

Mediante el empleo del análisis de componentes principales con las tres bandas y la interpretación visual se separaron distintas clases de elementos superficiales del terreno, como: vegetación natural, área cultivada, suelos salinizados, desnudos, cultivos abandonados, cauces y agua superficial (Foto 1).

Este método consiste en rotar los ejes cartesianos correspondientes a cada una de las bandas, con el objeto de hacer pasar el nuevo eje resultante por el eje mayor de los valores espectrales de dichas bandas, lo que permite lograr una mejor diferenciación entre las clases.

En función de las clases seleccionadas se estableció una clasificación no supervisada utilizando el programa ISODATA. Resultó una categorización de 40 clases. La mejor discriminación de los elementos superficiales del terreno, se obtuvo a partir de cálculos de probabilidad, dados por el valor de vecindad de cada categoría comparada. El procedimiento tiene inicio con la primera clase que posee un valor determinado, el cual es comparado con todos los valores obtenidos; esta comprobación se ubica dentro de un umbral de 95% de similitud. Se continúa así para cada uno de los valores del conjunto de puntos obtenidos. Por último se efectuó la reclasificación para obtener un mejor ajuste de cada lectura. Las 40 clases fueron agrupadas en 11 categorías (Tabla 1).

En pantalla se ubicaron y seleccionaron visualmente 17 parcelas de muestreo que fueron controladas en terreno mediante encuestas para valorar las características de los cultivos, cobertura de suelo y salinidad del perfil edáfico hasta los 50 centímetros de profundidad (Tabla 2). Cabe señalar que el tamaño de cada parcela es superior a 16 pixels o sea mayor que 14.400 metros cuadrados.

Los datos hallados en el control de las parcelas permitieron obtener una categorización de acuerdo con el contenido salino del suelo (Tabla 3). Para verificar y ajustar la clasificación inicial se identificaron y localizaron en pantalla 20 nuevas parcelas de control, que fueron observadas en terreno y analizadas en laboratorio en forma similar a las anteriores (Tabla 4). Esta comprobación permitió establecer la clasificación definitiva con una relación más estrecha entre los valores de salinidad edáfica y los elementos del terreno (Tabla 5 y Foto 2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Ibáñez *et al.* (1993), establecieron que la imagen de verano es la que da mejor respuesta para la diferenciación visual de los elementos del terreno.

El programa de análisis digital de componentes principales respondió mejor para separar los constituyentes del paisaje.

La clasificación estadística permitió separar e identificar los elementos relacionados con las condiciones superficiales del terreno.

El estudio en el terreno y análisis de la salinidad del suelo de las parcelas de muestreo seleccionadas, permitió relacionar los valores de salinidad, textura de suelo y diferentes cultivos.

Los datos de la Tabla 2 se correlacionaron mediante el procesamiento digital para ajustar la clasificación de la Tabla 1, obteniendo una nueva clasificación donde se segregan tres aspectos de la vegetación natural, de acuerdo con su ubicación y cobertura.

Con esta relación se establecieron 11 categorías con cuatro rangos de salinidad. A fin de ajustar y verificar la clasificación se efectuó un nuevo control de 20 parcelas en terreno, cuyos datos se muestran en la Tabla 4.

Esta nueva información se correlacionó con los datos anteriores, lo que permitió agrupar las clases de cultivo (a,b,c y d) por estar comprendidas en igual rango de salinidad edáfica. En tanto la clase «suelo desnudo» se segregó a una nueva clase denominada «suelos bajos incultos». La clasificación definitiva quedó integrada por 9 clases de elementos del terreno con 4 rangos de salinidad (Tabla 5).

Tabla 1. Clasificación estadística de los elementos superficiales del terreno (Método de componentes principales e interpretación visual)

Clase	Característica superficial
1	Vegetación natural
2	Cultivo a
3	Cultivo b
4	Cultivo c
5	Cultivo d
6	Cultivos abandonados
7	Suelo desnudo
8	Suelo salinizado
9	Suelo húmedo
10	Agua superficial
11	Area urbana

Tabla 2. Valores de salinidad, textura del suelo y elementos del terreno.

Parcela	CEA(dSm-1)	Textura	Elementos del terreno
1	3,57	FL	cultivo
2	1,52	F	cultivo
3	2,15	Fa	cultivo
4	3,65	F	cultivo
5	0,37	Fa	cultivo
6	1,39	Fa	cultivo
7	6,36	Fa	cultivo abandonado
8	3,37	Fa	cultivo
9	1,43	F	cultivo
10	9,14	FL	cultivo abandonado
11	2,72	FL	cultivo
12	3,62	FL	cultivo
13	14,86	FL	cultivo abandonado
14	5,04	Fa	cultivo abandonado
15	0,93	Fa	cultivo
16	2,54	F	cultivo
17	2,20	Fa	cultivo

CEA : Conductividad eléctrica actual
 dSm-1 : Decisiemens por metro

a : Arenoso
 F : Franco
 L : Limoso

Tabla 3. Relación entre salinidad edáfica y elementos del terreno.

Clase	Elementos del terreno	Salinidad del suelo
1	Vegetación natural ribereña	Ligeramente salino
2	Vegetación natural de monte	No salino
3	Vegetación natural achaparrada	Ligeramente salino
4	Cultivo a	No salino
5	Cultivo b	No salino
6	Cultivo c	No salino
7	Cultivo d	No salino
8	Cultivos abandonados	Moderadamente salino
9	Suelo desnudo	Ligera a excesivamente salino
10	Agua superficial	
11	Area urbana	

Tabla 4 : Resultados analíticos de salinidad de suelo

Parcela	CEA (dSm-1)	Elementos del terreno
18	12,25	cultivo abandonado y bajo inculto
19	3,07	cultivo abandonado
20	41,84	bajo inculto
21	45,04	bajo inculto
22	1,31	cultivo abandonado
23	44,84	bajo inculto
24	26,54	bajo inculto
25	1,92	cultivo abandonado
26	4,34	cultivo abandonado
27	5,62	cultivo abandonado
28	12,34	bajo inculto
29	49,50	vegetación natural de monte
30	20,00	vegetación natural de monte
31	2,57	cultivo abandonado
32	8,22	cultivo abandonado
33	5,62	cultivo abandonado
34	20,96	vegetación natural de monte
35	36,56	vegetación natural de monte
36	4,56	cultivo abandonado
37	0,51	vegetación natural de monte

Tabla 5. Clasificación definitiva. Relación ajustada entre salinidad y elementos del terreno

Clase	Elementos del terreno	Salinidad	dSm-1	Sup(ha)	%
1	Area cultivada	no salino	< 4	13000	17,5
2	Veg. nat. ribereña	salino	4-8	10590	13,5
3	Veg. nat. achaparrada	salino	4-8	3970	5,1
4	Cultivos abandonados	salino	4-8	5170	6,6
5	Suelo desnudo blanco	fuertem. salino	8-16	3490	4,4
6	Suelos bajos incultos	excesivam. salino	> 16	11100	14,2
7	Veg. nat. de monte	excesivam. salino	> 16	24890	31,8
8	Agua superficial	—	—	1980	2,5
9	Area urbana	—	—	3480	4,4
	Superficie total	—	—	78370	

CONCLUSIONES

El análisis digital, a través del método de los componentes principales, fue el que dio la mejor diferenciación de los elementos de la cobertura terrestre, para la imagen satelitaria del verano de 1993.

Se diferenciaron elementos del terreno relacionados con el uso del suelo, distintos tipos de vegetación natural, variadas condiciones de humedad y gradientes de salinidad.

En el área de estudio, los suelos predominantes en su capa superior, son de texturas medias y de variable contenido salino. El área salinizada representa las 3/4 partes de la superficie estudiada, en tanto que casi el 50% está gravemente afectada.

Más del 30% de la superficie explorada se ubica como suelos salinizados y revenidos, pertenecientes a las clases 2, 3 y 6 de la clasificación definitiva.

El área cultivada que no presenta problemas de salinidad posee un desarrollo normal de los cultivos. En tanto el área ligeramente afectada ve disminuida su producción y re-

quiere costos menores para su manejo con respecto a la fuertemente salinizada, donde deben efectuarse estudios previos para definir la factibilidad de su explotación.

BIBLIOGRAFÍA

- ERDAS INC., 1992. Image Processing and Multivariate Image Analysis. Atlanta, USA.
- IBAÑEZ, G., J. MORABITO, R. HUDSON, H. MASOTTA Y C. MIRABILE, 1990. The use of satellite image for saline soil detection and delimitation. En Remote Sensing in Evaluation and Management of Irrigation. Ed. M. Menenti. INCYTH - Staring Centrum, pp 103-114. Mendoza, Argentina.
- IBAÑEZ, G., R. HUDSON, H. MASOTTA Y C. MIRABILE, 1994. Detección, delimitación y control dinámico de las áreas salinas en suelos irrigados, mediante el uso de imágenes satelitarias Landsat TM. Memorias, III Congreso Internacional Ciencias de la Tierra. Santiago, Chile.
- SOMERFEIDT, T., 1984. Delineation and mapping of soil salinity in Southern Alberta from Landsat data. Canadian Journal of Remote Sensing, vol. 10.

Contaminación radiactiva en Mendoza. Caso Malargüe

PIETER SMIT

Dirección de Saneamiento y Control Ambiental (MMAUy V), Parque Gral. San Martín s/n, 5500 Mendoza

RESUMEN

Se evaluó la emanación de radón de las colas de mineral de Uranio del Complejo Fabril Malargüe. Paralelamente se registraron los niveles de concentración de radón, en diferentes direcciones y distancias, a partir de viviendas particulares de la ciudad de Malargüe. Se concluye que el impacto ambiental producido por las colas del proceso del Complejo está localizado dentro de los límites del predio. Para las viviendas el valor máximo de radiación registrado ($30,99 \text{ Bq/m}^3$) es 6,5 veces menor al límite permisible más exigente (viviendas nuevas).

ABSTRACT

Radiative contamination in Mendoza. Malargüe study case

The radio emanation of the uranium mineral heap was assessed at the Complejo Fabril Malargüe (Malargüe Manufacturing Complex). The radon concentration levels were recorded at the same time at different distances and directions, in private houses of the city of Malargüe. The conclusion was that the environmental impact produced by the waste heaps of the Complejo process is confined within the place boundaries. For the houses the maximum radiation value registered (30.99 Bq/m^3) is 6.5 times less than the most demanding limit allowed (new houses).

INTRODUCCIÓN

El continuo crecimiento de la población mundial y sus necesidades es el factor predominante en el incremento de la demanda de energía. Para satisfacer los requerimientos energéticos, surge la alternativa de la energía nuclear a partir de los recursos existentes. Surge simultáneamente como principal problema la generación de residuos.

A pesar de los esfuerzos actuales para reducir los desechos nucleares, la población del mundo continúa creciendo, aspirando a una mayor calidad de vida, consecuentemente continuará incrementándose el consumo de energía y la generación de residuos. Un uso eficiente de la energía puede contribuir a disminuir la proporción de este incremento.

Las centrales que generan electricidad en base a combustible de uranio son atractivas a muchas naciones, como una manera para reducir su dependencia en el consumo del petróleo con destino energético.

PLANTEO DEL PROBLEMA

El Complejo Fabril Malargüe se encuentra ubicado al sur de Mendoza, aproximadamente a 1 Km al este de la ciudad de Malargüe.

El Complejo constituyó una instalación industrial para el tratamiento de minerales de uranio desde 1954. Comenzó a operar como planta piloto con una capacidad nominal de 10 tn/día de mineral cupro-uranífero del yacimiento Huemul. La recuperación del uranio se efectuaba mediante lixiviación con ácido sulfúrico en cuba, recuperando ambos metales por precipitación fraccionada.

En 1962 se construyó la primera planta convencional que procesaba 100 tn/día de una mezcla de mineral de Huemul y Agua Botada. A principios de 1976 se realizó una ampliación y adecuación de la instalación con motivo de procesar mineral de Sierra Pintada (Yacimiento Tigre III). La capacidad nominal se fijó en 250 tn/día.

Las colas de mineral provenientes de los procesos de obtención de uranio y cobre llevados a cabo en esa instalación se hallan depositadas dentro del complejo en el sector este. Actualmente las colas ocupan un área de aproximadamente 6 ha, con una altura media de 6 m.

Hasta 1983 las pulpas de desechos se depositaban sobre el terreno natural, adyacente a la fábrica, sin tratamiento previo. A partir de 1984 se comenzó a neutralizar los desechos líquidos y sólidos con un exceso de cal para que los líquidos alcalinos que se infiltraban de los residuos, fueran neutralizando la masa de los efluentes. La cantidad neutralizada desde 1984 a 1986, fecha del cese de las operaciones, es del orden de las 100.000 tn.

Todos los residuos de la planta conforman en la actualidad una pila de 700.000 tn de materiales sólidos de composición heterogénea, en virtud de las minas de los yacimientos que se procesaron.

EL CASO MALARGÜE

La Autoridad Regulatoria Nacional ha efectuado monitoreos periódicos de la emanación y concentración de radón, para la evaluación de potenciales contaminaciones durante las etapas de operación y post-operación de la instalación. En base a la evaluación realizada se decidió utilizar los datos de la estación meteorológica instalada sobre la pila, esto permite tener en cuenta la influencia de la rugosidad del terreno y de la forestación circundante sobre la distribución del gas en la atmósfera.

Para los cálculos realizados se tomaron como referencia los registros del ciclo estival (enero, febrero y marzo), que es cuando se presentan las condiciones más desfavorables para la población. Se considera que por disminución de la humedad, la emanación de radón desde la pila aumenta, y siendo la concentración en el ambiente mayor, la población estaría potencialmente más expuesta.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la determinación de la concentración de radón en el aire se utilizó el método de carbón activado, según el procedimiento E.P.A. N° 520/5-87-005 Standard Operating Procedures for Radón-222 Measurement Using Charcoal Canister.

RESULTADOS

TIPO DE CONTAMINACIÓN

La problemática hidrológica del área del Complejo requiere una mayor atención dado que, de revertirse la situación actual en cuanto a la profundidad del nivel freático, se podría producir una reactivación de la lixiviación; causando el transporte de los distintos contaminantes.

La composición media de la pila de residuos es la siguiente:

-elementos radiactivos:

Uranio 80 ppm/g

Radio226 175 pCi/g

-elementos no radiactivos:

Cromo 10-30 g/tn

Vanadio 30-100 g/tn

Molibdenu 30 g/tn

Cobre 590 g/tn

Níquel 30-100 g/tn

Cobalto 30 g/tn

-reactivos químicos del proceso.

Productos químicos utilizados durante el procesamiento:

Acido sulfúrico, Amina terciaria, Isodecanol, Carbonato e Hidróxido de sodio, Bióxido de manganeso.

El radio 226 con un período de semidesintegración de 1600 años decae a radón 222. El radón 222 con un período de semidesintegración de 3,8 días decae a numerosas hijas de vida corta, todas sólidas. La fracción de radón que llega a la superficie de la pila: 8-12 Becquerel/m²/seg., es dispersado por el viento decayendo durante su transporte a Po-216, Pb-214 y Bi-214, todos sólidos.

En las tablas 1 y 2 se presentan los valores registrados de Radón en aire en las colas y en viviendas de la ciudad respectivamente, a diferentes distancias.

Tabla 1. Concentración natural de radón en aire a diferentes distancias del Complejo Fabril Malargüe (CNEA) (Concentración de fondo).

Sector		Concentración Rn aire (Bq/m ³)	
Rumbo	Distancia (m)	Interno	Externo
N	25000	3,89	2,04
E	20000	42,55	21,09
ESE	15000	12,40	16,10
S	7000	-	5,00
SW	8000	-	0,00
WSW	6500	8,14	1,48
W	7500	38,11	7,40
WNW	14000	4,93	9,03
NW	10000	0,00	6,11

Las colas de mineral almacenadas en el Complejo contienen pequeñas cantidades de uranio (g/tn), que dan origen a otros elementos como por ejemplo Radio 226, Radón 222, etc. El Radón da lugar a otros productos radiactivos que eventualmente pueden llegar a ser una vía importante de exposición a la población. El Radón que se encuentra en el ambiente está influenciado por los factores meteorológicos: velocidad del viento, lluvias, presión barométrica, heladas, etc., por la topografía, estructura de la vegetación, etc.

Los registros de la Tabla 1 fueron tomados según las direcciones más frecuentes del viento y a distancias de 6 km a 25 km de la pila de residuos, en el interior y exterior de las viviendas. A estos registros promedios se los considera por lo tanto como concentraciones naturales de fondo.

Las viviendas fueron caracterizadas desde el punto de vista de su material de construcción y ventilación, a fin de analizar las mediciones de Radón, tanto en el interior como en el exterior de las mismas.

A una distancia mayor de 500 m de las colas, los valores de concentración de Radón en aire son semejantes a los encontrados como naturales en la zona, aún en mediciones con viento soplando en la dirección más desfavorable respecto de la vivienda.

La tendencia de los valores medios obtenidos, tanto en el interior como en el exterior de las viviendas, no es creciente en ningún caso. Comparando puntualmente las concen-

Tabla 2. Concentración de Radón en aire de viviendas de la ciudad de Malargüe, por rangos de distancia en metros.

Sector		Concentración Rn aire (Bq/m ³)	
Rumbo	Rango distancias (m)	Interno	Externo
NE	0-500	39,41	46,56
SE	0-500	30,00	10,01
S	500-1000	1,55	0,06
S	1000-1500	0,37	1,05
S	1500-2000	0,00	0,00
SSW	0-500	8,57	1,60
SSW	500-1000	10,24	1,78
SSW	1000-1500	2,18	8,24
SSW	1500-2000	1,15	0,00
SSW	2000-2500	1,06	0,00
SW	500-1000	5,63	2,45
SW	1000-1500	0,21	1,06
SW	1500-2000	5,74	1,63
SW	2000-2500	1,71	0,00
SW	2500-3000	5,21	1,69
SW	3000-3500	0,82	4,58
SW	3500-4000	18,96	0,00
SW	4000-4500	6,17	0,00
WSW	0-500	3,18	10,97
WSW	500-1000	3,13	0,66
WSW	1000-1500	6,53	3,89
WSW	1500-2000	4,34	1,64
WSW	2000-2500	7,51	6,57
WSW	2500-3000	4,44	8,93
WSW	3000-3500	1,85	0,00
WSW	3500-4000	5,18	0,00
W	500-1000	2,19	0,96
W	1000-1500	0,00	1,30
W	1500-2000	1,48	0,00
W	2000-2500	30,99	0,00
W	2500-3000	13,69	1,97
W	3000-3500	3,15	3,53

traciones más altas obtenidas con el nivel de alerta propuesto por la I.C.R.P. (Comisión Internacional de Protección Radiológica) de: 400 Becquerel/m³ para viviendas en uso y de 200 Becquerel/m³ para viviendas nuevas, no surge valor alguno que se aproxime a los valores permitidos.

CONCLUSIONES

Dado que el tema radiactivo es de preocupación general, el riesgo desde el punto de vista radioproteccionista radica en el Uranio 238, Radio 226, Radón 222 y sus hijas.

El impacto ambiental producido por las colas de proceso del Complejo está localizado dentro de los límites del predio del mismo, no produciendo efectos significativos sobre la salud de la población.

El valor más alto de radiación registrado en viviendas de la ciudad (30,99 Bq/m³) es 6,5 veces menor al límite permisible más exigente (viviendas nuevas).

En la ciudad de Schneeberg en Alemania (Figura 1), una zona de alta actividad minera y granítica, los valores de radón alcanzaron en las viviendas (con puertas y ventanas cerradas durante 24 horas) altas concentraciones (más de 100.000 Bq/m³), debido en este caso a la presencia de galerías subterráneas que funcionan como ductos acumuladores de radón a escasa profundidad. El suelo está constituido por material granítico sin cubierta cuartaria.

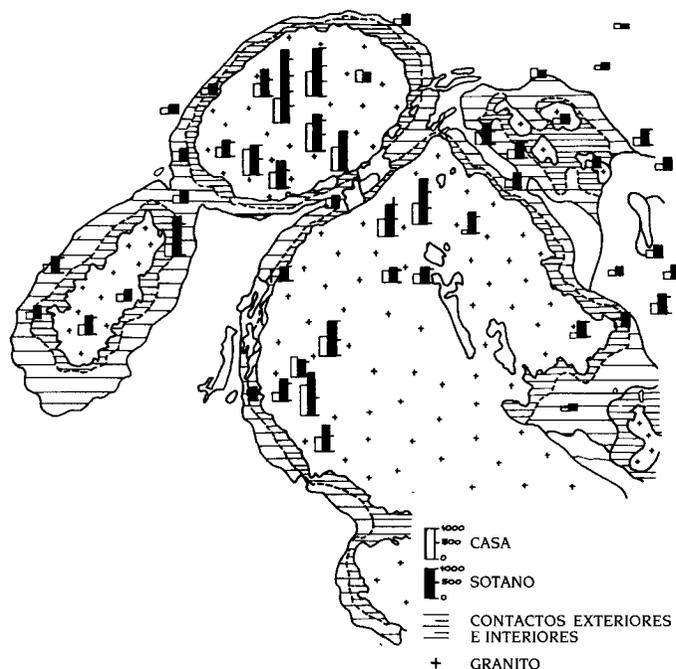


Figura 1. Valores medios de concentración de Radón 226 (Bq/m³) en viviendas sobre suelo granítico en Schneeberg, Alemania

BIBLIOGRAFÍA

- BASKERVILLE, G.I. and K.L. BROWN, 1984. The different worlds of Scientist and Reporters. Forestry Focus of the New Brunswick University, Canadá.
- BUNDESAMT FÜR STRAHLENSCHUTZ, 1992. Radiologische Erfassung. Schriften 8.
- CNEA, 1993. Mediciones de radón. Gerencia de área ciclo de combustible.
- O.I.E.A., 1992. Measurement and calculation of radón releases from uranium mill tailings. Technical Reports Series 333. Vienna.
- SOCIEDAD ARGENTINA DE RADIOPROTECCION, 1992. El Proyecto Internacional Chernobil. S.A.R. 9/10.
- WEINBERG, A.M., 1984. Nuclear Power: Both Sides. Norton and Company Inc. Eds. USA.

Colas de mineral y vías de transferencia de la contaminación en el área del Complejo Fabril Malargüe, Mendoza

PIETER SMIT

Dirección de Saneamiento y Control Ambiental (MMAUyV), Parque Gral. San Martín s/n 5500, Mendoza

RESUMEN

Se evaluó, en el área del Complejo Fabril Malargüe, la radiación externa producida por las colas de mineral de uranio comparativamente con los niveles de radiación considerados de fondo (55 c/s). En los tres depósitos de residuos (A, B y C) se observó un incremento de radiación de Radón significativo entre 3 m y 5 m de profundidad superior a 400 pCi/g. En agua subterránea, medida a 500 m al NE del Complejo se observó un incremento en el mes de marzo de los valores de Ca, Mg, Fe, Ti, Co, Ni, Na, K, Li y Al. Se describe someramente la situación del Complejo Fabril Sierra Pintada de San Rafael.

ABSTRACT

Mineral heaps and transference routes for contamination in the area of the Complejo Fabril Malargüe, Mendoza

External radiation produced by uranium hepas was comparatively assessed with radiation levels considered as bottom (55 c/s). It was observed a significant Radon radiation increase between 3 and 5 m of depth, above to 400 pCi/g. In underground water measured at 500 m, NE of the Complex, an increase was observed during March of the Ca, Mg, Fe, Ti, Co, Ni, Na, K, Li and Al values. The situation of the Complejo Fabril Sierra Pintada, San Rafael, is briefly described.

INTRODUCCIÓN

Para evaluar el impacto ambiental producido por las colas del proceso se han realizado numerosos estudios partiendo de los conocimientos teóricos de transferencia al hombre, con los cuales se ha podido estimar las vías críticas y su incidencia sobre la salud pública.

Estas vías críticas dependen del ambiente local por lo cual deberán determinarse para cada lugar en particular.

Con el presente estudio se pretende identificar las vías críticas del Complejo Malargüe.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la evaluación de la radiación externa producida por los residuos se compararon los niveles de radiación con los considerados niveles de fondo natural. En relación con la

potencial contaminación de aguas superficial y subsuperficial se realizaron muestreos hidroquímicos durante la etapa operacional y postoperacional del Complejo (1988-1993). Para la determinación de concentración de Radón en aire se utilizó el método de carbón activado (procedimiento E.P.A. N° 520/5-87-005 Standard Operating Procedures for Radón 222 Measurement using charcoal canisters).

Se elaboraron perfiles verticales de radiactividad en las pilas de colas de mineral de uranio, para lo cual se efectuaron diez sondeos, extrayéndose 66 muestras, de las pilas A, B y C (Figura 1). La radiación se midió con scintilómetro SRAT SPP- 2-NF.



Figura 1. Ubicación de los muestreos en las colas de mineral de Uranio

RESULTADOS

La radiactividad medida - c/s - (cuentas/seg/gamma) permite determinar la homogeneidad/ heterogeneidad de los valores registrados (Figuras 2, 3 y 4). En la Figura 2, correspondiente al dique de colas A, con una actividad de fondo de 55 c/s, se registró entre 0-1 m una actividad de 1145 c/s, luego disminuye levemente hasta los 3 m, para incrementarse entre los 3 a 5 m hasta los 1495 c/s. A partir de los 5 m hay una significativa disminución de los valores (795 c/s).

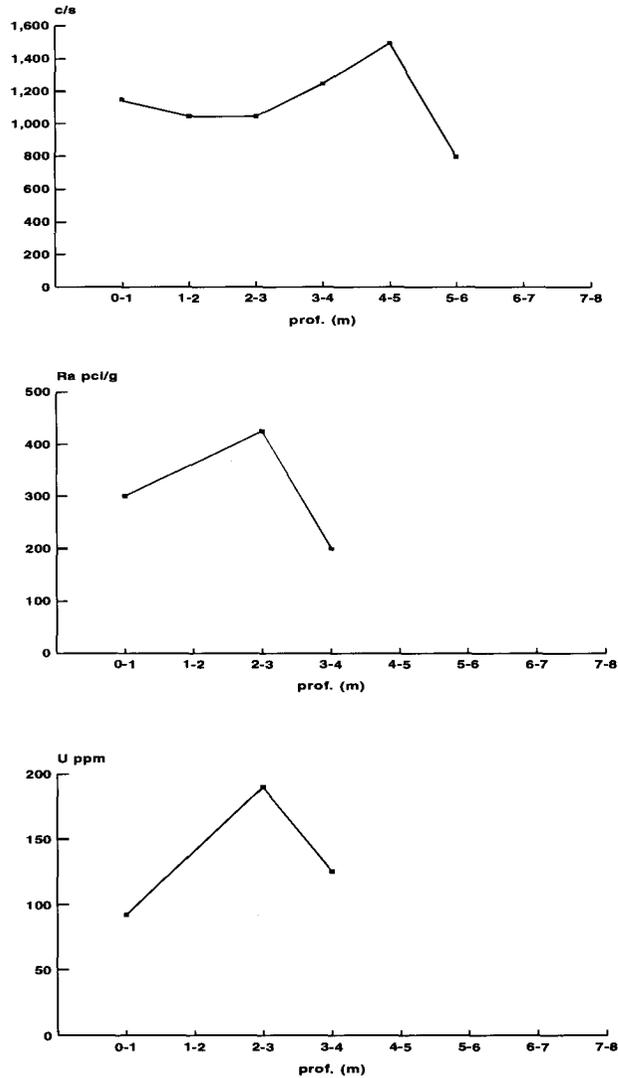


Figura 2. Determinación de la radiactividad a diferentes profundidades en el dique de cola A (c/s: cuentas por segundo, Ra pCi/g: Radio en pico Curies por gramos, Uppm: Uranio en partes por millón)

La Figura 3, referida al dique de colas B, con actividad de fondo de 55 c/s, muestra también los mayores registros entre los 2 y 5 m, con valores superiores al dique A.

La Figura 4 muestra los registros para el dique de colas C, con actividad de fondo de 55 c/s. En este caso hasta los 4 m los valores son casi constantes, incrementándose significativamente entre los 4 y 6 m, para luego decrecer a los valores iniciales hasta los 8 m.

En base a esta información se realizó una selección de muestras y se determinó Uranio natural y Radio-226 para verificar la posible relación entre radiactividad y concentración de radio en las colas.

Dado que las colas de mineral son residuos con Radio-226 y Uranio en desequilibrio, los resultados de los análisis han sido incluidos como datos complementarios en las figuras 2,3 y 4.

A partir de los datos obtenidos de concentración de Radio-226, se calculó la emana-

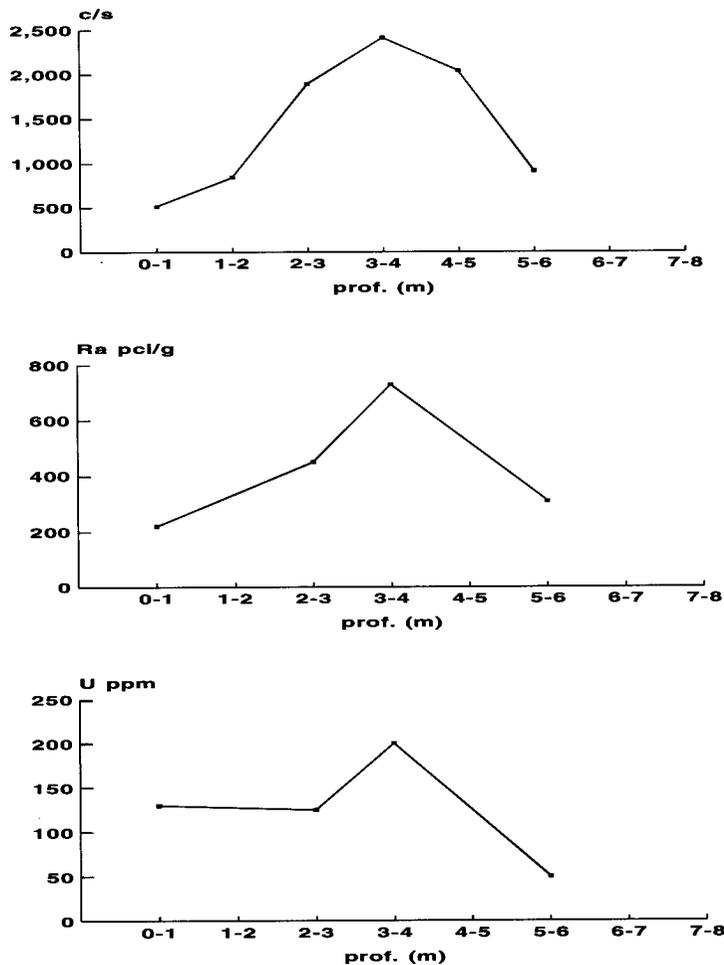


Figura 3. Determinación de la radiactividad a diferentes profundidades en el dique de cola B (c/s: cuentas por segundo, Ra pCi/g: Radio en pico Curies por gramos, Uppm: Uranio en partes por millón)

ción de Radón-222/m² y la capa de tierra necesaria para disminuir esta emanación a 0 Bcq/m²/s. Para este cálculo se emplearon las siguientes ecuaciones simplificadas:

$$F = R \cdot \rho \cdot E \cdot \sqrt{\lambda \cdot Dt}$$

donde:

F= flujo de Radón-222 (Bcq/m²/s)

ρ = densidad del material (Kg/m³)

E= coeficiente de emanación (0,2)

Dt= coeficiente de difusión (m²/s)

λ = constante de decaimiento ($2,06 \times 10^{-6}$ /s)

R= concentración de Radio-226 (Bcq/Kg)

Producción de Radón-222:

P= E.R. (Bcq/Kg/s)

Concentración de Radón-222:

T= .R.E. λ (Bcq/m³/s)

De acuerdo al Informe Técnico N° 333 (Medición y cálculo de emanación de Radón de colas de mineral de Uranio) de la OIEA.

En la Tabla 1 se presentan los resultados de la determinación de Radio-226 (pCi/g) según muestras de las tres pilas y a distintas profundidades.

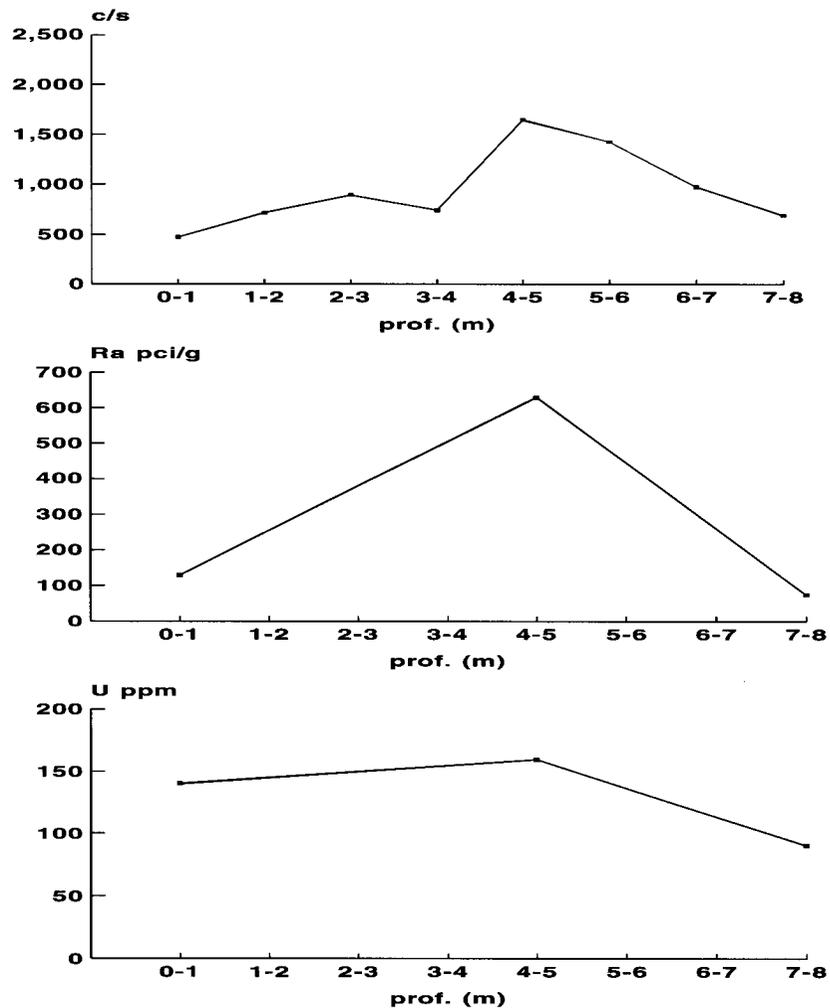


Figura 4. Determinación de la radiactividad a diferentes profundidades en el dique de cola C (c/s: cuentas por segundo, Ra pCi/g: Radio en pico Curies por gramos, Uppm: Uranio en partes por millón)

Tabla 1. Concentración de Uranio ($\mu\text{g/g}$) y Radón-226 (pCi/g) a distintas profundidades en las colas de mineral de uranio. Malargüe.

Muestra N°		Profundidad m	U $\mu\text{g/g}$	Ra-226 pCi/g
CNEA	Perforación			
9970	A3	0-1	145	178
9971	A3	2-3	173	399
9975	A3	3-4	84	243
9972	C4	0-1	125	131
9973	C4	4-5	135	664
9974	C4	7-7,65	70	81
9976	B1	3-5	172	771

Paralelamente se extrajeron muestras de agua subterránea, entre enero y junio de 1994, cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Resultados analíticos de las muestras de agua subterránea obtenidas por la Dirección Saneamiento y Control Ambiental, Mendoza.

Elemento	Fecha de muestreo					
	1/94	2/94	3/94	4/94	5/94	6/94
U- $\mu\text{g/ml}$.	3,8	4,0	2,9	5,9	—	—
Ra ²²⁶ pCi/l.	0,2	2,9	397	6,0	106,4	0,86/gr
Ca- $\mu\text{g/ml}$	200	65	7800	430	—	—
Mg- $\mu\text{g/ml}$	13	24	1700	180	—	—
Fe- $\mu\text{g/ml}$	ND	0,2	13	0,1	—	—
Cu- $\mu\text{g/ml}$	ND	0,1	0,3	0,1	—	—
Mo- $\mu\text{g/ml}$	0,2	ND	0,3	0,4	—	—
Cr- $\mu\text{g/ml}$	ND	0,1	0,2	0,1	—	—
Ti- $\mu\text{g/ml}$	5	7	8	4	—	—
Pb- $\mu\text{g/ml}$	0,3	1,0	1,3	0,2	—	—
Cd- $\mu\text{g/ml}$	ND	0,1	0,5	0,1	—	—
Si- $\mu\text{g/ml}$	ND	ND	ND	ND	—	—
Co- $\mu\text{g/ml}$	ND	0,1	0,8	0,2	—	—
Ni- $\mu\text{g/ml}$	0,2	0,1	0,7	0,2	—	—
Zn- $\mu\text{g/ml}$	ND	0,1	0,3	0,1	—	—
Na- $\mu\text{g/ml}$	180	4900	35000	3700	—	—
K- $\mu\text{g/ml}$	3,8	32,0	430	26,0	—	—
Li- $\mu\text{g/ml}$	ND	1,8	3,3	0,5	—	—
Mn- $\mu\text{g/ml}$	0,1	0,1	1,0	0,2	—	—
V- $\mu\text{g/ml}$	ND	ND	ND	ND	—	—
Al- $\mu\text{g/ml}$	2	4	7	3	—	—
PH	7,7	8,7	6,4	8,4	—	—

Las muestras obtenidas en una propiedad privada ubicada 500 m al NE del Complejo Fabril Malargüe, evidencian un incremento de los valores de Ca ($\mu\text{g/ml}$), Mg ($\mu\text{g/ml}$), Fe ($\mu\text{g/ml}$), Ti ($\mu\text{g/ml}$), Co ($\mu\text{g/ml}$), Ni ($\mu\text{g/ml}$), Na ($\mu\text{g/ml}$), K ($\mu\text{g/ml}$), Li ($\mu\text{g/ml}$) y Al ($\mu\text{g/ml}$) en el mes de marzo.

La Figura 5 muestra la ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea y cortes hidroquímicos efectuados.

Las Figuras 6, 7, 8 y 9 muestran los valores registrados de contenido de Ca, Na, conductividad eléctrica y variaciones de pH respectivamente (para piezómetros ubicados al este de la pila), para el período de muestreo comprendido entre junio de 1987 y julio de 1993.

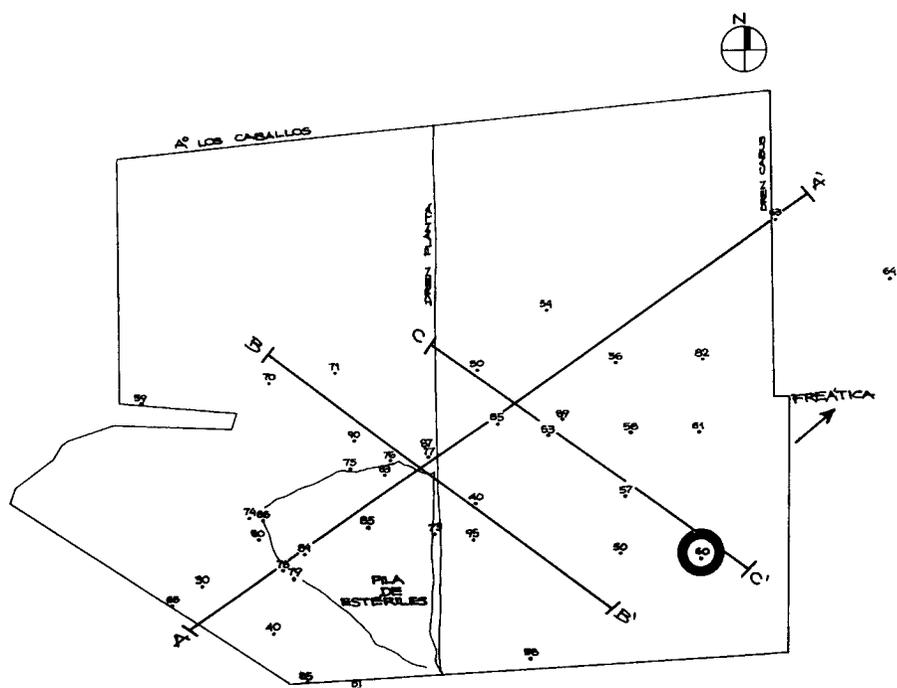


Figura 5. Ubicación de los puntos de muestreo de agua subterránea.

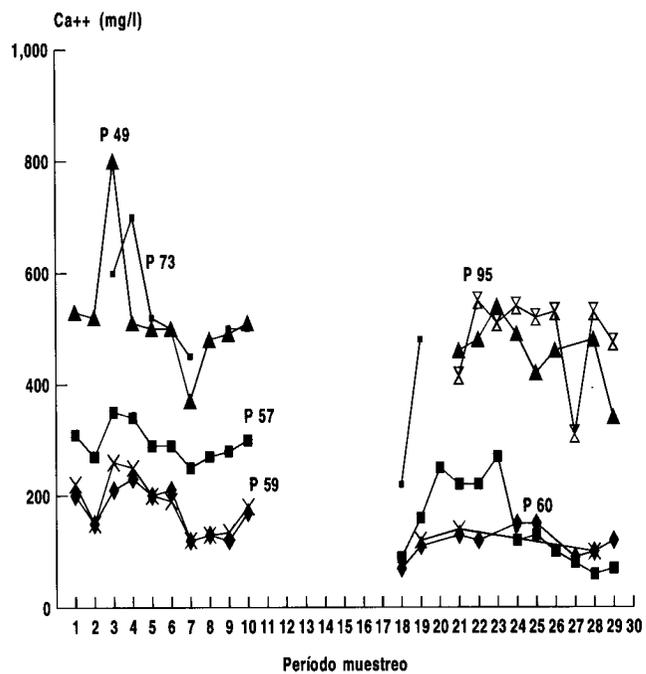


Figura 6. Variación del contenido del ion Ca++ (P: pozo)

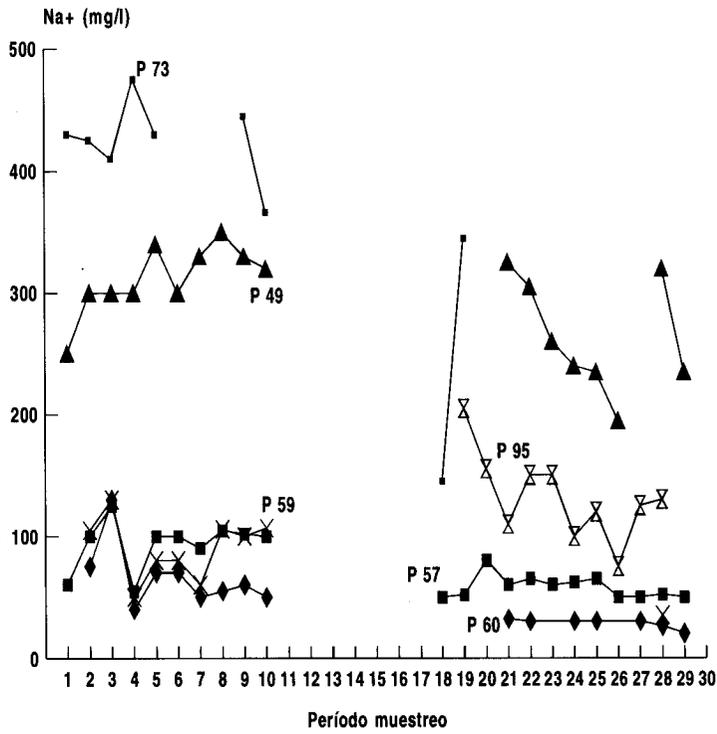


Figura 7. Variación del contenido del ion Na+ (P: pozo)

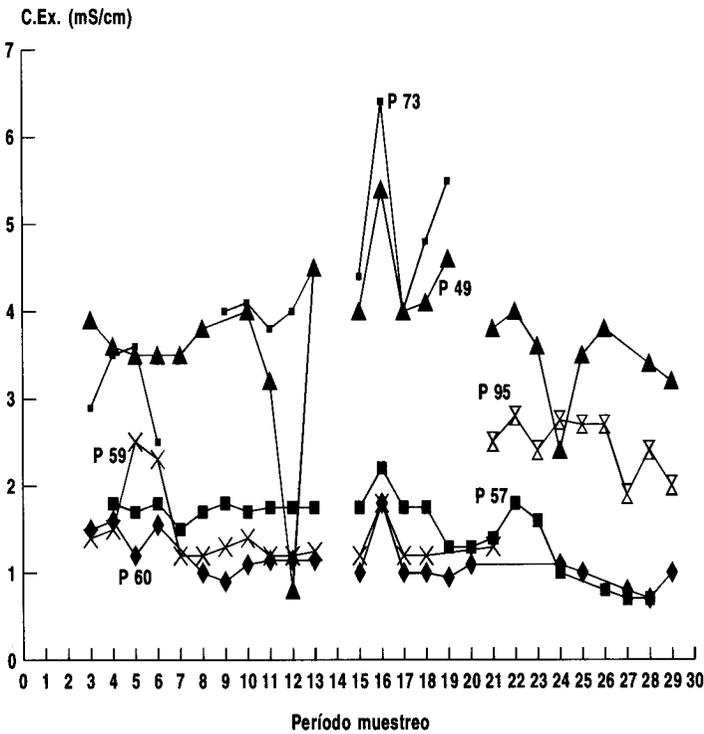


Figura 8. Variación de la Conductividad eléctrica (P: pozo)

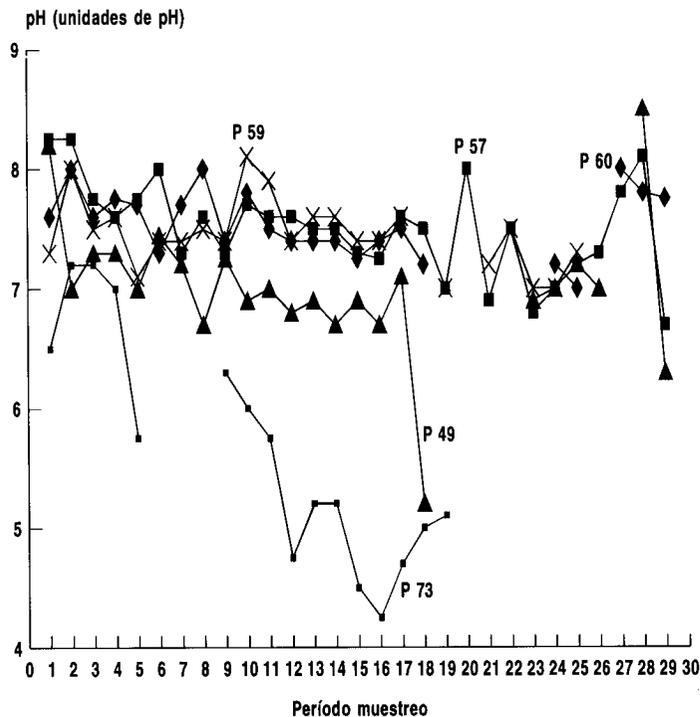


Figura 9. Variaciones de pH (P: pozo)

SITUACIÓN DEL COMPLEJO FABRIL SIERRA PINTADA-SAN RAFAEL

Actualmente hay aproximadamente 1.700.000 tn de residuos radiactivos almacenados en el Complejo, además de efluentes líquidos y lodos radiactivos contenidos en los diques de evaporación. Teniendo en cuenta que el mineral que se procesa en la planta contiene alrededor de 1 Kg Uranio por tonelada de material (Ley), para alcanzar la producción nominal de la planta de 120 tn de Uranio por año, se requiere procesar 160.000 tn anuales de mineral.

Los efluentes líquidos son neutralizados con cal, parte de ellos son reciclados y el resto depositado en dique de evaporación. Los líquidos neutralizados tienen tenores de elementos radiológicos inferiores a los admisibles para el agua de beber (12 pCi/l Radio-226). Así por ejemplo, lo indican las muestras realizadas en el dique de evaporación N° 4 y a la entrada y salida del arroyo El Tigre:

	pH	Uppgiga
Dique N° 4	7,0	4,079
Muestra N° 9 (entrada)	8,3	4,1
Muestra N° 86 (salida)	8,0	18,0

Mensualmente se envían tambores desde la provincia de Córdoba con residuos sólidos no recuperables, generados por el proceso de producción de dióxido de uranio, con el fin de ser enterrados en fosas de 50x4x4 m. en las pilas de los minerales estériles del Complejo. Estos residuos deben provenir de la materia prima obtenida en Mendoza. En promedio retornan 65 tambores por mes conteniendo residuos sólidos no recuperables y 85/mes con tierra de diatomeas.

La pulpa que contienen los tambores tiene, en promedio, la siguiente composición química:

Uranio 0,1-0,3%
Humedad 60-75%
P₂O₅ 0,1-0,7%
Fe 3,0-7,0%
NH₄ 2,0-5,0%
Mg 1,0-2,0%
Ca 10-13%
SiO₂ 10-13%
Tierra de diatomeas 1,0-3,0%
pH 7,0-8,5%

Según la muestra N° 10680 de CNEA (Julio 1994) la concentración de los metales pesados en los tambores es:

Fe 26,45 g/100g
Mn 2600 µg/g
Co 40 µg/g
Cu 100 µg/g
Ni 120 µg/g
Zn 1100 µg/g
Cr 1050 µg/g
Mo 400 µg/g
V 250 µg/g
Cd 20 µg/g
Ti 400 µg/g

Esta concentración momentáneamente no se considera alarmante, pues se encuentra en tambores metálicos herméticamente cerrados. Con el paso del tiempo la corrosión llevará a que se pierda hermeticidad y la percolación del agua de lluvia lixiviará los elementos químicos contenidos en estos residuos.

Energía Nuclear. Perspectivas y futuro

PIETER SMIT

Dirección de Saneamiento y Control Ambiental (MMAUyV), Mendoza.

RESUMEN

Se hace referencia al desarrollo mundial de la energía nuclear. Se estima que en el mundo se han producido y acumulado residuos nucleares de alta toxicidad en el orden de 20.000 a 25.000 tn. Alemania lidera la eliminación de los residuos nucleares en depósitos naturales subterráneos de sal. India posee la mayor diversidad de tecnología y experiencia nuclear de los países del tercer mundo, desarrollando su programa nuclear con tecnología propia. Se considera que la primera era nuclear está alcanzando su fin en muchos países. El futuro de la energía nuclear es una decisión política y económica, considerando que una mayor eficiencia en el uso de la energía actualmente producida podría asegurar el consumo necesario para 8.000 millones de habitantes.

ABSTRACT

Nuclear energy - perspectives and future

Reference is made to the world development of nuclear energy. It is estimated that in the world there has been produced and accumulated nuclear waste of high toxicity in the order of 20000 to 25000 tn. Germany leads the elimination of nuclear waste in natural underground salt deposits. India has the highest diversity in nuclear technology and experience in the third world countries, having developed its nuclear program with its own technology. It is considered that the first nuclear era is reaching its end in many countries. The future of the nuclear energy is a political and economical affair, considering that a higher efficiency in the use of the presently produced energy would ensure the needed consume for 8000 millions inhabitants.

INTRODUCCIÓN

Aunque la fisión del átomo se realizó por primera vez en 1938, hasta principios de la década de 1950 no se emprendieron programas de investigación y desarrollo importantes. Debido a ello la energía nuclear comercial posee una historia breve. Al comienzo de los años 60 las compañías privadas de servicio empezaron a aceptar la nueva tecnología como algo maduro y competitivo con otras fuentes de energía. A partir de la década del sesenta y principios de la del setenta, se generó el gran mercado triunfante para la energía nuclear, por lo que en EE.UU. se incrementaron con rapidez las plantas de energía nuclear. Esto se consideró inevitable para satisfacer la futura demanda de electricidad, la cual se duplicaba cada 10 años. También en Europa, el rápido aumento en la demanda de electricidad y la escasez relativa de fuentes energéticas locales impulsó a la energía nuclear a un lugar de elevada prioridad.

En el tercer mundo la energía nuclear se aceptó como alternativa válida ante la dependencia del petróleo importado. La crisis petrolera de 1973/74 se consideró en general como garantía definitiva de que la energía nuclear resultaría la fuente energética primordial en el mundo. Sin embargo desde fines de los 70 los gastos extraordinarios de los proyectos nucleares han llevado a que los costos financieros de una planta nuclear sean actualmente el triple que los de una planta de combustible fósil. De esta manera la energía nuclear ha perdido un espacio económico sustancial frente a la energía carbonífera. Sólo en unas pocas naciones las nuevas plantas nucleares constituyen una fuente de energía algo más barata que las nuevas plantas de carbón y petróleo. Además dicha energía no resulta económica comparada con la inversión necesaria para mejorar la eficiencia en el uso de la energía. Simultáneamente los marcados descensos en los índices de aumento de la demanda de electricidad en muchas naciones ha eliminado la necesidad de varias plantas nucleares que están en construcción.

El alza en el costo de la energía nuclear continúa provocando grandes desacuerdos. Por lo general, los fabricantes de componentes nucleares culpan de esto a un exceso de regulación gubernamental, o a planes económicos severos; mientras que los críticos responsabilizan a la administración inepta o a la tecnología defectuosa. Sin embargo la seguridad constituye, indudablemente, el aspecto más importante que marca las tendencias de los costos en la industria nuclear.

Parte importante de los gastos extraordinarios de las plantas planificadas en los años 70 pueden atribuirse a las licitaciones desmesuradamente bajas hechas por los fabricantes para tratar de vender sus productos a los servicios públicos. Así los ingenieros descubrieron correcciones muy costosas como por ejemplo el sistema E.C.C. (Emergency Core Cooling) o sistema de enfriamiento de emergencia del núcleo, que se agregaron a las centrales de Canadá y EE.UU. en la década de los ochenta.

El diseño de las plantas se complicó aún más en la búsqueda de un aumento del tamaño, a fin de reducir el costo por kilovatios. Las plantas ordenadas en los Estados Unidos se incrementaron con valores medios de 300 megavatios en 1962 a 700 megavatios en 1965 y 1150 megavatios en 1972. Así, para fines de los años 60, las plantas nucleares en construcción eran seis veces más grandes que cualquiera de las que funcionaban anteriormente.

El mayor tamaño hizo más vulnerables a las mismas, no por un efecto de explosión del reactor nuclear, lo que físicamente es imposible, sino por un sobrecalentamiento del combustible de uranio en el núcleo por fallas en el sistema primario de enfriamiento del núcleo, pudiendo dañar el recipiente que lo contiene, derivando en un derretimiento.

Desde principios de la década del sesenta las estructuras contenedoras resultaron esenciales para evitar la fuga de materiales radiactivos. Luego se hizo necesario que se perfeccionaran los sistemas de enfriadores de emergencia para núcleos, que eliminan el calor de éstos en caso de avería, introduciéndose sistemas sustitutos. El tiempo de respuesta de los diversos sistemas de seguridad tuvo que ser acortado y cada uno se tornó mucho más complicado.

Para 1970, cuando empezó a funcionar la primera planta nuclear con capacidad superior a los 600 megavatios, ya habían sido solicitadas más de 50 plantas del mismo tamaño o mayores. La experiencia de estas nuevas plantas de gran magnitud produjo sorpresas desagradables. Las bombas, válvulas y sistemas eléctricos se averiaron, hubo incendios, fugas de agua radiactiva contaminaron a los trabajadores y a los equipos. En muchas ocasiones los sistemas de seguridad esenciales se vieron afectados por accidentes. Problemas similares podrían haber acosado a nuestra fábrica de automóviles automatizada o una planta de cemento, pero tratándose de plantas nucleares dieron lugar a serias preocupaciones de seguridad.

El casi derretimiento de la planta nuclear de Three Mile Island, en 1979 en el estado de Pennsylvania, generó una nueva oleada de cambios en el diseño y construcción de las plantas, aún fuera de los Estados Unidos. El accidente reveló debilidades en los sistemas de seguridad, surgiendo una amplia gama de problemas técnicos a corregir.

El accidente de Chernobil en la Ex-Unión Soviética tuvo un impacto social y ambiental

inédito en la historia de la industria atómica en el mundo. Significó la mayor liberación de material radiactivo jamás registrada proveniente de una sola fuente y en un período breve. Sólo cuatro de los materiales liberados desde el núcleo del reactor han dominado la situación radiológica. Entre ellos el Yodo (principalmente Yodo-131), Cesio (Cesio-134 y Cesio-137), Estroncio-90 y Plutonio (Plutonio-239 y Plutonio-240)

También se descargaron fragmentos de elementos combustibles altamente radiactivos (partículas calientes).

El accidente se adjudica a una tecnología anticuada que no puede ser comparada con la empleada en la construcción de la planta nuclear de Córdoba o Atucha. Lo ocurrido en Chernobil no puede suceder en Argentina, debido a que los diseños son diferentes. El reactor de Chernobil usa como moderador el grafito, al producirse el accidente, el grafito se calienta y se quema; mientras que los reactores CANDU como el de Río Tercero utilizan agua pesada que no se quema.

Importantes gastos no previstos pueden inclinar aún más la balanza económica en contra de la energía nuclear. Un costo de este tipo se relaciona con la eliminación de residuos nucleares.

Los desechos radiactivos son un subproducto inevitable de la generación de energía nuclear. Desde la extracción minera del material de uranio hasta la fabricación de combustibles y el funcionamiento de la planta, muchos productos de desechos con diversos grados de radiactividad deben ser eliminados adecuadamente. Son particularmente contaminantes los conjuntos de combustibles gastados, de alta radiactividad, que se retiran con frecuencia del núcleo reactor, los cuales deben aislarse del contacto durante cientos o miles de años. En el mundo, como residuos de las plantas nucleares, se han producido y acumulado en el orden de las 20.000 y 25.000 toneladas de residuos de alta toxicidad. En su mayoría permanecen almacenados en instalaciones temporarias en piletas en el emplazamiento de los reactores. Por motivos de seguridad y salubridad, a nivel mundial se ha buscado enterrarlos en formaciones geológicas estables. La Bundes Republic (Alemania) va a la cabeza en la eliminación de los residuos en depósitos naturales de sal subterráneos.

El desguace de las antiguas plantas nucleares plantea situaciones económicas de difícil solución. El término **poner fuera de servicio** es erróneo, porque denota un procedimiento tradicional y rutinario común a cualquier industria, similar al abandono de una mina de carbón. Pero las plantas nucleares que han trabajado durante varias décadas, constan de muchas partes radiactivas que deben recibir tratamiento para muy largo plazo (siglos).

Una forma de tratamiento es la llamada de entierro; consiste en sellar una planta con hormigón reforzado y colocar protectores por un período indefinido. Sin embargo este método, aunque resulta económico, plantea inaceptables problemas ambientales a largo plazo, especialmente porque algunos productos de fisión siguen siendo radiactivos hasta 100.000 años, evidentemente mucho después que ha concluido la vida útil del hormigón.

Otro problema fundamental consiste en asegurar la integridad de las instituciones humanas para cumplir durante siglos sus deberes de protección. El método que surge como más factible para retirar del servicio a las plantas nucleares es desmantelarlas y transportar los materiales radiactivos a lugares especialmente preparados para recibirlos, tema hasta hoy no resuelto por problemas de seguridad. Si se considera que la vida útil de una central nuclear ronda los 30 años, es posible deducir la complejidad del problema.

En Alemania por ejemplo se reservan fondos (para poner fuera de servicio las plantas nucleares) equivalentes al 17% del costo de construcción de una central nuclear. En EE.UU. la cifra de referencia que se exige es del 10%.

En EE.UU. se eliminaron en total 87 centrales nucleares entre 1975 y 1984, que significó una pérdida neta de 83.000 megavatios en la capacidad generadora futura. El receso nuclear en este país es profundo, sólo dos centrales nucleares ordenadas en los últimos diez años no se han cancelado subsecuentemente.

Las primeras cancelaciones fueron de bajo costo, en momentos en que la construcción era incipiente. Sin embargo se han desmantelado plantas en un 20% de avance en su

construcción. Tan sólo en 1982 se cancelaron plantas en las cuales se había erogado una cifra de 5.700 millones de dólares, siendo que la cifra total de las plantas interrumpidas asciende a 10.000 millones de dólares. Detrás de estas cancelaciones no sólo hay gastos extraordinarios, sino cambios fundamentales en las industrias de los servicios públicos en los distintos países. Así el aumento en la demanda eléctrica ha disminuido notablemente hace una década, reduciendo la necesidad de plantas de energía adicionales.

El panorama en otros países industrializados no es muy diferente. En general han ajustado sus planes para el futuro reduciendo el ritmo de desarrollo de la energía nuclear, de la que Argentina no es una excepción. Pese a ello la mayoría de los gobiernos tienen programas importantes en energía nuclear, por ejemplo Corea, Rumania, Brasil y Argentina.

Detrás de los problemas técnicos de seguridad, económicos y políticos, existe una reducción sustancial, por aumento de la eficiencia industrial, en la demanda de electricidad. En Europa el total de los planes de energía nuclear sólo ha aumentado un 10% desde 1978, proviniendo ese incremento en su mayor parte de Francia.

La agencia internacional de Energía Atómica (OIEA) proyectó a principio de los setenta, que los países en desarrollo tendrían 550.000 megavatios de capacidad generadora hacia finales de los 90, 40% más que la capacidad nuclear proyectada y en operación en todo el mundo en 1983. No obstante el tercer mundo representaba sólo el 6% del compromiso mundial total con la energía nuclear, además desde mediados de los setenta los planes nucleares de estos países se han reducido substancialmente.

Un obstáculo clave para el desarrollo nuclear es el reducido tamaño de las redes de distribución eléctrica en los países tercermundistas. Si una planta generadora de energía suministra más del 15% de la capacidad de la red, todo el sistema se derrumba si esa planta se cierra. A partir de estas cifras la OIEA calcula que sólo 4 países tienen redes suficientemente grandes para instalar una planta nuclear convencional de 1000 megavatios. Los fabricantes de componentes nucleares han respondido proponiendo minirreactores en el rango de 100 a 300 megavatios. El precio estimado de construcción por kilovatios para una planta nuclear de 200 megavatios es casi dos veces superior al de una de 1000 megavatios.

India tiene la gama más amplia de tecnología y experiencia nuclear de todos los países del tercer mundo. Su programa nuclear se ha elaborado en su mayor parte en el país, siendo mucho más independiente que las de otras naciones en desarrollo.

América Latina fue un mercado nuclear en auge en la década de los setenta. El programa nuclear argentino siempre recibió un fuerte apoyo gubernamental.

EL FUTURO DE LA ENERGÍA NUCLEAR

En muchos aspectos la energía nuclear es un éxito, una fuente de energía nueva abastece, o está previsto que pronto abastecerá, casi el 10% de la energía que actualmente se produce en el mundo. Esta energía provendrá de más de 525 grandes reactores de 36 países. Si se reemplazan por centrales de energía accionadas por combustible fósil (petróleo), estas centrales requerirán aproximadamente 10.000.000 de barriles de petróleo diarios, que equivale a la séptima parte del crudo producido actualmente en el mundo.

Como ejemplo podemos comparar una central termo nuclear con una termoeléctrica a carbón. Una central de 1000 MW (e) operando a una capacidad de 75%, producirá 6,6 TW.h (e) por año, que es aproximadamente el consumo de una ciudad tipo París.

Para la Planta termonuclear:

Producción anual:

-Residuos radiactivos de alto nivel: 27 toneladas de combustibles irradiados. Volumen vitrificados: 2 m³.

-Residuos radiactivos de medio nivel: 310 toneladas.

-Residuos de bajo nivel: 460 toneladas.

-Gases con baja actividad descargados por la chimenea, no presentan un peligro para la salud pública.

-Residuos de yacimientos uraníferos y plantas de procesamiento de mineral, son me-

nos en volumen por unidad de electricidad generada, comparados a los producidos en un yacimiento de carbón.

Planta termoeléctrica (combustible carbón).

Producción anual

-CO₂: 6,5 millón de toneladas.

-SO₂: 44.000 toneladas.

-Nox: 22.000 toneladas.

-Ceniza: 320.000 toneladas que contienen aproximadamente 400 toneladas de metales pesados tóxicos como: Arsénico, Cadmio, Mercurio y Plomo.

Es posible apreciar los valores elevados de residuos en el caso de la energía termoeléctrica, los que también impactan negativamente en el ambiente.

A pesar de este logro inicial, la primera Era Nuclear parece estar alcanzando su fin en muchos países. ¿Habrá una segunda Era Nuclear, en que la energía nuclear ocupe una posición segura como fuente de energía permanente? ¿O bien será simplemente un puente hacia un futuro basado en la energía geotérmica, la fusión y los combustibles fósiles? Es imposible generalizar. En Austria la primera Era Nuclear ya terminó, más precisamente ni siquiera se le permitió comenzar. En Suecia, la mayoría votó por terminarla en un lapso de 25 años. En EE.UU., algunos estados han prohibido temporalmente la energía nuclear. Sin embargo, en Francia, Japón y Rusia, continúa y avanzan los planes hacia la segunda Era Nuclear, fundamentalmente con los reactores reproductores (Fast Breeders) u otros de alta ganancia como el reactor reproductor de neutrones rápidos y metal líquido, y el reactor de agua pesada.

Se estima que el mundo tendrá en el año 2030 una demanda energética de tal magnitud que de derivar principalmente del carbón, se deberían extraer 25.000 millones de toneladas anuales de este mineral. Si sólo la mitad de esta energía la produjeran las centrales nucleares, sería un mundo con 7.500 grandes reactores.

Las perspectivas son inciertas. Una mayor eficiencia en el uso de la energía podría asegurar para 8.000 millones de habitantes, las comodidades actuales, sin usar más energía de la que se emplea actualmente. Esto significaría reducir el consumo energético *per cápita* de dos kilovatios a uno.

El futuro de la energía nuclear es un asunto político y económico. Debe tenerse en cuenta que un reactor con una capacidad generadora de 1.000 megavatios requiere durante su vida útil aproximadamente 6.000 Tn de uranio, y que las reservas de este mineral son limitadas. Paralelamente la velocidad de agotamiento de estas reservas dependerá de cuanto pueda extraerse a precio competitivo, comparativamente con otras fuentes de energía. Otro aspecto importante está dado por la eliminación eficiente de los desechos radiactivos como por la reducción de la posibilidad de accidentes.

Una propuesta para reducir la probabilidad de accidentes consiste en restringir la ubicación de los reactores nucleares a relativamente pocos emplazamientos. Esto incluye un cuadro de expertos más numeroso presentes en el lugar, mejor funcionamiento que redunde en una mayor seguridad y en un control más sencillo del material fisible, como un manejo más fácil de los residuos radiactivos y de los elementos irradiados en el lugar.

¿ES NECESARIA LA ENERGÍA NUCLEAR?

Obviamente la necesidad de la fisión en los próximos 20 años depende de la abundancia de otros combustibles o fuentes de energía y de la demanda futura de energía.

Actualmente se queman en el mundo más de 400.000.000 de toneladas de petróleo en las centrales generadoras de energía eléctrica, lo que representa el 13% del consumo mundial de este combustible. En vez de sustituir el petróleo por carbón y uranio en las centrales, se considera que reducir el consumo resultaría más viable. Habría que desalentar el uso de la energía eléctrica para fines como calefaccionar casas y agua.

La fusión y la energía solar pueden llegar a ser técnica y económicamente factibles, pero no hay forma de saber si esto ocurrirá. El reactor de fusión sería la solución casi ideal, pues prácticamente no produce residuos radiactivos y el combustible (Deuterio-Tritio, Deuterio-Deuterio o Deuterio-Helio 3) se encuentra sin límites.

LOS RIESGOS PUESTOS EN PERSPECTIVA

Se observan dos posibilidades: una es que finalmente se preste atención a que los riesgos nucleares se juzguen en comparación con otros riesgos, como por ejemplo lluvia ácida, ozono, dióxido de azufre, etc. La otra posibilidad es que se demuestre que los cálculos acerca del efecto cancerígeno de los bajos niveles de radiación han sido exagerados. La dosis letal media es de 500 REM de radiación que provocaría 100% de mortalidad en un período de dos días, en el peor accidente concebible. También se sabe que la mayoría de las presuntas víctimas y el temor a los accidentes nucleares más graves proviene de la exposición a un nivel bajo de radiación. En Argentina la población está expuesta aproximadamente 0,24 REM de radiación de fondo natural al año. Los gases radiactivos, como radón, que despiden de ordinario las paredes y los suelos de las casas, representan en promedio una exposición de 0,001 REM por año (OIEA, Informe Técnico 152, ICRP, 1990).

El que haya o no una segunda Era Nuclear dependerá de la capacidad de población para superar el miedo a la radiación de bajo nivel. De esta forma se asegurará que la primera Era Nuclear siga su curso y permitirá dar paso a la segunda Era que coexistirá con la solar o de fusión.

BIBLIOGRAFÍA

- DEPARTMENT OF ENERGY USA, 1994. Nuclear Power in an age of uncertainty. Bureau of Technology Evaluation of the United States Congress.
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOPROTECTION, 1989/93. Annals of the I.C.R.P. Pub. 60.
- O.I.E.A., 1991. Nuclear Power. Nuclear Techniques and Sustainable Development. Viena.
- ONTARIO HYDRO, 1994. The management of nuclear wastes. NCP-2M-032278, Ontario, Canadá.

Residuos sólidos urbanos de la provincia de Mendoza

OSCAR RUBIO

Dirección de Saneamiento y Control Ambiental. (MMAUyV), Parque Gral. San Martín s/n, 5500 Mendoza.

RESUMEN

Se presenta la situación por departamento de los Residuos Sólidos Urbanos (R. S. U.) en la provincia de Mendoza al año 1995. En base a información suministrada por los propios municipios, se describe: cantidad de residuos, composición, método de disposición, maquinaria afectada para el tratamiento, etc. Se destaca el Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos, integrado por los municipios de Las Heras, Capital, Guaymallén, Godoy Cruz y Lavalle, que dispone los residuos en el Dpto. de Las Heras, mediante tratamiento de relleno sanitario.

ABSTRACT

Urban solid waste of the Province of Mendoza

The situation of Urban Solid Waste is presented in each department for the province of Mendoza up to 1995. Based on information afforded by the municipalities, there is a description of: amount of waste, method for its disposal, machinery affected to the waste treatment, etc. The Metropolitan System for Waste Disposal stands out, integrated by the municipalities of Las Heras, Capital, Guaymallén, Godoy Cruz and Lavalle, that disposes of the waste in the Department of Las Heras, through sanitary filling treatment.

INTRODUCCIÓN

El concepto de Residuos Sólidos Urbanos (R. S. U.) comprende una amplia y heterogénea gama de desechos producidos por las distintas actividades del hombre: domiciliarias, comerciales, industriales, de servicios, de limpieza urbana, obras, etc.

En la actualidad existen diversas causas que explican una producción en aumento de los residuos sólidos urbanos, entre ellas podemos citar:

- La agilidad comercial de nuestra sociedad.
- La conquista de nuevas metas tecnológicas.
- El crecimiento demográfico.
- El uso de nuevas formas de envases.
- La utilización desmedida de los recursos naturales.

Un dato significativo en relación a los residuos sólidos es que la cantidad que se genera supera a las cantidades de bienes producidos en el mundo.

Dentro de los problemas que originan los R. S. U., se pueden considerar como relevantes los siguientes:

- El efecto contaminante: Los R. S. U. crean un problema serio para la conservación del

medio ambiente, debido a que los procesos naturales no poseen la velocidad suficiente como para contrarrestar la producción de desechos que tiene nuestra sociedad en la actualidad. Esto implica una acumulación de residuos que no son degradados por la naturaleza, constituyendo un foco de contaminación del agua, aire y suelo, con una sobrecarga de carácter continuo e irreversible.

El agotamiento de los recursos naturales: Debe relacionarse a los R. S. U. con el agotamiento de los recursos naturales, por esto se considera una fuente importante de recursos que pueden ingresar nuevamente en el circuito económico, lográndose de esta forma una optimización del aprovechamiento de los recursos extraídos a la naturaleza.

La eliminación: El problema que plantean en forma inmediata los R. S. U. es el de su eliminación. La solución más común que la sociedad ha dado a este problema ha sido quitárselo de la vista, depositándolos en lugares alejados o enterrándolos.

Existen en la actualidad diversos tratamientos para los R. S. U., dependiendo la aplicación de alguno de ellos de una serie de factores como son entre otros:

Cantidad y composición de los residuos a tratar.

Factores económicos (recursos disponibles, rentabilidad del proceso, etc.).

Legislación existente (transporte, tratamiento y disposición final).

Entre los sistemas de tratamientos más usuales deben contemplarse distintos factores que determinarán cuál puede resultar el más apropiado a implementar. En la Tabla 1 se dan algunas características de los distintos tratamientos:

Tabla 1. Métodos de tratamiento de los R. S. U.

SISTEMA	VENTAJAS	DESVENTAJAS
RELLENO SANITARIO	Inversión inicial y de operación reducida. Recuperación de terrenos con su posterior acondicionamiento.	Sin aprovechamiento de los residuos. Posible contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Contaminación del suelo Requiere grandes superficies de terreno.
INCINERACION	Aprovechamiento Energético. Superficie de terreno mínima.	Altas inversiones. Contaminación del aire.
BIOGAS	Aprov. energético (producción de metano)	Altas inversiones. Grandes superficies de terrenos.
RECICLADO Y COMPOSTAJE	Aprovechamiento de recursos con reciclaje y reutilización de materiales. Elaboración de abono biológico.	

En la actualidad el reciclado y compostaje es el método más aceptado en los países desarrollados, debido a que desde un enfoque económico debe contemplarse que los residuos tienen un valor cuyo monto dependerá de muchos factores y condiciones. Como se sabe los procesos productivos requieren utilizar una gran cantidad de insumos para generar el producto final, y la generación de residuos dependerá de su grado de utilización y aprovechamiento en el proceso. En algunos casos los desechos pueden ser reutilizados y entrarán como insumos en otros procesos, ya sea como energía o como materias primas auxiliares. En las actividades domésticas y de servicio también se generan residuos que tienen valor económico; que esas potencialidades económicas se transformen en beneficios reales dependerá del tratamiento que se les dé en el proceso posterior a su generación. Entre los objetivos de las políticas para la gestión adecuada de los

residuos se deberá minimizar la generación de residuos y aprovechar su valor económico. Esto se logra a través de técnicas apropiadas en los procesos productivos o mediante técnicas de reciclaje y de reutilización como insumo en procesos posteriores.

SITUACIÓN EN LA PROVINCIA DE MENDOZA

El sistema de manejo de los R. S. U., desde el momento en que son generados hasta su disposición final, se ordena en tres etapas íntimamente relacionadas entre sí: generación, recolección y transporte y disposición final de los residuos sólidos urbanos. En la provincia de Mendoza estas tres etapas son competencia de los Municipios.

La generación comienza en los domicilios, comercios, etc. y es depositado por los generadores para ser retirado por los Municipios.

La recolección y el transporte es ejecutado por el servicio municipal; en la mayoría de las comunas se realiza con camiones y personal propio, salvo excepciones que contratan en forma privada camiones recolectores para este fin. El sistema de recolección de residuos es un factor importante que debe realizarse en condiciones óptimas de frecuencia y con equipos adecuados para garantizar una de las condiciones que constituyen el saneamiento básico de la sociedad.

El sistema de recolección en la provincia, varía mucho entre los distintos Municipios tanto en la calidad del servicio como en la frecuencia y cantidad de población servida. La distribución demográfica y las actividades económicas, varían de un departamento a otro, encontrándose que un alto porcentaje de ellos tienen grandes extensiones de zonas rurales y periurbanas, generando un problema para organizar el sistema de recolección por sus elevados costos. En muchos casos la población que se encuentra en las zonas más alejadas de los centros urbanos no cuenta con un sistema de recolección de residuos.

En cuanto a la disposición final de los R. S. U. en la provincia, se ha realizado un relevamiento de la situación en los Departamentos durante el año 1994. Este relevamiento se realizó con la colaboración y datos aportados por los responsables de cada Municipio, destacándose que muchos de los valores en cuanto a cantidad y composición de los R. S. U. son estimaciones, sin haberse realizado las mediciones correspondientes. Se observa que predomina como método de disposición de los R. S. U. el enterramiento no controlado (este sistema no cumple con las condiciones técnicas mínimas de un relleno sanitario, ya que se limita al volcado de los residuos para su posterior tapado) y la disposición a cielo abierto. Cualesquiera de estas formas de disposición tienen como consecuencia un impacto negativo en suelo, aire y agua, proliferación de vectores (roedores, moscas, insectos, etc.), actividad de cirujeo, alimentación de cerdos con basuras crudas y la pérdida de materiales susceptibles de ser reincorporados al sistema económico.

Se destaca en este contexto el llamado Sistema Metropolitano de Gestión de Residuos (SMGR), en el cual participan los Municipios de Las Heras, Capital, Guaymallén, Godoy Cruz y Lavalle. Todos los R. S. U. generados en estos departamentos tienen como destino final el Relleno Sanitario que se encuentra localizado en el Departamento de Las Heras. En la actualidad, en dicho lugar ha comenzado a funcionar una Planta de Separación de Residuos, administrada por una cooperativa y con la intervención del Municipio; la separación realizada tiene como objeto la elaboración de abono biológico (compost) con el componente orgánico de los residuos y la obtención de materiales inorgánicos (vidrio, metales, cartón, plásticos, etc.) aptos para ser reincorporados en el circuito comercial. Este sistema de gestión es consecuencia de un estudio realizado en la Dirección de Saneamiento y Control Ambiental del M. M. A. U. y V., en el año 1992, denominado GENERACION Y DISPOSICION DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS EN EL AREA METROPOLITANA y de un Convenio Interjurisdiccional firmado en el año 1993, entre el Poder Ejecutivo y los Municipios de Las Heras, Capital, Guaymallén, Godoy Cruz, Luján de Cuyo y Maipú. Posteriormente a la puesta en marcha del sistema, no quedaron integrados los Municipios de Luján de Cuyo y Maipú.

Existe otro centro organizado de tratamiento en el Departamento de Maipú, donde funciona una planta de tratamiento para los residuos generados en el propio departamento, donde se realiza una separación de componentes en orgánicos, para la elaboración de

compost, e inorgánicos para la obtención de materiales destinados al reciclaje. Dicha planta de tratamientos funciona en condiciones técnicas y ambientales controladas, siendo un emprendimiento de características muy importantes para la provincia, donde se realiza un tratamiento adecuado de los residuos.

En lo expuesto anteriormente se hace alusión al destino de los residuos recolectados y transportados por cada uno de los Municipios. Debe contemplarse que existe una gran cantidad de residuos que los particulares vuelcan en distintos lugares, derivando como consecuencia en los llamados vaciaderos clandestinos (basurales). Estos vaciaderos deben ser erradicados en forma permanente por los Municipios, por cuanto crean una situación difícil de controlar y que sólo podrá ser solucionada cuando la comunidad en su conjunto posea una actitud cívica y una conciencia ambiental adecuada. Roig *et al* (1994) relevaron los basurales clandestinos al oeste del Gran Mendoza; en el mismo se puede apreciar la situación alarmante y el daño ambiental que pueden acarrear estos depósitos.

A través de la Ley 5. 970, de Residuos Urbanos se estipulan las responsabilidades del Gobierno Provincial y Municipal para el manejo de los residuos domiciliarios, siendo necesaria su reglamentación.

RELEVAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS POR MUNICIPIO EN LA PROVINCIA DE MENDOZA

El presente artículo tiene por objeto dar un panorama general de las cantidades, calidades, y destino de los Residuos Sólidos Urbanos Domiciliarios en la provincia de Mendoza. No se han considerado los escombros procedentes de limpieza de calles y cunetas, como tampoco los procedentes de trabajos públicos y privados.

La información se ha elaborado con los datos suministrados por cada Municipio durante el año 1994, relevándose en cada caso el destino actual y posible tratamiento de los R. S. U.

Cabe destacar que los datos que se presentan son estimaciones, debido a que no se han realizado las mediciones de pesado correspondientes (Figura 1).

Municipalidad de MALARGÜE

Población: 21. 150 Habitantes

Superficie Urbana: 41. 317 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 120 Toneladas/mes
- Residuos Patológicos: 2,1 Toneladas/mes

Composición aproximada de Residuos Sólidos Domiciliarios (RSD)

- Inorgánico: 65 a 50% (en peso)
- Orgánico: 35 a 50%
- Reciclables: - Papel y cartón: 13% (en volumen)
 - Vidrio: 6%
 - Plásticos: 11,5%
 - Metales: 3%

Método de disposición actual: Enterramiento sanitario (se denomina enterramiento sanitario al proceso de tapado con tierra de los residuos, no cumpliendo con las pautas de un relleno sanitario).

Ubicación del enterramiento: Los residuos se vuelcan en un terreno propiedad del Municipio, con una superficie de 9 hectáreas, habiéndose utilizado hasta el momento 1 ha., quedando disponibles las restantes 8 ha. para su utilización. Este enterramiento se encuentra a una distancia de 7,5 km del centro urbano de Malargüe.

El lugar es óptimo para realizar un Relleno Sanitario, no presenta problemas aluvionales, el terreno es de baja permeabilidad y la napa freática se encuentra aproximadamente a 18 metros de profundidad. Existe en el lugar factibilidad para el suministro de agua y energía eléctrica.

Maquinaria afectada: Se realiza el tapado con una máquina topadora, dos veces por semana.

Basurales Clandestinos: No existe relevamiento en el Municipio.

Recolección:

- Frecuencia: Tres recolecciones por semana en el radio céntrico de Malargüe y tres por semana en la zona periférica.

- Camiones afectados: Dos camiones compactadores.

- Personal afectado: 4 choferes, 8 obreros.

Municipalidad de GENERAL ALVEAR

Población: 47. 831 Habitantes

Superficie Urbana: 14. 448 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 960 Toneladas/mes

- Residuos Patológicos: 2,1 Toneladas/mes

Composición aproximada de RSD.

- Inorgánico: 35% (en peso)

- Orgánico: 65%

Método de disposición actual: Enterramiento sanitario, para los residuos de ciudad y disposición a cielo abierto para los residuos de Carmensa y Bowen. Los residuos patológicos se tratan en hornos de hospitales y clínicas. Los animales muertos, se destinan al crematorio del Matadero Municipal. Los escombros y restos de limpieza de calles y cunetas se emplean en el relleno de terrenos bajos.

Ubicación del enterramiento: Los residuos de la ciudad de General Alvear se vuelcan en un predio ubicado en el aeródromo municipal, distante a 7 km de la ciudad por ruta Nacional N° 143 Sur. El lugar se encuentra a 2 km del Río Atuel. El nivel freático se encuentra a suficiente profundidad (80 m.) Se están realizando los trabajos de cierre del lugar con alambrado perimetral.

Los residuos de Carmensa y Bowen se destinan a un basural a cielo abierto ubicado en la zona de Pozo Hondo, distante 5 km de Bowen. En este lugar la freática se encuentra en la superficie, estando los residuos en contacto con el agua. A una distancia de 20 m. del basural se encuentra un canal importante de riego. El lugar es de libre acceso, existiendo cirujeo y alimentación de cerdos en el basural.

Maquinaria afectada: Una topadora una vez por semana para el enterramiento en la ciudad de General Alvear.

Basurales Clandestinos:

Ubicación:

- Prolongación calle San Juan y calle E. Zeballos.

- Alrededores Polideportivo Municipal.

- Prolongación calle Gorostiaga.

- Adyacencias del Club Municipal.

Recolección:

- Frecuencia: Diaria de lunes a viernes a las 20 hs.

- Camiones afectados: Ocho camiones abiertos.

- Personal afectado: 8 choferes, 16 ayudantes.

Municipalidad de SAN RAFAEL

Población: 171. 662 Habitantes

Superficie Urbana: 31.235 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 2.000 Toneladas/mes

- Residuos Patológicos: 40 Toneladas/mes

Municipalidad de SAN MARTIN

Población: 103.400 Habitantes

Superficie Urbana: 1.504 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 600 toneladas/mes

Composición aproximada de R. S. D.

- Inorgánico: 40% (en peso)
- Orgánico: 60%

Método de disposición actual: Enterramiento sanitario.

Ubicación del enterramiento: Calle Martínez, a 5 km del centro urbano.

Maquinaria afectada al enterramiento: Una máquina topadora, que realiza el tapado diario de los residuos.

Basurales Clandestinos: No existen antecedentes en el Municipio. Existe un basural a cielo abierto, abandonado desde hace años, ubicado en el límite con Maipú.

Recolección: En las zonas mas pobladas, se realiza diariamente de lunes a viernes y al resto tres veces por semana.

- Frecuencia: Diaria de lunes a viernes.

- Camiones afectados: 7 camiones compactadores (3 camiones Municipales y 4 alquilados).

- Personal afectado: 7 choferes - 14 ayudantes.

Municipalidad de JUNIN

Población: 30.500 Habitantes

Superficie Urbana: 263 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 350 Toneladas/mes

Composición aproximada de RSD

- Inorgánico: 35% (en peso)
- Orgánico: 65%

Método de disposición actual: Enterramiento sanitario

Municipalidad de RIVADAVIA

Población: 50.058 Habitantes

Superficie Urbana: 2.141 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 400 Toneladas/mes

Método de disposición actual: Basural a cielo abierto.

Los residuos patológicos se incineran en un Horno del Municipio.

Ubicación: A una distancia de 16 km del centro urbano.

Maquinaria afectada al enterramiento: Ninguna.

Municipalidad de SANTA ROSA

Basurales Clandestinos: No existen relevamientos en el Municipio

Población: 17.551 Habitantes

Superficie Urbana: 8.510 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 48 Toneladas/mes

Composición aproximada de R. S. D.

- Inorgánico: 30% (en peso)
- Orgánico: 70%

Método de disposición actual: A cielo abierto.

Ubicación: En el Distrito de Las Catitas, a 2 km de la Ruta provincial 153 al margen del Río Tunuyán. En este predio se llevan los residuos de Santa Rosa y de los distritos de Las Catitas (12 km) y La Dormida (25 km).

Maquinaria afectada: Ninguna.

Basurales Clandestinos: No existen antecedentes en el Municipio.

Recolección:

- Frecuencia: lunes a jueves.
- Camiones afectados: 1 camión abierto, propiedad del Municipio.
- Personal afectado: 1 chofer y 2 ayudantes.

Municipalidad de LA PAZ

Población: 8.771 Habitantes

Superficie Urbana: 7.105 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 150 Toneladas/mes

Método de disposición actual: Enterramiento sanitario. Se realiza el tapado una vez al mes con una topadora alquilada por el Municipio.

Ubicación del enterramiento: A 5 km al Norte de la Villa Cabecera de La Paz. Existe disponibilidad de suministro eléctrico en el lugar. El lugar es de libre acceso, existiendo cirujeo en el lugar. El terreno disponible es de 100 ha., propiedad del municipio. A este vaciadero se destinan todos los residuos patológicos.

Maquinaria afectada al enterramiento: Topadora alquilada una vez por mes.

Basurales Clandestinos: Existe un viejo basural utilizado por el Municipio, ubicado a 3 km al Sur del departamento, estando en la actualidad en desuso y tapado por completo. En el trayecto a este basural, se observa gran cantidad de bolsas plásticas diseminadas por el lugar.

Recolección:

- Frecuencia: lunes, miércoles y viernes.
- Camiones afectados: 1 camión
- Personal afectado: 1 chofer y 2 obreros.

Municipalidad de SAN CARLOS

Población: 25.446 Habitantes

Superficie Urbana: 11.861 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 450 Toneladas/mes

Método de disposición actual: A cielo abierto.

Ubicación del basural: Paraje La Salada, a 7 km del departamento de San Carlos. El lugar es un arroyo seco, siendo una zona netamente aluvional. El lugar no está cerrado perimetralmente y existe cirujeo.

Maquinaria afectada al enterramiento: Ninguna

Basurales Clandestinos: Controlados.

Recolección:

- Frecuencia: Diaria, de viernes a domingo.
- Camiones afectados: 2 compactadores.
- Personal afectado: 2 choferes y 4 ayudantes.
- Población servida: 15.000 habitantes.

Municipalidad de TUNUYAN

Población: 37.039 Habitantes

Superficie Urbana: 3.317 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 300 Toneladas/mes

Composición aproximada de R. S. U.

- Inorgánico: 35% (en peso)
- Orgánico: 65%

Método de disposición actual: Basural a cielo abierto.

Ubicación del basural: En una propiedad alquilada por el Municipio, distante 4 km del centro urbano.

El lugar es de libre acceso, existe cirujeo y alimentación de cerdos con los residuos del basural.

Maquinaria afectada al enterramiento: Ninguna.

Recolección:

- Frecuencia: En la zona urbana la recolección es diaria de lunes a viernes, la misma frecuencia de recolección se realiza en el distrito de Vista Flores. Los días martes y viernes se efectúa recolección por la Zona Rural, Manzano Histórico, distante 42 km, Colonia las Rosas a 7 km, Los Sauces a 16 km, y Villa Seca a 19 km.

- Camiones afectados: Un total de 7 camiones, 4 compactadores y 2 volcadores propiedad del Municipio y 1 camión volcador alquilado.

- Personal afectado: Un total de 20 personas afectadas a la recolección, 7 choferes y 14 ayudantes.

Municipalidad de TUPUNGATO

Población: 20.489 Habitantes

Superficie Urbana: 2.485 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 400 Toneladas/mes

Método de disposición actual: Enterramiento sanitario, realizándose el tapado una vez a la semana.

Ubicación del enterramiento: Distrito de La Arbolada, a 7 km al Noroeste de la Villa Cabecera de Tupungato. El lugar utilizado son tierras fiscales, no posee cierre de ningún tipo y existe cirujeo en el lugar.

Maquinaria afectada al enterramiento: Topadora para excavación y tapado una vez a la semana.

Basurales Clandestinos: controlados.

Recolección:

- Frecuencia: domingos a viernes.

- Camiones afectados: 2 compactadores.

- Personal afectado: 2 choferes y 4 ayudantes.

- Población servida: 17.000 habitantes.

Municipalidad de LUJAN DE CUYO

Población: 74.689 Habitantes

Superficie Urbana: 4.847 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 1.800 Toneladas/mes

- Residuos Patológicos: Toneladas/mes

Método de disposición actual: A cielo abierto. Se realiza un tapado periódico. Existe cirujeo en el lugar.

Ubicación del enterramiento: En Ruta 82 a 6 km de la destilería de YPF (dirección Sur-Oeste). La propiedad es alquilada por el Municipio.

Basurales Clandestinos: No existen relevamientos realizados por el Municipio.

Recolección:

- Frecuencia: Se realiza diariamente de lunes a viernes.

- Camiones afectados: 9 camiones compactadores.

- Personal afectado: 9 choferes y 18 ayudantes.

Municipalidad de MAIPU

Población: 117.700 Habitantes

Superficie Urbana: 700 km²

Cantidades de residuos:

- Residuos Sólidos Domiciliarios: 1.800 Toneladas/mes

- Residuos Patológicos: Toneladas/mes

Método de disposición actual: De la totalidad de los residuos, un porcentaje es tratado en la planta instalada recientemente y el resto tiene como destino el relleno sanitario de El Borbollón del departamento de Las Heras.

Ubicación de la Planta: En el Kilómetro 8, lindante con el departamento de Guaymallén.

SISTEMA METROPOLITANO (MUNICIPALIDADES DE LAS HERAS, CAPITAL, GODOY CRUZ, LAVALLE Y GUAYMALLÉN)

La característica común de estos Municipios es el destino que actualmente le dan a los Residuos Sólidos Urbanos. El lugar destinado es la zona aledaña al Campo Espejo del departamento de Las Heras, donde se realiza un Relleno Sanitario. Este Relleno Sanitario está concesionado a una empresa privada, realizándose en el mismo un control permanente de las cantidades y tipos de Residuos que ingresan. El lugar se encuentra vigilado las 24 hs. impidiendo el ingreso de personas ajenas (no existe ningún tipo de cirujeo). En el área se reciben los Residuos Domiciliarios, comerciales, escombros, limpieza de acequias, residuos de jardín.

Cantidades de residuos destinados al relleno:

(Promedio Anual desde julio/92 a junio/93)

a) Municipalidad de Las Heras: 1.640 tn/mes - 19.691 tn/año

b) Municipalidad de Capital: 5.213 tn/mes - 62.565 tn/año

c) Municipalidad de Godoy Cruz: 2.800 tn/mes - 33.612 tn/año

d) Municipalidad de Lavalle:(*) 84 tn/mes - 1.000 tn/año

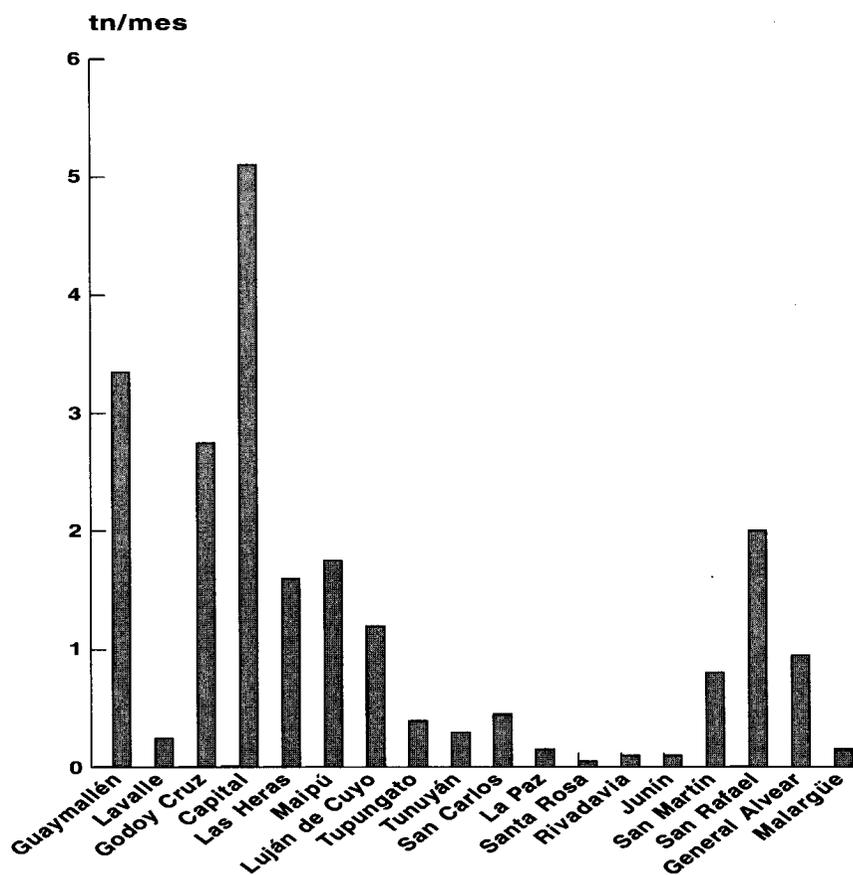


Figura 1. Cantidad de residuos sólidos urbanos en tn/mes por departamento para el año 1994.

e) Municipalidad de Guaymallén: 3. 400 tn/mes - 38. 800 tn/año

f) Particulares: 1. 038 tn/mes - 12. 459 tn/año

g) Recolectados por Empresa privada: 1.695 tn/mes-20.337 tn/año

TOTALES: 15.870 tn/mes - 190.000 tn/año

(*) Dentro de los Residuos recolectados por la Empresa Privada, se encuentra un porcentaje del Municipio de Lavalle.

BIBLIOGRAFÍA

ROIG, V., M. ZARATE, C. TELLO y S. GRECO, 1995. Identificación de basurales en el oasis norte de Mendoza y su influencia sobre el medio ambiente. Informe inédito. Convenio IADIZA- Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda.

Corrigenda

Donde dice:

Superficie urbana

Debe decir:

Superficie total

Identificación de basurales clandestinos en el oasis norte de Mendoza. Influencia sobre el medio ambiente

VIRGILIO ROIG, M. ZÁRATE Y C. TELLO
IADIZA, CC 507 -5500 Mendoza

RESUMEN

Se relevaron los depósitos clandestinos de residuos sólidos urbanos dentro del oasis norte, teniendo en cuenta su extensión, área de influencia, ubicación y grado de molestias, a los efectos de relevar la existencia de basurales que escapan al control municipal.

Se ha determinado para el Gran Mendoza la siguiente composición de los RSU: Orgánicos 58,0 %, Metales 1,6 %, Plásticos 12,0 %, Pañales 13,0 %, Trapos 1,4 %, Vidrios 4,0 %, Cartón y papel: 5,0 %, Otros: 5,0 %

ABSTRACT

Identification of clandestine garbage dumps in the northern oasis of Mendoza. Influence over the environment

A survey was carried out of the clandestine deposits of solid urban residues within the northern oasis, taking into account their extension, influence area, location and degree of disturbance, in order to survey the existence of garbage dumps that escape municipal control.

The following composition of urban solid residues has been determined for the Gran Mendoza: organic 58%, metals 1.6%, plastic 12%, diapers 13%, cloth 1.4%, glass 4%, carton and paper 5%, others 5%.

INTRODUCCIÓN

La diferencia fundamental entre los residuos sólidos y otros agentes contaminantes líquidos y gaseosos es su limitada permanencia en el lugar de origen constituyendo un foco de contaminación del aire, agua y suelos.

La solución principal que la sociedad ha dado al tema de los residuos sólidos urbanos es aún precaria, arrojar los residuos en las afueras de las ciudades o enterrándolos. En nuestra provincia el problema preocupante es la aparición de basurales clandestinos diseminados en distintos lugares. Ello representa un peligro para la salud pública por la fermentación lenta y descontrolada de los residuos domésticos, lo que convierte a los basurales en focos infecciosos. A ello se le debe agregar la contaminación de suelos y de recursos hídricos.

El presente proyecto tiene por objeto el relevamiento de los depósitos clandestinos de residuos urbanos dentro del oasis norte, teniendo en cuenta su extensión, área de influencia, ubicación y grado de molestias.

MATERIAL Y MÉTODO

Las tareas desarrolladas comprendieron,
Recopilación de información,
Reconocimiento de zona de estudio, terrestre y aérea
Confección de mapas
Documentación fotográfica
Filmaciones.

Se sobrevoló en helicóptero los departamentos de Las Heras, Godoy Cruz y Guaymallén, donde se efectuaron tomas fotográficas y Filmaciones de los depósitos de basura existentes, participando en el mismo integrantes del proyecto por IADIZA, Dirección de Control Ambiental y Fuerza Aérea Argentina.

En una primera etapa se efectuó un relevamiento de la situación actual relativa a la existencia de basurales en el Oasis Norte. A través de la Dirección de Saneamiento y Control Ambiental se realizaron contactos con los responsables de Obras y Servicios Públicos en los respectivos municipios y se confeccionó un formulario encuesta que fue entregado a la Federación de Uniones Vecinales para su distribución, a los efectos de relevar la existencia de basurales que escapan al control municipal. En todos los casos se obtuvo la mayor colaboración e información y se organizaron salidas de campaña para el relevamiento *in situ*, acompañados en cada caso de personal técnico de las distintas municipalidades.

En todos los casos se tuvo en cuenta lo siguiente:

- . Tipo de residuos
- . Sistema de recolección
- . Tratamiento de los mismos

Se clasificaron los residuos en domiciliarios, limpieza municipal, patológicos e industriales.

Cada uno de ellos tiene una particularidad distinta que lleva a un sistema de recolección diferenciado como es el caso de la diferenciación orgánica, inorgánica, patológica. Sin embargo en la mayoría de los casos se deposita y trata en forma conjunta.

La Municipalidad de Las Heras realiza la recolección a través de una empresa privada. La recolección se efectúa con camiones compactadores y los residuos son trasladados al Distrito Borbollón donde son enterrados (relleno sanitario). En este lugar se realiza la recepción de 120 camiones diarios de residuos de los departamentos de Las Heras, Capital, Godoy Cruz, Lavalle y Guaymallén. Los residuos patológicos que ingresan al lugar son quemados en un incinerador especial. En la Capital se realiza la recolección en forma independiente, con una empresa privada que transporta estos residuos al cementerio, para su cremación.

A continuación se presenta el detalle de los basurales que fueron evaluados en los distintos departamentos, clasificándolos en municipales, dinámicos y enterrados.

LAS HERAS

Camino a Villavicencio, en las cercanías de la fábrica de cemento Corcemar S.A., se observan grandes depósitos de escombros.

Al este de la fábrica Minetti S.A.

En la zona denominada de los 5.000 lotes, barrio Est. Espejo, se comprobó que en la mayoría de las viviendas existen minibasurales, producto de la recolección realizada por cirujas que trasladan los residuos a sus viviendas para practicar la selección.

Loteo Romea (El Borbollón), por ruta 40 pasando por ruta prov. 23.

Barrio Jorge Newbery costado sur Aeropuerto El Plumerillo, Barrio Fe y Esperanza, S calle Las Rosas 500 m al norte calle Gral. Paz, (El Algarrobal). Esta zona de cirujeo se dedica actualmente a la recolección de residuos orgánicos que son destinados a la alimentación de cerdos por los criadores ilegales.

Barrio Cristo Redentor frente a las manzanas D y C existe radicado un basural en un predio de aproximadamente 5 ha donde se detectó gran cantidad de roedores.

Punta de Las Lajas (Piedemonte), Uspallata, se registran basurales en menor cantidad y tamaño utilizados para alimentar cerdos.

Mathew y Cicchitti (frente Barrio 26 de enero).

Calle Santa Rosa e Hijuela Jarillal (frente villa inestable).

Unión Vecinal 25 de Mayo (villa inestable, acceso Norte entre Constitución y Ameghino)

Colector Aluvional al sur Barrio Infanta, todo el colector es basural.

En el presente el cirujeo se realiza con carretelas. Actualmente existe una disminución del cirujeo debido a que la Municipalidad de Las Heras ha encarado un control estricto para la erradicación de esta actividad, brindando fuentes de trabajo alternativas.

En los destinos recorridos fueron detectados minibasurales ubicados a orilla de los caminos.

Planta de tratamiento: Campo Espejo - El Borbollón

A. Superficie: aprox. 40 ha

B. Llevan residuos: Las Heras - Capital - Godoy Cruz - Lavalle - Guaymallén.

C. Población cercana: 3 km. No hay población cercana.

D. Patológicos: Recepcionan todos los residuos patológicos de los departamentos mencionados y algunos de Capital; estos son llevados a un módulo aparte (a 500 metros) en donde son quemados y tapados.

E. Tratamiento: Relleno sanitario.

Actualmente se realiza una pre-clasificación a cargo del personal de la Coop. El Borbollón. Se clasifican los residuos en orgánicos (destinados a compost) e inorgánicos (se recicla sólo el 30%).

F. Funcionamiento de la planta: 7 días (11 horas/día) para residuos privados. Durante la madrugada para los residuos municipales.

G. Permanencia residuos: 48 hs.

H. Cauces de Agua: No hay.

I. Grado de molestia: No se observa por el sistema de tapado rápido.

J. Acceso basural: Fácil.

K. Volumen estimativo por persona por día: 220 a 250 gramos

L. Ingreso diario: 120 camiones, con 4 personas.

LL. Ingreso volumen residuos por cada camión: 12.800 Tn mensuales totales, 460 Tn diarias. Las Heras: 1.300 Tn por mes.

Características:

Contaminación ambiental o impacto ambiental: alcanza el 0,2 de aumento según la tabla de medición de la Dirección de Saneamiento Ambiental, que va del 0-1000. Este valor de 0,2 es producido sólo por residuos. Una cementera del Dpto. Las Heras alcanza una contaminación ambiental de 200 (nivel de contaminación), para esa misma tabla.

SAN MARTÍN

No hay basurales a cielo abierto.

El 60 a 70% de la recolección de residuos es privada. La empresa utiliza un terreno propio para disponer los residuos y hacer relleno sanitario. El tapado de los mismos se efectúa diariamente. La empresa lleva el 70% y el municipio el resto.

Basurales detectados:

Soberanía Nacional y Río Mendoza (Palmira).

Barrera y Míguez (San Martín) escombrera, sólo el 5% son residuos orgánicos.

Remedios Escalada (jurisdicción de Maipú) entre los límites San Martín, Junín y Maipú.

Basural a cielo abierto, depósito de casi 15 años. Desde 1978 a 1985 a cargo de San Martín. Abarca aprox. 5 a 7 ha.

No hay población cercana. Es el basural más grande de la zona. Actualmente existe un criadero de cerdos con encargado. Cerca del basural corre el Arroyo Claro.

La población más cercana está a 1 km.

Calle Martínez en Buen Orden (entre Ruta Nacional 7 y Ruta Provincial 50).

RIVADAVIA

Basural Municipal: Ubicado a 16 km del centro en propiedad privada. Familia Gargantini. Cercano al Barrio Florida y Barrio Tittarelli. Perteneció al Distrito Campamento. Con una extensión aproximada de 16 ha.

Se hace el relleno sanitario, la basura queda en el lugar 48 a 72 horas. la recolección se hace durante 5 días a la semana. Hay cirujeo, perros semisalvajes y moscas. Se fumiga una vez por semana.

Volumen por día: 15.000 kg

Volumen mensual: 120.000 kg

Residuos patológicos: Se diferencian y son trasladados con vehículo especial que recorre los hospitales, clínicas, inyectables. Estos residuos son quemados y enterrados en la misma propiedad de Gargantini. El Hospital tiene un horno especial en donde son quemados los residuos patológicos.

El otro basural está ubicado a 600 metros de la plaza departamental; aún es depósito de escombros, y son llevados algunos residuos de comercios. Se está tratando de erradicar.

GUAYMALLÉN

Este municipio lleva sus residuos a la planta de Campo Espejo. Antiguamente lo hacía en la zona de Corralitos, en un predio de 80 ha, delimitado por las calles Severo del Castillo y Roque Sáenz Peña.

El acarreo se realiza en camiones y diariamente se descargan 30 a 40 tn de residuos. Este basural era a cielo abierto y en el mismo existía cirujeo.

Esta era una propiedad privada ubicada en Puente de Hierro. Se enterraban los residuos orgánicos y se tapaban mediante topadora alquilada por el Municipio. Los residuos patológicos de los hospitales Italiano, Notti, El Sauce y de algunas clínicas privadas son llevados al mismo lugar junto con desechos de frigoríficos, animales muertos, etc., siendo volcados y quemados en una fosa especial.

Los residuos producidos por la poda del arbolado público son llevados a un sector aledaño al Vivero Municipal, para su posterior consumo y/o canje en los hornos de ladrillos. Los residuos de relleno (embanque, escombros, etc.) se llevan a varios lugares, en Rodeo de la Cruz a la calle Famatina y Callejón Antonelli.

El promedio de recolección es de alrededor de 90 tn/día.

Actualmente el departamento envía sus residuos a la planta de tratamiento de Campo Espejo.

El basural de Puente de Hierro existe actualmente como basural tapado.

Basurales relevados:

Prolongación calle Araujo y Av. Maure-Bermejo. Contamina el canal Cacique Guaymallén. Está ubicado entre fincas y afecta a viviendas rurales. Está formado por todo tipo de residuos. Es de fácil acceso.

Márgenes del canal Cacique Guaymallén y calle Aristóbulo del Valle, límite entre los departamentos de Guaymallén y Las Heras. Contamina cauces de riego. Es de fácil acceso. Contiene todo tipo de basura. La población afectada está representada por viviendas rurales y dos campings ubicados a orillas del canal. Es un basural estable.

Calle Victoria de Capilla de Nieve y Prof. Mathus. Basural dinámico. El tipo de basura acumulada es residuo urbano y escombros. La población afectada corresponde a 1500 viviendas. Ubicado en el paso obligado de 2 sectores, Barrio Minotto hacia Barrio Cooperativa El Carmen - Barrio Amanecer y Barrio Cooperativa Micasa. Existen roedores y olor nauseabundo. Contamina la Higuera de riego de la Escuela Pouget.

Antonelli pasando vías del Ferrocarril Belgrano Km. 14. Es una escombrera en el predio del ferrocarril, por esta razón no se puede cerrar. Está ubicada a pocos metros del carril Godoy Cruz. Se encuentra frente al Barrio Santa Rita formado por 600 viviendas donde las afectadas en forma directa son 30 casas que representan aproximadamente 280 personas. Es un basural estable. Contiene todo tipo de residuos domiciliarios como así también industriales. Es una excavación de unos 700 a 800 metros de diámetro y profundidad aproximada de 25 metros. Es de fácil acceso. Existe un asentamiento de cirujas de aproximadamente 20 personas, los que llevan la basura a sus viviendas, generando un minibasural cercano al anterior. Este basural es enterrado periódicamente pero vuelve a formarse al poco tiempo.

Asentamiento Pescara. Es un basural estable, constituido por residuos sólidos producto del asentamiento formado por aproximadamente 150 familias. Por lo general los residuos son arrojados al Pescara. Este basural afecta al Barrio Cocucci integrado por unas 350 viviendas.

Elpidio González y Tapón Moyano. Es un basural estable donde arrojan todo tipo de residuos sólidos urbanos. No está cerrado y el predio está rodeado por fincas o terrenos desocupados. Está parcialmente tapado pero siguen arrojando. Es de fácil acceso. Contamina la hijuela Higuerita. La superficie cubierta es de aproximadamente 1 ha.

Avanzando 200 m hacia el Este en la intersección de Tapón Moyano y Lateral Acceso Este se encuentra otro basural cuya superficie aproximada es de 0,5 ha, cubierto principalmente por residuos sólidos urbanos. El lugar de asentamiento corresponde a terrenos privados.

Carril Ponce y Acceso Este costado Norte. Es un basural de tipo dinámico de RSU. Cada 20 días se hace una recolección de 120 m³.

Prolongación Famatina y San Francisco del Monte. Está formado por dos depresiones de 400 m de diámetro por 15 m de profundidad aproximadamente. Son depresiones de las que se extrajo el material para construir el Acceso Este. El lugar está rodeado de fincas. El acceso es fácil. Hay todo tipo de residuos orgánicos, sólidos urbano e industrial, escombros y descarga de camiones atmosféricos.

Este tipo de descarga es ilegal. El terreno es privado. Se ha establecido un asentamiento de cirujas de aproximadamente 30 personas.

Elpidio González y Las Cañas. Es un basural dinámico, de aproximadamente 400 m de longitud. La frecuencia de limpieza es cada 30 días. Se recolectan aproximadamente 240 m³. El residuo es doméstico, industrial, se encuentran desechos avícolas en cantidad apreciable. La población afectada es de aproximadamente 500 personas. Los residuos son descargados junto a la hijuela Tapón Moyano.

Lateral Acceso Sur y Alsina. Es dinámico y de fácil acceso, está formado por escombros y material de construcción. Normalmente se arrojan animales muertos. Cada 45 días se recolectan aproximadamente 420 m³.

Carril Rodríguez Peña entre Remedios Escalada y acceso a la Avenida Costanera (Márgenes del Canal Tapón Moyano). Arrojan todo tipo de residuos. Hay 2 o 3 fábricas, entre ellas una de lavandina, que vuelca sus desechos. Cada 60 días se retiran 300 m³. Está ubicado frente al Barrio Batalla del Pilar. Población afectada aproximada, 240 personas. Carril a Lavalle - Km 16 - Colonia Segovia

Existe hace más de 30 años. Es estable, arrojan todo tipo de residuos fundamentalmente residuos de industrias conserveras, avícolas y otras. Descargan camiones atmosféricos. La superficie aproximada es de 50 ha. Está rodeado por fincas. Existe un asentamiento clandestino de aproximadamente 500 casas, llamado Barrio Nevot, cuyos habitantes se dedican al cirujeo. Contamina hijuelas de riego.

Pacheco y San Miguel - Los Corralitos. Existe un asentamiento clandestino de aproximadamente 300 casas. El basural contiene residuos del mismo asentamiento. Contamina hijuelas de riego.

Severo del Castillo y Sáenz Peña - Distrito Puente de Hierro.

Se encuentra tapado. La Municipalidad arrojó allí los residuos sólidos del departamento por espacio de 5 años. Su superficie es de aproximadamente 6000 m².

GODOY CRUZ

Los residuos domiciliarios son trasladados a El Borbollón donde son enterrados a cielo abierto, y los residuos patológicos son llevados al Cementerio de la Capital, para su cremación. La descarga diaria es de 75 a 80 tn/día.

Los basurales relevados son:

Parque San Vicente (ex Matadero Municipal) es un predio de una superficie aproximada de 18 a 20 ha donde los particulares, vecinos y carretelas ambulantes depositan residuos de todo tipo, observándose una gran acumulación de plásticos y escombros. Limita al norte con el Club YPF y al este con la calle San Martín Sur en una zona residencial y muy transitada.

En terrenos ubicados junto a la Empresa Bravín, sobre Acceso Sur entre carril Rodríguez Peña y carril Sarmiento, existe gran depósito de escombros y residuos domiciliarios.

Vaciadero Municipal de escombros. En este lugar destinado exclusivamente al depósito de escombros, particulares y contratados, vuelcan sus residuos domiciliarios. Se observó la presencia de un grupo organizado de cirujas trabajando activamente en la selección y recuperación de los mismos.

Cooperativa Los Barrancos: Calle Pte. Perón, Barrio Empleados de Comercio. Terrenos ubicados entre los Barrios Judicial y Brasil: Calle Alas Argentinas, lugar donde los vecinos vuelcan sus residuos domiciliarios.

Zona comprendida entre la calle Las Tipas y el Zanjón Frías, costado sur, residuos de comercios de la zona (verdulerías y fruterías).

A continuación se detallan los basurales relevados de acuerdo con la numeración que los identifica en el plano del departamento.

Asentamiento Talcomín. Calle Talcahuano 180 m³. Población afectada: 900-1000 habitantes.

Alas Argentinas y Pte. Perón. 300 m². Barrio Centro Empleados de Comercio. Afecta tres manzanas de Barrio Alas Argentinas y dos del CEC, 150 habitantes aproximadamente.

Vaciadero Municipal de Escombros. Se vuelca desde 1992. El volumen de residuos acumulados es alrededor de 55000 m³. Si bien es un lugar destinado a la descarga de escombros, los particulares arrojan todo tipo de residuos. Existe cirujeo.

Boulevard Barrio La Estanzuela (Este a Oeste) frente a salida Barrio Fuchs. Los residuos son arrojados sobre este Boulevard y no sobre el límite este como se hacía anteriormente. El volumen recolectado es de 300 m³. Es dinámico.

Entrada Barrio UDILEM por Barrio Cardenal. Volumen 180 m³.

Terreno ubicado en Salvador Civit y Canal Civit al Sur.

Chuquisaca desde Salvador Civit a Segundo Sombra incluye Campo Pappa y las depresiones de las ex-ripietas. Volumen 5000 m³.

Chapadmalal y Monte Hermoso. Volumen 60 m³.

Se cambió de lugar a lo largo de la calle Pte. Illia.

Asentamiento SUSSO, afecta el cauce aluvional que derrama en el canal Cacique Guaymallén. Volumen 120 m³.

Calle Segundo Sombra desde Chuquisaca a la Escombrera Municipal. Volumen 180 m³.

Blanco Encalada y Pedro Goyena. Volumen 36 m³.

Terreno ubicados en Boulogne Sur Mer y Santiago del Estero, costado norte y sur. Volumen 70 m³. Es estable.

Armani y Boulogne Sur Mer costado oeste. Volumen 18 m³.

Pasaje Thomas Edison, San Martín Sur al 500. Volumen 300 m³. Es estable, se limpia y vuelve a ser generado.

Tapados próximos espacios verdes.

Terrenos Ferrocarril Gral. San Martín entre Pasaje Reyes y Alte. Brown. Vol. 18 m².

Honduras y Perito Moreno. Volumen 18 m³.

Leopoldo Lugones y José Martí desde La Pampa al Norte. Volumen 180 m³.

Predio ubicado entre calle Soldado Baigorria y Guizazola. Volumen 30 m³.

Calle Lateral Oeste y La Carrodilla al Norte. Barrio Huarpes II. Volumen 36 m³.

Guillermo Rawson y Lateral Acceso Sur al Norte - Barrio Goldstein. Volumen 30 m³.
Terrenos ubicados sobre Acceso Sur desde Aristóbulo del Valle al Sur. Volumen 30 m³.
Barcala y Lateral Oeste - Barrio Santa Teresa II. Volumen 36 m³.
Predio ubicado entre calle Los Jazmines desde Las Azucenas a Benavente. Volumen 30 m³.
Alsina costado norte de P. de la Reta a Lateral oeste. Volumen 18 m³.
Calle Valle Grande y Progreso. Volumen 18 m³. Fue limpiado.
Lotes baldíos ubicados entre Acceso Sur, Aristóbulo del Valle y Vélez Sársfield. Volumen 350 m³.
Lateral Acceso Sur y Aristóbulo del Valle, frente Barrio Paulo VI. Volumen 1800 m³. Se han extraído 350 camionadas.
Calle Terrada de Guillermo Rawson al Sur hasta la Carrodilla. Volumen 35 m³.
Calle Zaporta de Humahuaca al norte. Volumen 12 m³.
Predio ubicado entre Tandil y Diamante. Volumen 18 m³.
No existe y se va a parquizar.
Cooperativa Los Barrancos. Volumen 300 m³. Población afectada 500 habitantes.
Calle Pte. Perón desde Barrio La Estanzuela hasta Los Barrancos. Volumen 500 m³.
Entrada Acceso Sur por Carril Sarmiento hacia el Sur y Norte. Volumen 300 m³.
Montecaseros y Balcarce. Afecta colector aluvional que derrama en Canal Cacique Guaymallén. Volumen 50 m³.
Camino a la ripiera Empresa Maccola. Volumen 180 m³.
Autódromo Los Barrancos. Población afectada 300 personas. Volumen 180 m³.
Calle pegada al Canal Jarillal entre Salvador Civit y Tiburcio Benegas. Se ha tapado con escombros. Volumen 180 m³.
Pte. Illia desde Salvador Civit a Barrio La Estanzuela. Población afectada, 1500 habitantes. Volumen 300 m³.

MAIPÚ

La cantidad de basura recolectada diariamente es de 50 a 70 tn/día. En la pequeña Planta Piloto de Reciclaje de Residuos se procesan 3.600 kg/día, el resto es llevado a Campo Espejo en Las Heras para su disposición final. La población servida es de 100.000 habitantes sobre un total de 135.000 habitantes. Un camión cubre las necesidades de 2.000 a 2.500 habitantes.

Basurales Relevados

Corresponden a un relevamiento actualizado.

RODEO DEL MEDIO

Ubicado entre Don Bosco y Víctor Hugo próximo a Ruta 20. Se estima que existen unos 70 tn de residuos principalmente orgánicos. Contamina hijuelas de riego.

Ubicado entre Reconquista, Falucho, La Carpa, y Humberto Primo, en La Primavera. Aproximadamente ocupa 20 ha cubiertas con residuos orgánicos, principalmente desechos de conserveras, avícolas (plumas) y también plásticos. Estos basurales han sido limpiados.

FRAY LUIS BELTRÁN

Carril Los Alamos a 500 m de Acceso Este. Existen entre 3 a 4 tn de desechos. Casi todo el residuo es orgánico.

Ruta 60 - Lugar donde se encontraba ubicado el ex-Basural Municipal, los particulares

siguen arrojando, a ambos lados del camino, residuos orgánicos e industriales; actualmente tapado. Contamina el cauce de riego canal San Martín.

POBLACIÓN AFECTADA POR LOS DISTINTOS BASURALES

Datos de población según censo 1991. Método por radios y fracciones.

- 1-860 hab.
- 2-1.677 hab.
- 3-1.677 hab.
- 4-1.677 hab.
- 5-988 hab.
- 7-560 hab.
- 8-1.316 hab.
- 9-860 hab.
- 10-1.728 hab.
- 11-1.374 hab.
- 12-785 hab.
- 15-1.969 hab.

PLANTA PILOTO DE RECICLAJE DE RESIDUOS

Se encuentra actualmente en funcionamiento y está ubicada en Gral. Ortega (Zona Industrial y de Reserva Industrial). Está procesando alrededor de 3.600 kg/día correspondiente a los residuos de un sector del microcentro de Maipú.

Para llevar a cabo este sistema se implementó un programa de difusión domiciliaria apoyada por dos escuelas primarias y una secundaria. El vecino hace una preselección utilizando bolsas de distintos colores para identificar los diferentes residuos.

Clasificación de los residuos sólidos:

Según su origen se los clasificó en Urbanos, Industriales, Agrícolas, Hospitalarios y Radiactivos. De acuerdo con sus propiedades físico-químicas en: Inorgánicos (metales, vidrios, escombros cenizas) y Orgánicos (de lenta degradación: papel, cartón, madera, goma, plásticos, etc.; y degradables: frutas, verduras, hojas, restos de alimentos).

Composición R.S.U.

Orgánicos	58,0 %
Metales	1,6 %
Plásticos	12,0 %
Pañales	13,0 %
Trapos	1,4 %
Vidrios	4,0 %
Cartón y papel:	5,0 %
Otros:	5,0 %

AGRADECIMIENTOS

A Dirección de Obras y Servicios Públicos de la Municipalidad de Las Heras, Godoy Cruz, Guaymallén, Maipú, Rivadavia, San Martín, Junín. Dirección de Control y Saneamiento Ambiental. Provincia de Mendoza.

Programa Subsidiado por el Ministerio de Medio Ambiente Urbanismo y Vivienda.

Consideraciones sobre la producción de desechos en tareas de exploración petrolera

CARLOS O. VILLEGAS

Halliburton Geophysical Services, Area Ambiental

RESUMEN

Se midió la cantidad de residuos totales generados durante cuatro meses, en las tareas de exploración petrolera del sector noroeste del departamento de General Alvear. Se registró una producción media mensual de 1050 kg. Del total de residuos producidos por los distintos sectores en el período considerado (4198 kg), el 24,15% corresponde al área de Registro, el 22,8% al campamento Base; siguiendo en orden de importancia, el sector de Topografía (12,8%), Oficinas (12,46%), Trocha (11,17%), Perforación (7,96%), Dinamita (5,5%), Ambulancia (1,1%), Gravimetría (1,0%) y Polvorín (0,72%).

ABSTRACT

Considerations about waste production in oil prospection works

It was measured the total amount of waste generated during four months by oil prospection works in the NW section of the Department of General Alvear. Registers showed a monthly mean production of 1050 kg. From the total waste produced by the different sectors in the considered period (4198 kg), 24.15% corresponds to the registration area, 22.8% to the base campament, following in decreasing order topography 12.8%, offices 12.46%, roads opening 11.17%, drilling 7.96%, dynamite 5.5%, ambulance 1.1%, gravimetry 1% and explosive storage 0.72%.

INTRODUCCIÓN

Las actividades de exploración petrolera, con empleo de gran cantidad de operarios, generan un importante volumen de residuos que normalmente quedan distribuidos en los ambientes naturales. Durante la etapa exploratoria del año 1993, en el departamento de General Alvear, se evaluó la producción de residuos totales (sólidos y líquidos; orgánicos e inorgánicos).

MATERIAL Y MÉTODO

El estudio se efectuó en el área de exploración General Alvear: incluyendo las localidades de Gaspar Campos, Carmensa y Colonia Alvear.

Los residuos producidos por cada sector fueron pesados durante el tiempo que duró la exploración (agosto, setiembre, octubre y noviembre). Los sectores de trabajo conside-

rados fueron: campamento base, trocha, topografía, perforación, registro, refracción, dinamita, oficinas, ambulancia, polvorín y gravimetría.

Cada operario estaba obligado a transportar en bolsas los residuos que generaba. Se pesaron diariamente los desechos generados, obteniéndose el valor mensual en relación con el número de personas afectadas. Se excluyó el sector de cocina por cuanto este servicio no era exclusivo de la empresa.

Entre los contaminantes que se evaluaron, se encuentran:

Sólidos: alimentación del personal (viandas), tanto orgánico como inorgánico; y todo material de descarte generado durante las actividades de campaña: productos en desuso durante las operaciones de sísmica (cables detonadores, cintas plásticas, caños de PVC, estacas, estopas, señales de diferentes tipos, mangueras deterioradas, correas, restos de cubiertas y envases descartables de explosivos).

Residuos sólidos y líquidos (peligrosos): productos de enfermería (envases plásticos, jeringas, agujas, frascos de medicina, algodones); contenido de letrinas móviles, lubricantes usados de vehículos y maquinarias en general, lavado de motores.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En general, gran parte de estos residuos suelen quedar en el monte natural, transformándose en un contaminante de lenta descomposición, según el tipo de material.

En la Figura 1 se observa los pesos de residuos generados por los distintos sectores, con una producción media mensual de residuos de 1050 Kg.

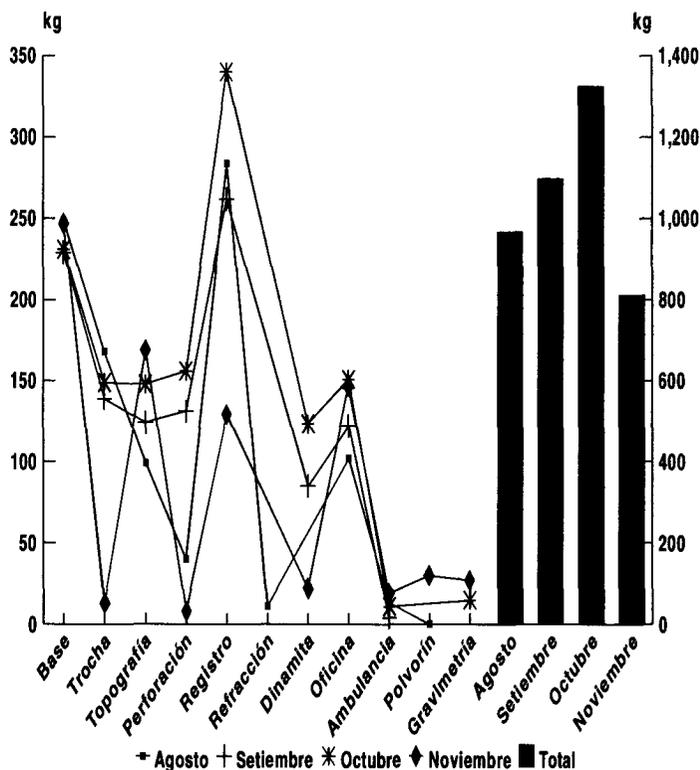


Figura 1. Producción de residuos totales por sector y total mensual

Del total de residuos producidos por los distintos sectores (4198 kg) en los cuatro meses de operación, el 24,15% corresponde al área de Registro, el 22,8% al campamento Base; luego les siguen en orden de importancia, el sector de Topografía (12,8%), Oficinas (12,46%), Trocha (11,17%), Perforación (7,96%), Dinamita (5,5%), Ambulancia (1,1%), Gravimetría (1,0%) y Polvorín (0,72%).

Durante las operaciones se incorporaron 24.980 caños de PVC de 1,5 m de longitud, que en parte no fue posible recuperarlos.

En el caso de los cables detonadores, se recolectó un total de 903 kg que poseen valor comercial por su contenido en cobre (587 kg).

Para los 4 meses de trabajo, se recolectaron como residuo peligroso 990 litros de aceites usados.

Condiciones meteorológicas favorables a la contaminación atmosférica en Mendoza

FEDERICO NORTE

IANIGLA-CRICYT-CONICET, CC 505, 5500 Mendoza

RESUMEN

Se brinda una descripción de las condiciones meteorológicas que más frecuentemente influyen sobre la contaminación urbana en Mendoza. El Zonda, prevaleciendo en altas capas de la atmósfera la mayor parte del año, favorece directamente las condiciones para días con alto grado de contaminación. Además existen situaciones anticiclónicas (mayo-octubre) con elevada probabilidad de heladas que contribuyen a una alta contaminación.

ABSTRACT

Meteorological conditions that favour atmospheric pollution in Mendoza

There is a description of the meteorological conditions that most frequently influence the concentration of pollutants in the city of Mendoza. The Zonda, prevailing in the higher layers most of the year, directly favours the conditions for days with a high pollution degree. There also exist anticyclonic situations (May-October) with high probability of frost, that contribute to a higher pollution degree.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Mendoza y sus alrededores constituye el conglomerado urbano más importante del oeste argentino. Se encuentra inmediatamente a sotavento de la cordillera de los Andes a 32°50' de latitud Sur, y 68°47' de longitud Oeste. Como la mayoría de las ciudades de América Latina, fue construida en un bajo relativo (750 msm), extendiéndose luego a partes más altas. Presenta una elevada frecuencia de vientos calmos o muy suaves que impiden, sobre todo en época invernal, el recambio del aire contaminado emitido por el tránsito automotor y las chimeneas de la actividad industrial.

El objetivo principal de este trabajo es caracterizar las condiciones meteorológicas que con mayor frecuencia inciden en la concentración de contaminantes en zonas urbanas y suburbanas de la ciudad de Mendoza.

En particular se ha observado que el efecto del viento Zonda que predomina en capas altas durante la mayor parte del año, en especial durante el invierno austral, favorece directamente las condiciones de días con alto grado de contaminación.

Esta es más intensa cuando las condiciones de Zonda se hallan a muy baja altura, sin alcanzar a la ciudad, determinando una inversión térmica notable.

La situación se agudiza aún más en horas previas a la aparición del viento sobre la ciudad (frecuencia anual de 11 a 14 casos) que es generalmente luego del mediodía solar

(13:30 hora local), una vez que el viento Zonda ha logrado «perforar» la capa de inversión, es decir, cuando el gradiente vertical de temperatura se hace menos estable.

También, las situaciones sinópticas post-frontales, anticiclónicas, en especial cuando hay ocurrencia de heladas, son proclives a días de alto grado de contaminación.

Existen cuatro estaciones meteorológicas que rodean a la ciudad de Mendoza y permiten caracterizarla climáticamente.

La estación del aeropuerto El Plumerillo a 18 kilómetros al nor-noreste de la ciudad, la estación Observatorio en el Parque General San Martín, la estación CRICYT también en el mismo Parque y la estación Chacras de Coria a unos 20 kilómetros al sur del centro de la ciudad.

Las dos primeras mencionadas pertenecen al Servicio Meteorológico Nacional, la segunda al CONICET y la tercera a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cuyo.

Se caracteriza climatológicamente a Mendoza según la clasificación de Köppen, basada fundamentalmente en las variaciones estacionales de la temperatura y la precipitación (elementos meteorológicos más fácilmente disponibles) y sus efectos sobre la vegetación natural.

El método identifica a las diferentes regiones climáticas mediante combinaciones de letras que responden a iniciales de palabras en idioma alemán.

Emplea letras mayúsculas para identificar el clima de un lugar en términos amplios y subíndices con letras minúsculas para identificar sus particularidades de menor escala (regionales o puntuales).

Debido a la diversidad de regiones climáticas en que Köppen divide el globo terráqueo, se mencionarán solamente aquellas que caracterizan al sector del llano de la provincia de Mendoza donde está ubicada la ciudad Capital.

Corresponde al tipo de clima BW: CLIMA SECO DESERTICO.

La mayor parte del territorio mendocino está dominada por la zona climática del tipo B. Existen dos tipos de clima B, el BW ya mencionado y el BS que significa CLIMA SECO ESTEPARIO.

El mapa de Mendoza que se anexa ilustra las áreas de cada tipo de clima de la llanura y piedemonte y ubica las distintas isolíneas relacionadas a los subíndices de identificación climática (Figura 1).

Significado de los subíndices:

a; la temperatura media del mes más caliente es mayor de 22 grados.

b; la temperatura del mes más caliente es menor de 22 grados y en al menos cuatro meses es mayor que 10 grados.

h; caliente con temperatura media anual mayor que 18 grados.

k; frío en invierno con temperatura media anual menor que 18 grados.

k'; idem que en k pero con la temperatura media del mes más caliente inferior a 18 grados.

s; seco en verano.

w; seco en invierno.

Con estas consideraciones el aeropuerto El Plumerillo tiene un clima BWakw.

MATERIAL Y MÉTODO

La disponibilidad de información no es la óptima. Sin embargo se logran obtener algunos resultados a partir de:

- Datos de contaminación de partículas en suspensión medidas en la estación ubicada en calles Lavalle y San Juan de la ciudad de Mendoza. Esta información fue suministrada por la Dirección de Saneamiento y Control Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda de la Provincia de Mendoza. Corresponde a la información diurna, nocturna y diaria de los meses de julio, agosto y setiembre de 1988 y 1990 de la red de estaciones urbana y suburbana de la provincia.

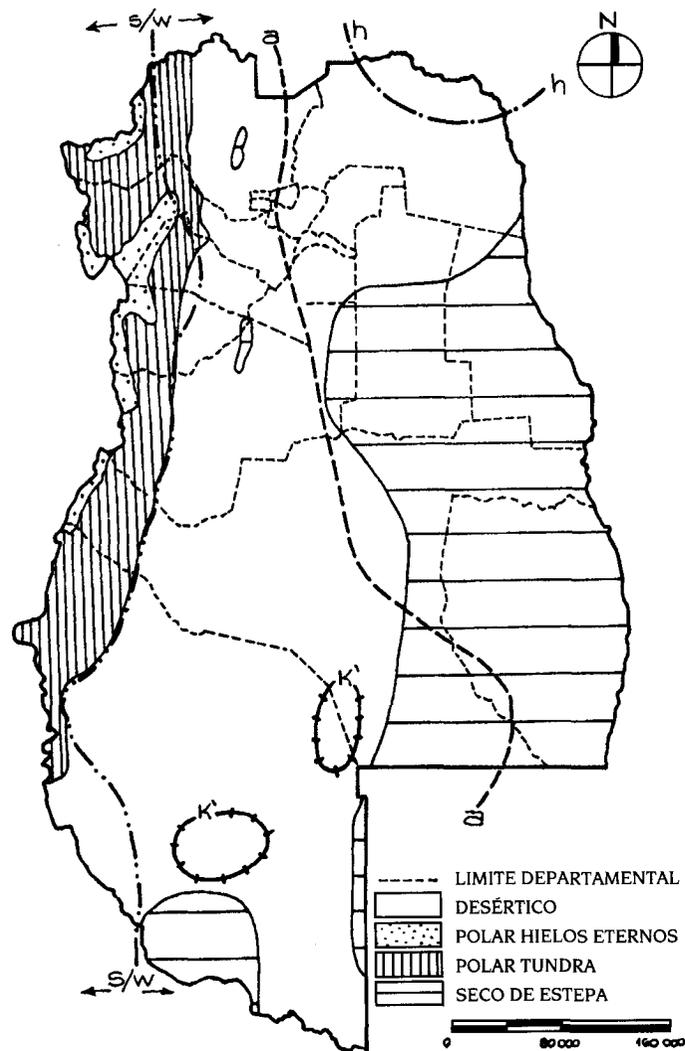


Figura 1. Mapa climático de Mendoza.

- Información del Servicio Meteorológico Nacional correspondiente al mismo período de: secuencias sinópticas horarias, mapas del tiempo y emagramas de 12 UTC.

- Datos de estaciones pertenecientes al Programa Regional de Meteorología ubicadas en Vallecitos (32°59' Lat. sur y 69°20' Long. oeste, 2.560 msm), Las Aguaditas (33°05' Lat. sur y 69°17' Long. oeste, 2.225 msm) y Puesto Reynoso (1.750 msm) que permiten establecer la presencia o no de viento Zonda de altura.

- Se utilizan las definiciones de Zonda hígrico y de Zonda de altura (Norte, F. 1988). En particular el zonda hígrico se calcula según las relaciones siguientes:

$$\blacktriangle Hc = Hc_{i+1} - Hc_i$$

$$\blacktriangle H = H_{i+1} - H_i$$

donde:

i: hora oficial

Hc: humedad relativa media (climática)

H: humedad relativa real

$\blacktriangle Hc$: variación de la humedad relativa entre una hora y la siguiente

▲H: variación de la humedad relativa real entre una hora y la siguiente.

Se define: $\Delta X = \Delta H_c - \Delta H$

Se calculan: $\Delta X >= K_j$ (la variación de j es unitaria)

Se prueban distintos K_j hasta hallar uno considerado límite

Se prueba un segundo límite C igual a un valor fijo de humedad relativa.

El Zonda Higrico existe si se cumple la relación $|\Delta X >= K_j| \leq C$

- Se presenta la climatología (campos medios) de las situaciones sinópticas favorables a viento Zonda de Altura, viento Zonda en la ciudad de Mendoza y Heladas post-frontales.

- Asimismo los perfiles verticales de temperaturas y vientos medios de la atmósfera relacionados con días de viento Zonda (Norte, F; 1988) y días con heladas.

La definición de viento Zonda de Altura para la ciudad de Mendoza indica que un día de esas características es aquel que presenta el fenómeno en al menos una de las localidades cordilleranas mencionadas sin que el mismo alcance al llano.

Se comparan los días de ocurrencia de estos fenómenos meteorológicos y se relacio-

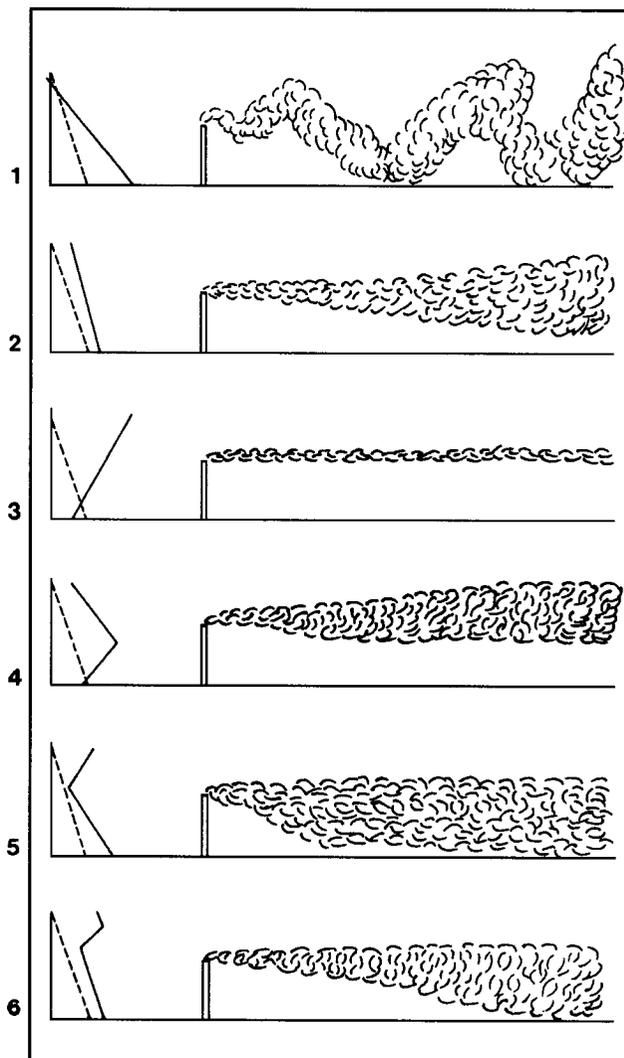


Figura 2. Forma que adquiere una pluma de humo contaminante según la distribución vertical de la temperatura (Blerly & Howson, 1962). 1:Condiciones de fuerte gradiente (oruga), 2:Condiciones de gradiente débil (cono), 3:Condiciones de inversión (abanico), 4:Inversión abajo, gradiente arriba (cono elevado), 5:Gradiente abajo, inversión arriba (fumigación), 6:Débil gradiente abajo, inversión arriba (lazo).

nan con los niveles de concentración de partículas en suspensión [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]. Igualmente se establece una relación entre el tipo de inversión, la forma teórica que adquiere una pluma de humo contaminante y el grado de concentración de las partículas. Los seis tipos clásicos de inversión térmica en capas bajas de la atmósfera, las formas teóricas que adquiere la pluma de humo contaminante y el grado de concentración de partículas (Figura 2).

Se utilizan los modelos objetivos de predicción de viento Zonda en la ciudad de San Juan y/o Mendoza y de situaciones favorables a Heladas en San Rafael como métodos indirectos de predicción de eventos contaminantes. (Norte, F *et al.* 1988, 1990c y 1991)

RESULTADOS

EL VIENTO ZONDA Y LA CONTAMINACIÓN URBANA

Con la muestra disponible (Período julio-agosto-setiembre 1990) de los niveles de concentración de partículas, comparándolos con las situaciones sinópticas y la definición de viento Zonda de Altura, se nota una elevada correlación entre situaciones clásicas de viento Zonda y la contaminación ambiental.

Las Figuras 3a y 3b muestran respectivamente la distribución media de Zonda en altura, de acuerdo con la definición y la marcha anual del «Zonda higrico» considerando el porcentaje de horas de ocurrencia respecto del total de horas por mes en Vallecitos.

Esto coincide con las observaciones que indican una mayor concentración de partículas contaminantes durante el otoño y el invierno.

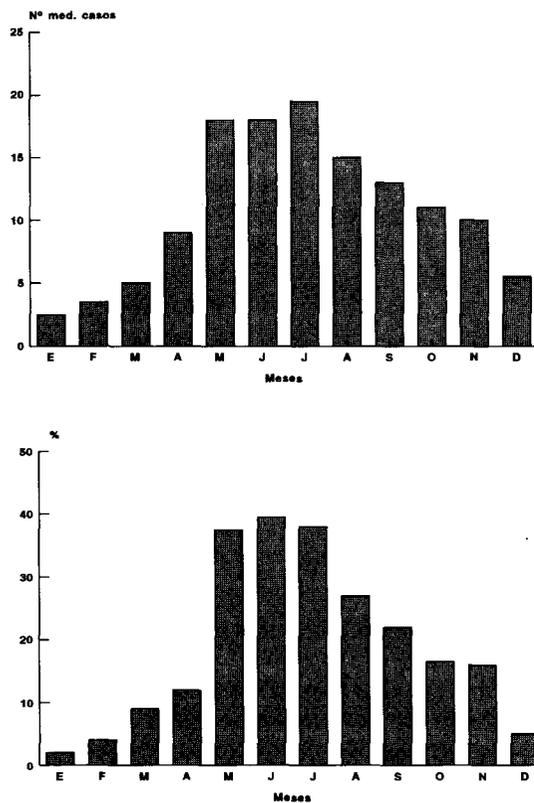


Figura 3. Marcha anual media del Zonda a) considerando el porcentaje de horas en que se registra respecto del total de horas por mes (Vallecitos), b) en altura.

La alta coincidencia a escala climática (anual) también se repite en menor escala.
 La Figuras 4 y 5 muestran la variación diaria de la contaminación de partículas en suspensión durante julio y agosto de 1990.

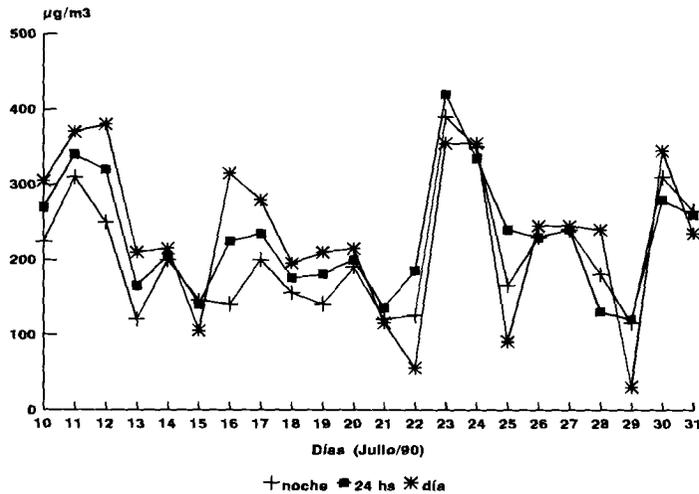


Figura 4. Variación diaria de la concentración de partículas en suspensión durante el mes de julio de 1990.

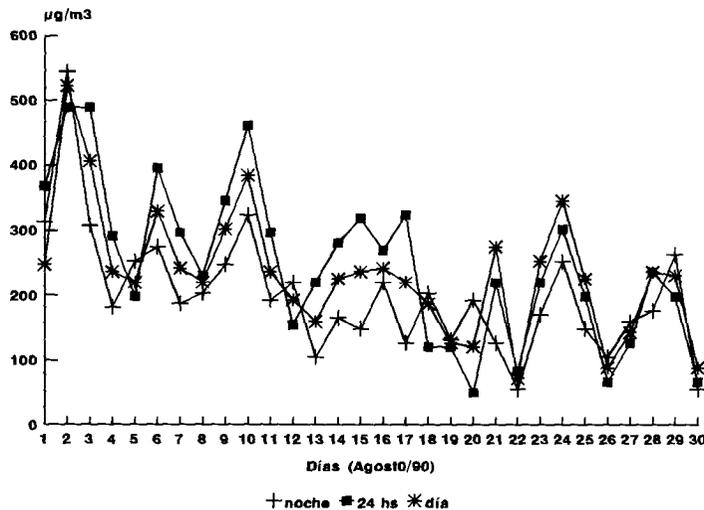


Figura 5. Variación diaria de la concentración de partículas en suspensión durante el mes de agosto de 1990.

Las Figuras 6 y 7 indican la cantidad de horas con viento Zonda en altura para idéntico período.

Salvo excepciones, se observa una gran coincidencia entre el mayor número de horas con Zonda de altura y la mayor concentración de partículas.

Otra muestra, para la misma estación de medición, corresponde al período mayo-junio de 1988.

Se analiza la relación posible entre la concentración del monóxido de Nitrógeno y

i)el número de capas de gradientes estables o inversiones térmicas

ii)el tipo de inversión observada (Figura 2).

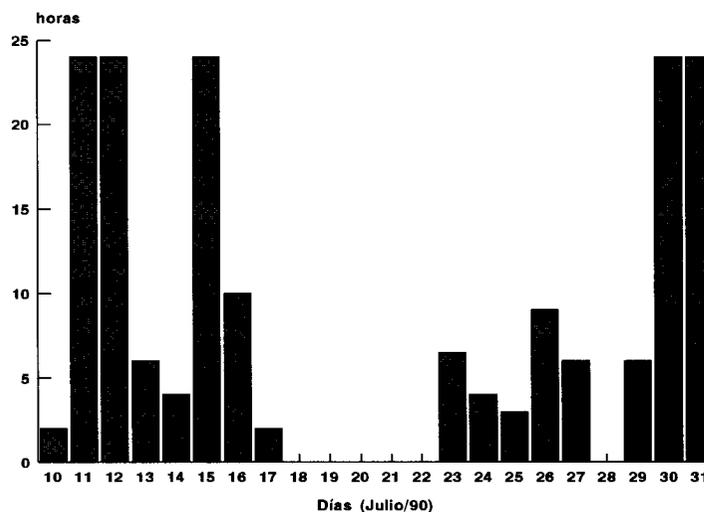


Figura 6. Cantidad de horas con viento zonda en altura para Julio de 1990.

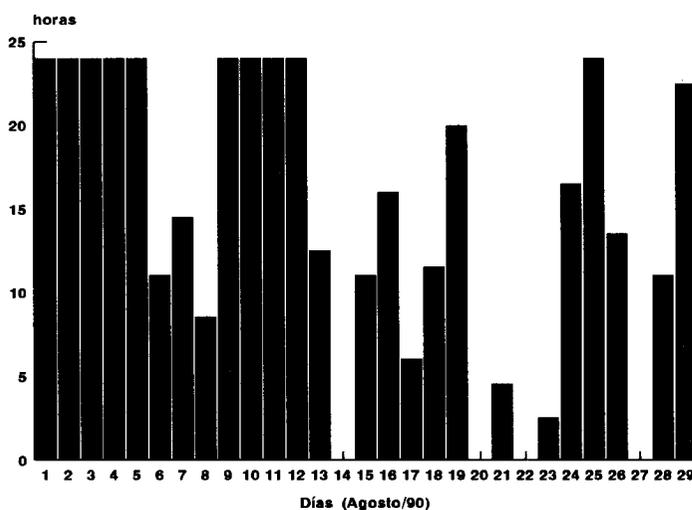


Figura 7. Cantidad de horas con viento zonda en altura para Agosto de 1990.

En el caso i) se ve cierta relación entre el número de capas estables y la mayor concentración y en ii) hay una tendencia a que los días de mayor concentración se presenten inversiones superficiales (tipo d) combinadas con inversiones de subsidencia (tipo f).

Los casos de tipo f donde el gradiente vertical de temperatura es muy estable y la capa de inversión es extensa son los que aparecen con mayor frecuencia.

Son seguidos, en orden de frecuencia decreciente, por los días con situación clásica de viento Zonda de altura (tipo e) donde se ve una inversión bien marcada de la temperatura y una disminución brusca del punto de rocío.

Por otra parte, se comprueba que los modelos objetivos de predicción de días con viento Zonda en las ciudades de San Juan y/o Mendoza permiten inferir la probabilidad de situaciones de Zonda de Altura y por ende la probabilidad de elevación de los valores de contaminación. (Norte, 1990d).

EL AIRE FRÍO Y LA CONTAMINACIÓN URBANA

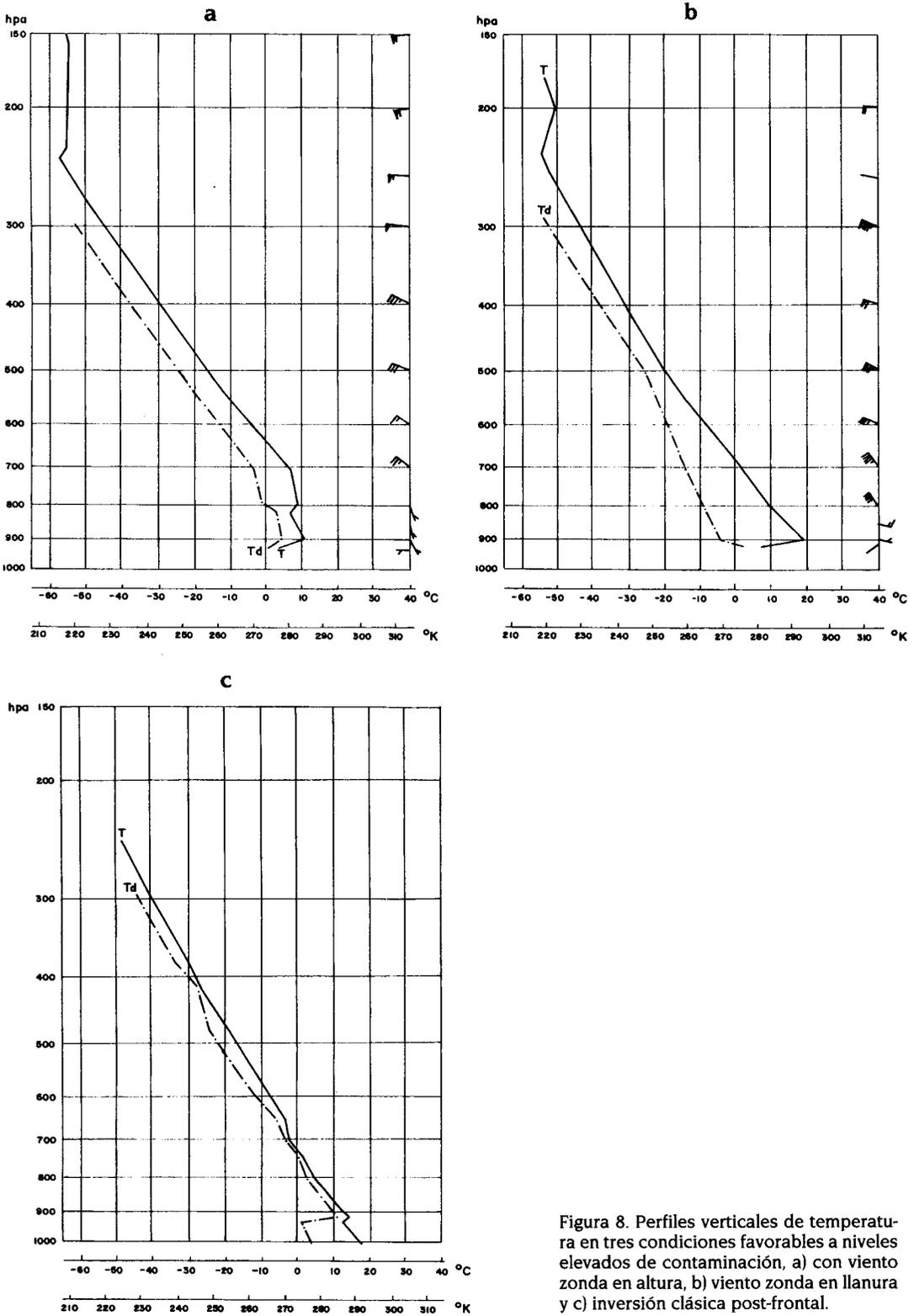


Figura 8. Perfiles verticales de temperatura en tres condiciones favorables a niveles elevados de contaminación, a) con viento zonda en altura, b) viento zonda en llanura y c) inversión clásica post-frontal.

Si bien la frecuencia de viento Zonda de Altura es elevada en el período invernal mencionado, existen también muchos casos de contaminación ambiental correspondientes a situaciones post-frontales o anticiclónicas.

En general estas condiciones se asocian (entre mayo y octubre) a días con alta probabilidad de ocurrencia de heladas.

Los modelos objetivos de predicción de días con heladas diseñados para el oasis de San Rafael son útiles o sirven de guía para predecir la probabilidad de ocurrencia de días con alto grado de contaminación.

La Figura 8 muestra perfiles verticales de temperatura en tres condiciones favorables a niveles elevados de contaminación.

La Figura 8a corresponde a un día típico de viento Zonda en altura.

La Figura 8b corresponde a un día típico de viento Zonda sobre el llano (momentos antes de su aparición, donde se puede apreciar una inversión térmica muy pronunciada).

La Figura 8c muestra la inversión clásica post-frontal.

CONCLUSIONES

- La distribución vertical de la temperatura en capas bajas de la atmósfera sobre el Aeropuerto «El Plumerillo» muestra en invierno un gradiente medio estable.

- En los días con «Zonda en Altura», ese gradiente se hace más estable aún y se super estabiliza (se forma una inversión térmica pronunciada) cuando el viento comienza a descender próximo al suelo unas horas antes de aparecer en el llano.

- El método del «Zonda Hígrico» es ideal para probar la relación entre Zonda en Altura y la contaminación urbana en Mendoza. Al ser información continua permite una mayor visualización del fenómeno.

- En cambio, los radiosondeos, por ser datos puntuales (solamente a las 12 UTC), no muestran relaciones tan evidentes.

- La disminución de contaminantes es notable en los fines de semana pero el condicionante debido al Zonda en Altura sigue presente.

- Los métodos de predicción de viento Zonda probados en Norte 1988 (Tesis Doctoral) y los elaborados posteriormente (Norte 1988 b; Norte y Seluchi 1993) son eficaces para predecir días de alto grado de contaminación.

Se concluye finalmente que la situación de Zonda en Altura favorece notablemente a la contaminación pero no es la única que lo hace. Los casos anticiclónicos, en especial los favorables a las heladas también son situaciones sinópticas contaminantes.

AGRADECIMIENTOS

Al personal de la Dirección de Saneamiento y Control Ambiental por facilitar la información ambiental necesaria.

Al Servicio Meteorológico Nacional (Aeropuerto El Plumerillo) por la información otorgada. A Marcela Lingiardi por su trabajo de tipeado y corrección del manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- NORTE, F., 1988a. Características del viento Zonda en la región de Cuyo. Tesis Doctoral, Fac. Cs. Ex. y Nat. Univ. Bs. As.
- NORTE, F., 1988b. Métodos de pronóstico del viento Zonda en Mendoza (Argentina). Memoria del III Congreso Interamericano de Meteorología y III Congreso Nacional Mexicano de Meteorología. México, D.F. Pág. 114-118.
- NORTE, F., 1988c. Vertical structure of the atmosphere when Zonda wind occurs. Anales de la Tercera Conferencia Internacional sobre Meteorología y Oceanografía del Hemisferio Sur, Buenos Aires, pág. 178-179.

- NORTE, F. Y M. SILVA, 1990c. Métodos objetivos de predicción de heladas en Mendoza Parte I: Aplicados al oasis de San Rafael con sólo información de superficie. XVI Reunión Científica de la A.A.G.G., Bahía Blanca.
- NORTE, F. Y M. SILVA, 1990d. El viento Zonda y la predicción de la contaminación de la ciudad de Mendoza, República Argentina. Primer Simposio Internacional sobre Clima Urbano, Contaminación del aire y planeación, en Guadalajara, México, en prensa.
- NORTE, F., M. SILVA Y J. CRISTALDO, 1991. Métodos objetivos de predicción de heladas en Mendoza. Parte II: Aplicados a tres oasis distintos, incluyendo información de la estructura vertical de la atmósfera. Congremet VI. Buenos Aires.
- NORTE, F Y M. SELUCHI, 1994. Métodos de objetivos de predicción de heladas en Mendoza. Parte III. Heladas tardías en San Rafael, incluyendo información de la estructura vertical y espacial de la atmósfera. Meteorológica. 19 (1/2): 13-21.
- NORTE, F Y M. SILVA, 1995. Predicting severe versus moderate Zonda wind in Argentina , publicado en los Anales de la 14th Conference on Weather Analysis and Forecasting, Dallas, Texas, EE.UU. Pág. 128-129.

El presente trabajo ha sido realizado en el marco del Programa Regional de Meteorología, Sistema de Alerta Ambiental Temprano, Dirección de Saneamiento y Control Ambiental del Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda.

La Calidad del Aire en Mendoza

SALVADOR E. PULIAFITO*, J. L. PULIAFITO*, J.C. BEHLER* Y P.ALONSO**

*Instituto para el Estudio del Medio Ambiente (IEMA), Universidad de Mendoza.

**Dirección de Saneamiento y Control Ambiental (DCA), M.M.A.U.y V., Mendoza.

RESUMEN

La ciudad de Mendoza, al igual que otros centros urbanos enfrenta serios problemas de contaminación del aire. De los efectos producidos por la contaminación del aire, el de mayor preocupación es sin duda el de la salud y bienestar de los residentes urbanos. Las concentraciones de contaminantes en la mayoría de las ciudades son suficientemente altas como para causar un incremento en la mortalidad, morbilidad, déficit en las funciones pulmonares y cardiovasculares y efectos sobre el comportamiento neuronal.

Los contaminantes aéreos más preocupantes en Mendoza son las partículas en suspensión totales, los óxidos del nitrógeno, el monóxido de carbono y el plomo. En menor proporción aparecen otros contaminantes como el dióxido de azufre, los hidrocarburos y el ozono superficial. Los valores medios anuales para la ciudad de Mendoza son de 80 microgramos por metro cúbico para las partículas y 30 partes por billón para los nitrógenos, siendo los valores de alerta de 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y 50 ppb respectivamente.

El origen de la contaminación aérea está ligada a las fuentes de emisión. Las más importantes son los transportes, la producción de energía eléctrica, el consumo de combustibles industriales y hogareños, los procesos industriales y la incineración de residuos y quema de hojas.

En Mendoza el problema principal proviene de las fuentes móviles, es decir el transporte particular y público. Las emisiones de partículas anuales estimadas generadas por estas fuentes alcanzan las 300 tn para los vehículos diesel y 140 tn para los vehículos nafteros. Para los nitrógenos las proporciones son de 385 tn atribuibles a los diesel y 1680 tn a los nafteros. Las emisiones anuales por pasajero transportado, para emisión de partículas, serían de 2 g por pasajero para el transporte público y 2,5 g por pasajeros para particulares; para los nitrógenos 5 g por pasajero provendrían del transporte público y 30 g por pasajero del sistema de transporte particular.

ABSTRACT

Air quality in Mendoza

The city of Mendoza, like other urban centers must face severe air pollution problems. The most concerning effect of air pollution is doubtless the urban residents health. The concentration of the pollutants is high enough to increment mortality and morbidity, to decrease the pulmonary and cardiovascular functions and have some effect on neuronal behavior.

The most important air pollutants, over Mendoza are total suspended particles, nitrogen oxides, carbon monoxide and lead. In lesser concentration there are other contaminants

as sulfur dioxide, hydrocarbons and surface ozone. The mean annual values, in the city of Mendoza, are $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ and 50 ppb for particles and nitrogen respectively.

The air pollution is linked to the emission sources. The main sources are transportation, energy production, industrial and home fuel consumption, industrial processes, and waste and biomass burning.

In Mendoza the main problem arises from the means of, public and private transportation. The mean annual emission from these sources reaches 300 tn of particles from diesel combustion, and 140 tn from gasoline vehicles. For nitrogen compounds the annual emission are 385 tn from diesel and 1680 tn from gasoline consumption. The annual emission per transported passenger are 2 g/pas. using the public transport, and 2.5 g/pas for the individual transport; for nitrogen the values are 5 g/pas and 30g/pas for public and individual transport respectively.

INTRODUCCIÓN

El constante crecimiento de los centros urbanos con su inevitable industrialización están llevando a las ciudades a enfrentar una serie de problemas ambientales, de los cuales el empeoramiento de la calidad del aire es uno de los más importantes.

Muchos son los efectos producidos por la contaminación del aire. El de mayor preocupación es sin duda el de la salud y bienestar de los residentes urbanos. Las concentraciones de contaminantes en la mayoría de las ciudades son suficientemente altas como para causar un incremento en la mortalidad, morbilidad, déficit en las funciones pulmonares y cardiovasculares y efectos sobre el comportamiento neuronal. La contaminación del interior de viviendas, provenientes del humo de la cocina o del cigarrillo, contribuyen a empeorar la situación aumentando la exposición a contaminantes con graves riesgos para la salud. Además de este problema, la contaminación produce otros efectos nocivos, como por ejemplo el daño sobre los materiales, como frentes de edificios, obras de arte, etc. El impacto de la contaminación sobre los vegetales también es preocupante; y finalmente la mayoría de los contaminantes urbanos son una fuente mayor de emisiones de gases de invernadero, con su consecuente efecto sobre el clima global. Esto representa un serio limitante, no ya al desarrollo de los mismos polos urbanos, sino al mantenimiento adecuado de la calidad de vida en las ciudades. Mendoza, no se aparta de ello y enfrenta sus propios problemas diseñando estrategias de control y desarrollando herramientas que permitan su evaluación y corrección.

El Instituto para el Estudio del Medio Ambiente (IEMA) dependiente de la Universidad de Mendoza, en cooperación con la Dirección de Control y Saneamiento Ambiental (DCA) del Ministerio de Ambiente, Urbanismo y Vivienda del Gobierno de Mendoza, realiza investigaciones sistemáticas para evaluar la calidad del aire en Mendoza. Para ello, el IEMA procesa los datos del monitoreo diario de las estaciones fijas que posee el Gobierno de la Provincia, como también datos obtenidos independientemente por el citado Instituto y en cooperación con otras instituciones, en especial con el Instituto Umweltforschungszentrum (UFZ) de la ciudad de Leipzig de la R.F. de Alemania y el Servicio Meteorológico Nacional. En las estaciones de la red de la DCA se miden diariamente Oxidos de Nitrógeno (NO_x), Partículas en Suspensión Totales (PST), Dióxido de Azufre (SO_2) y Plomo (Pb). En las instalaciones del IEMA se miden en forma continua ozono superficial (O_3), negro de humo, hidrocarburos (PAH), datos micrometeorológicos y otros elementos obtenidos en campañas internacionales con el Instituto Max-Planck für Aeronomie de Alemania Federal, por ejemplo ozono estratosférico, vapor de agua y con el Instituto UFZ que incluyen los efectos de contaminantes sobre la salud y sobre las plantas. El análisis de esta información permite monitorear el estado del aire en Mendoza.

LOS CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS

Los problemas de contaminación del aire en las ciudades dependen significativamente de numerosos factores, entre ellos la topografía, meteorología, demografía, el nivel y tasa de industrialización y su desarrollo socio económico.

Para caracterizar la calidad del aire es necesario comparar los niveles de concentración entre un ambiente considerado limpio y uno contaminado. En el contaminado las concentraciones de ciertas sustancias en el aire alcanzan niveles suficientemente altos, tal que sus efectos sobre el hombre, animales, vegetación y materiales son mensurables. Tales sustancias pueden ser partículas, gotas líquidas o gases presentes en la atmósfera. En general, se limita el concepto de contaminación a la presencia de sustancias que producen un *efecto nocivo mensurable*. En este sentido, la contaminación del aire es un problema global, ya que los contaminantes pueden llegar a dispersarse en toda la atmósfera. Pero, es evidente que en los centros urbanos y las regiones más industrializadas los niveles de concentración alcanzan valores varias veces superiores a los niveles de fondo o de aire limpio. Actualmente se consideran niveles de referencia los ambientes marinos con vientos predominantes de zonas poco habitadas (islas, etc).

El origen de la contaminación está ligada a las fuentes de emisión. Las fuentes más importantes son: 1) los transportes, 2) la producción de energía eléctrica, 3) la incineración de residuos, 4) el consumo de combustibles industriales y hogareños y 5) los procesos industriales. Los contaminantes aéreos más comunes en las ciudades son el dióxido de azufre), los óxidos del nitrógeno (NO y NO₂, a ambos conjuntamente se los denomina NOx), monóxido de carbono, ozono superficial, partículas en suspensión totales y plomo.

El uso de combustibles de origen fósil en fuentes estacionarias conduce a la producción de SO₂, NOx y partículas (cenizas y hollín) y partículas secundarias, los gases como sulfatos y nitratos se convierten también a partículas. Los vehículos que usan naftas son las fuentes principales de NOx, CO y Pb, mientras que los que usan diesel emiten cantidades importantes de SO₂ y NOx. (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación de los contaminantes atmosféricos gaseosos (Seinfeld, 1978)

Tipo	Contaminante primario	Contaminante secundario	Fuente de emisión artificial
Comp. del azufre	SO ₂ , H ₂ S	SO ₃ , H ₂ SO ₄ , SO ₄ *	Combustión de carburantes que contienen azufre
Comp. del nitrógeno	NO, NH ₃	NO ₂ , NO ₃ *	Combustión de N ₂ y O ₂ a alta temperatura
Comp. del carbono	C ₁ -C ₃	Aldehídos, cetonas, ácidos	Refinados del petróleo, solventes
Comp. del Plomo	Pb	ninguno	Combustión naftas con plomo
Oxidos del carbono	CO, CO ₂	ninguno	Combustión
Comp. halogenados	HF, HCl	ninguno	Industrias metalúrgicas

El ozono superficial es uno de los constituyentes más importantes del smog fotoquímico y no es emitido directamente por fuentes de combustión, sino que se forma en presencia de luz solar a partir de los NOx y los compuestos orgánico volátiles (VOC), los VOC provienen de numerosas fuentes antrópicas como roce de las cubiertas en la calle, la producción de solventes, gas natural, planta de tratamiento de residuos, etc.

Las mediciones realizadas en ambientes limpios permiten derivar las concentraciones de referencia. La Tabla 2 da la composición (ppm) del aire seco a nivel del mar. El vapor de agua y el ozono superficial tienen variaciones grandes: H₂O de 0 al 4 % (0 a 40.000 ppm) O₃ de 0 a 0,08 ppm. Otra unidad frecuentemente utilizada es el µg/m³. La Tabla 3 muestra comparativamente las principales sustancias consideradas como contaminantes y los niveles de concentración entre aire limpio y contaminado.

Tabla 2. Composición del aire seco a nivel del mar

Gas	Concentración (ppm)
Nitrógeno, N ₂	780.840
Oxígeno, O ₂	209.460
Argón, Ar	9.340
Dióxido de carbono, CO ₂	315
Neón, Ne	18
Helio, He	5,2
Metano, CH ₄	1,0 - 1,5
Criptón, Kr	1,1
Oxido nitroso, N ₂ O	0,5
Hidrógeno, H ₂	0,5
Xenón, Xe	0,08

Tabla 3. Comparación de niveles de concentración entre aire limpio y contaminado (Seinfeld, 1978)

Componentes	Aire limpio	Aire contaminado
SO ₂	0,001 - 0,01 ppm	0,02 - 2 ppm
CO ₂	310 - 330 ppm	350 - 700 ppm
CO	< 1 ppm	5 - 200 ppm
NOx	0,001 - 0,01 ppm	0,01 - 0,5 ppm
Hidrocarburos	1 ppm	1 - 20 ppm
Partículas	10 - 20 µg/m ³	70 - 700 µg/m ³

INFLUENCIA DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA SOBRE LA SALUD

Aspectos generales

Existen diversos factores a tener en cuenta para analizar los efectos sobre la salud:

-Intensidad y composición del fenómeno: Las variaciones de la intensidad de la concentración dependen no sólo de la emisión sino de las condiciones meteorológicas y el relieve. Debe considerarse la severidad y la frecuencia del fenómeno. Por ejemplo, una exposición a 0,05 ppm durante un mes produce efectos similares en la salud que una exposición de 0,5 ppm durante una hora (Seinfeld, 1978).

-Condiciones meteorológicas: Para un flujo de emisión constante, la concentración de los contaminantes a nivel del suelo (1.5 a 2 m) dependerán de: a) las precipitaciones de lluvia o nieve que remueven algunos contaminantes solubles y b) movilidad del aire por vientos o corrientes ascendentes. El fenómeno de inversión térmica (que limita las corrientes ascendentes) puede producir fuertes incrementos de la concentración.

-El relieve: Este puede condicionar la formación de bolsones de aire contaminado, aún dentro de una misma ciudad

-El horario: Las concentraciones varían en general con respecto a la hora del día, por variaciones en las emisiones y en las condiciones meteorológicas variables.

La contaminación del aire tiene efectos importantes sobre la salud de la población que se pueden explicar a través de los siguientes aspectos:

-La respiración: Se respira el aire disponible.

-Ventilación pulmonar: Un adulto promedio inhala unos 15 000 litros de aire por día en reposo y unos 50 000 litros cuando practica deportes o trabajos pesados.

-Superficie pulmonar: La superficie interna del pulmón, que permite el intercambio entre el aire de los alvéolos y la sangre, es de aproximadamente 50-100 m² (barrera hematogaseosa 300 x 10⁶ alvéolos).

-Composición química de los contaminantes.

-Concentración de los contaminantes.

-Hábitos y ambiente de trabajo: Otro problema surge de los hábitos (fumadores) y ambientes de trabajo de los afectados.

Los contaminantes penetran en el cuerpo humano a través del sistema respiratorio.

La acción de las impurezas del aire se manifiesta por daño a los órganos respiratorios, irritación de los ojos y la piel, envenenamiento de la sangre y otras manifestaciones letales. A causa de la gran cantidad de aire necesaria para el hombre, aún los grados más bajos de contaminación resultan nocivos.

En la respiración normal se inspira un volumen de 0,5 litro aproximadamente.

El polvo grueso, partículas de un diámetro medio de 5 a 40 μm , se retiene, en parte en su propia nariz y boca, y en parte en el conducto respiratorio y los bronquios. Los bronquios poseen un epitelio vibrátil cuyas pestañas envían a la laringe las partículas de polvo, yendo finalmente al estómago. Las partículas de polvo y los aerosoles con diámetros comprendidos entre 0,5 y 5 μm , alcanzan los alvéolos donde se asientan, pudiendo ser atrapados por los fagocitos para acabar en la corriente sanguínea y linfática. El polvo más fino, con partículas de diámetro inferior a 0,5 μm , se depositan en los alvéolos y son englobados por células denominadas manófagos.

En el caso de los gases, la proporción de un gas absorbida en las vías respiratorias superiores y la que llega a las últimas cavidades de los pulmones está regida por la ley de la solubilidad. Cuando un gas es soluble en agua, tal como el óxido de azufre, se presenta en estado de finas gotas de niebla. Cuando se trata de cuerpos en estado sólido, como el hollín, pueden penetrar en el organismo hasta alcanzar el sector interno de los pulmones, en forma análoga como sucede con las partículas de menor tamaño (aerosoles). Por ejemplo, el SO_2 es muy soluble y, como consecuencia, es de pronta absorción en las vías respiratorias, causando un aumento de la resistencia de éstas (hinchazón), y estimulando la secreción de mucosidad. Por otro lado, el CO , el NO_2 y el O_3 son relativamente insolubles y pueden penetrar profundamente en el pulmón desde las cavidades alveolares y la sangre, donde se combina con la hemoglobina del mismo modo que el oxígeno.

Cuando una sustancia nociva alcanza el organismo produce daños que, en general, dependen de la concentración y de la duración de su presencia en el sistema respiratorio. La acción nociva (k) corresponde al producto de la concentración (c) y del tiempo de inhalación (t), expresándose por medio de la fórmula $k = ct$. En los casos de sustancias dañinas, pueden presentarse efectos irreparables en el sistema respiratorio y en la sangre (por ejemplo, el dióxido de nitrógeno o el gas cloro). Sin embargo, en la generalidad de los casos las concentraciones de las sustancias dañinas quedan muy por debajo de los valores límites, a partir de los cuales pueden aparecer efectos nocivos. Dichos límites fijan los márgenes de concentración para cualquier tiempo de exposición, aún cuando las manifestaciones crónicas de cualquier dolencia son, frecuentemente, tema de discusión (W.H.O., 1976).

Es importante hacer notar que un mismo efecto puede ser producido por más de un contaminante. Así, por ejemplo, tanto el dióxido de azufre como el formaldehído producen irritación y una mayor resistencia de las vías respiratorias del sistema respiratorio superior, mientras que el CO y el NO_2 impiden el transporte de oxígeno por la hemoglobina. En el caso frecuente de la presencia simultánea de varios contaminantes, los efectos observados podrán ser atribuidos a la acción combinada de más de un contaminante. Un ejemplo de esto es el caso del SO_2 y de las partículas. Los efectos sobre la salud son mucho más graves cuando ambos están presentes que cuando sólo existe uno de ellos. Una posible explicación de este efecto es que el SO_2 es fijado en la superficie de las partículas muy pequeñas, las cuales se introducen hasta zonas más profundas de los pulmones.

Las experiencias acumuladas hasta ahora respecto a la acción de las diferentes sustancias contaminantes, están prácticamente restringidas a aquellos casos en que se las ha considerado de forma aislada e independiente. En caso de presentarse simultáneamente diversas sustancias nocivas, sus respectivas acciones pueden sumarse, puede resultar una acción final potenciada, e incluso una acción diferencial de las concurrentes.

La contaminación del aire y algunos contaminantes en particular no actúan como agente

directo causal de la enfermedad, sino que facilitan que se produzcan, por ejemplo, las infecciones virales, ya sea porque dañan la mucosa por acción irritante o porque disminuyen los mecanismos inmunitarios locales. La Organización Mundial para la Salud (OMS) como otros organismos responsables de la salud pública sugieren normas de calidad de aire con el fin de evitar o disminuir los riesgos de la contaminación. La Tabla 4 recopila las sugerencias de la OMS y cita las normas establecidas en Mendoza según la Ley Provincial 5100. Como una primera conclusión se puede establecer que:

La contaminación atmosférica desempeña un papel patógeno en la bronquitis crónica, el enfisema y el asma.

Tabla 4. Normas sugeridas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y Normas Provinciales (Ley 5100)

Sustancia	Alerta Prov. Mendoza		OMS	
	Concentración	Período	Concentración	Período
Partículas	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 horas
			75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año
Oxidos del nitrógeno NOx	90 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppb)	1 año	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb)	24 horas
			400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (210 ppb)	1 hora
Plomo	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año	0.5 a 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 año
Dióxido de azufre SO ₂	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (30 ppb)	8 horas	500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (190 ppb)	10 minutos
			350 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (130 ppb)	1 hora
Ozono Superf. O ₃ (Oxidantes fotoq.)	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (63 ppb)	1 hora	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppb)	24 horas
			50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 ppb)	1 año
Monóxido de carbono CO	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (90 ppm)	15 minutos	150 - 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 - 100 ppb)	1 hora
			100 - 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 - 60 ppb)	8 horas
	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (36 ppm)	1 hora	60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppm)	30 minutos
			30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (25 ppm)	1 hora
			10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (9 ppm)	8 horas
	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (9 ppm)	8 horas	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (9 ppm)	8 horas

La contaminación atmosférica aumenta la morbilidad y/o mortalidad en las personas que padecen enfermedades respiratorias y cardiovasculares.

Estas enfermedades se manifiestan primero en los individuos más susceptibles de la población (niños menores de 5 años, ancianos y portadores de enfermedades respiratorias y cardiovasculares).

CONSIDERACIONES PARTICULARES PARA CADA CONTAMINANTE

Oxidos de nitrógeno

Los óxidos del nitrógeno (NOx: principalmente NO₂ y NO) provienen de los gases de escape de motores de automóviles, incineradores, plantas termoeléctricas y de algunos procesos industriales. El NO₂ ha demostrado tener efectos tóxicos severos, afectando diversos tejidos, desde la sangre hasta el sistema nervioso central, aumentando la susceptibilidad a las enfermedades respiratorias. Puesto que no es muy soluble en agua, pasa a través de la tráquea y bronquios, relativamente secos, alcanzando el área húmeda de los pulmones (los alvéolos) donde forma ácido nitroso y ácido nítrico, ambos irritantes y corrosivos para la cubierta mucosa de los pulmones. Un incremento en las enfermedades agudas se ha detectado por exposición a concentraciones de NO₂ de 150 a 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 a 150 ppb) y un aumento excesivo de enfermedades respiratorias en niños en concentraciones de corta duración por encima de 280 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (150 ppb). La Organización Mundial de la Salud propone como norma: 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb) promedio para 24 horas y 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (210 ppb) máximo para una hora (ARRD, 1979; Folinsbee, 1979).

Oxidos de azufre

De los óxidos del azufre, el dióxido de azufre es el de mayor importancia y se genera en la combustión de sustratos fósiles que contienen azufre (carbón mineral y petróleo) y de actividades industriales. El SO_2 oxidado se une al agua formando otros ácidos como el sulfuroso y el sulfúrico. Estudios de epidemiología (Folinsbee, 1993; Seinfeld, 1978; Ciocco, 1961) muestran los siguientes efectos asociados a niveles de partículas: a) frecuencia aumentada de neumopatías, b) aumento de enfermedades respiratorias agudas con niveles de $210 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (80 ppb) y $104 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de partículas en suspensión, c) disminución de la función ventilatoria en exposiciones a largo plazo, d) los portadores de asma y enfermedades cardiopulmonares se agravan por los altos niveles de sulfatos en suspensión. (Seinfeld, 1978). La OMS recomienda la siguiente norma: $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (190 ppb) para 10 minutos, $350 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (130 ppb) para 1 hora, $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppb) promedio 24 horas y $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (20 ppb) promedio anual.

Acido Sulhídrico

El ácido sulfhídrico es muy soluble en agua, siendo sus soluciones acuosas de carácter ácido débil. Es fácilmente oxidable. Se produce principalmente en las operaciones de refinado de petróleo, en la coquificación del carbón, en la purificación del gas natural y en la evaporación de los líquidos negros en los procesos de obtención de la pulpa de Kraft.

Dada la afinidad del ácido sulfhídrico con el oxígeno y el ozono del aire, su presencia en la atmósfera es muy inestable.

La presencia de ácido sulfhídrico se manifiesta por su olor característico a huevos podridos. El umbral de percepción olfativa va de 0,025 a 0,1 ppm, llegando a producir hábito en caso de persistencia prolongada o saturación olfativa en caso de concentraciones elevadas.

El carácter venenoso del ácido sulfhídrico se manifiesta especialmente en los espacios cerrados, tal como los estercoleros de las granjas, desagües, laboratorios y en ciertas actividades industriales. Los límites de inmisión que adoptan las diversas legislaciones varían entre $0,005 \text{ mg}/\text{m}^3$ y $0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$.

A exposiciones relativamente prolongadas y con valores medios de concentración, al pasar a la sangre, se transforma en sulfuro alcalino, produciendo marcadas alteraciones sistémicas, sobre todo a nivel del tejido nervioso.

El H_2S es un tóxico de la respiración celular, que como el ácido cianhídrico, actúa fijándose sobre el hierro de la citocromoxidasa o fermento rojo de Warbourg, bloqueando los procesos de oxidorreducción. A estas acciones tóxicas generales, se suma una asfixia, que puede llegar a ser mortal, y una acción irritante sobre las mucosas, consecuencia de la formación de sulfuros alcalinos cáusticos, en particular sulfuro de sodio (por reacción con los álcalis de los tejidos).

La acción tóxica del H_2S es en general poco duradera, porque el gas se oxida rápidamente en la sangre, formando compuestos poco tóxicos (Seinfeld, 1978).

Las formas agudas y subagudas se producen por la inhalación masiva de aire muy cargado de H_2S . Revisten un efecto fulminante: respiración jadeante, palidez, pérdida del conocimiento y «caída a plomo», además de signos nerviosos y pulmonares.

Monóxido de carbono

El monóxido de carbono es un gas venenoso muy estable, sólo una pequeña fracción se convierte a dióxido de carbono. La fuente más importante de CO son los automóviles con motores nafteros. Los efectos tóxicos del CO se deben, en gran medida, a su afinidad con la hemoglobina (300 veces mayor que la del oxígeno) resultando en un desplazamiento del oxígeno desde la hemoglobina. Si el nivel de hemoglobina unida a CO (carboxihemoglobina: COHb) supera el 5% de la hemoglobina total, las personas sanas muestran cambios apreciables en el sistema cardiovascular, tales como disminución del O_2 venoso y aumento en el débito cardíaco y en el flujo coronario, junto a una caída en la disponibilidad de O_2 en los tejidos. Pacientes enfermos con anemia, insuficiencia vascular

y enfermedad coronaria pueden experimentar una exacerbación de los síntomas. Si los niveles de COHb exceden el 10% se presentan claros síntomas de intoxicación como astenia, dolor de cabeza, náuseas, fatiga, deterioro de la memoria y disminución de la coordinación de los músculos. La OMS sugiere las siguientes normas para no superar el 2,5 a 3% de COHb en la sangre: 100 mg/m³ (90 ppm) para 15 minutos, 60 mg/m³ (50 ppm) para 30 minutos, 30 mg/m³ (25 ppm) para 1 hora, 10 mg/m³ (9 ppm) para 8 horas (H.E.A, 1992; W.H.O., 1976).

Hidrocarburos

Los hidrocarburos son un conjunto de sustancias químicas orgánicas que se origina a partir de los compuestos orgánicos volátiles y en ciertos casos de partículas en aromáticas (poliaromáticos: PAH). Es un producto típico de los escapes de gases de los vehículos, o fuentes industriales como solventes orgánicos, industria química, farmacéutica, etc. Los efectos son muy variados y nocivos y van desde la irritación de las mucosas del aparato respiratorio, hasta los efectos cancerígenos (PAH) (Lund, 1974).

Oxidantes fotoquímicos: Ozono

El ozono es uno de los oxidantes más potentes. El ozono superficial se genera directamente por la acción de la luz solar sobre el dióxido de nitrógeno. La presencia de radicales hidroxilo y compuestos orgánicos volátiles eleva las concentraciones de ozono. Durante estos procesos fotoquímicos se forman otras sustancias como los nitratos peroxiacetilos (PAN), ácido nítrico y peróxido de hidrógeno.

Las personas con enfermedades respiratorias crónicas tienen mayor riesgo de agravarse por exposición a oxidantes fotoquímicos, aún en bajas concentraciones. Los ataques de asma aumentan cuando la concentración de ozono alcanza los 0,13 ppm. La concentración máxima para una hora es de 0,05 ppm (50 ppb). Un aumento en la prevalencia de irritación de los ojos, tos y broncoconstricción aparecen a concentraciones de 0,1 a 0,3 ppm. La norma propuesta por la OMS es de: 150 - 200 µg/m³ (80 a 100 ppb) para 1 hora, 100 - 120 µg/m³ (50 a 60 ppb) para 8 horas (Lipmann, 1989; Burnet, 1994).

Partículas

El material particulado se encuentra en el aire como sólidos en suspensión originados por fuentes fijas (construcción, fundiciones, industria química, centrales térmicas) y fuentes móviles (combustión diesel). Las partículas de tamaño respirable ocasionan numerosos trastornos. Las sustancias gaseosas se adhieren a las partículas pudiendo penetrar profundamente en el sistema respiratorio, por ejemplo en los espacios alveolares, e interfiriendo en los mecanismos de limpieza de este sistema. En general un aumento en los niveles de partículas va asociado a incrementos en las enfermedades respiratorias. Es frecuente encontrar altos niveles de partículas asociados a concentraciones elevadas de dióxido de azufre, provocando los efectos ya mencionados para los compuestos del azufre. La OMS sugiere las siguientes normas: 120 µg/m³ promedio para 24 horas para partículas totales en suspensión y 70 µg/m³ promedio para partículas menores de 5 micrones de diámetro (Dockery *et al.*, 1989; Pope *et al.*, 1992).

Plomo

El plomo es un elemento abundante en el aire, suelo y alimentos. Este no cumple función alguna en el organismo humano, sin embargo se detectan cantidades variables de plomo en la sangre humana, dependiendo del lugar donde vive, ocupación y predisposición personal. Los casos de intoxicación están asociados a determinadas industrias como producción de acumuladores, pigmentos, insecticidas, reactivos químicos, etc., a través del ingreso de diversos compuestos de plomo, orgánicos e inorgánicos como el óxido y el tetraetil de plomo. El plomo ingresa al organismo por inhalación, ingestión o a través de la piel. Los signos y síntomas pueden no ser evidentes en individuos con plumbemias menores a 40 µg/dl, pero la toxicidad está presente. Entre los efectos más severos están las encefalopatías, pudiendo también afectar los riñones, huesos, cerebro, corazón, siste-

ma endócrino, además de la función reproductiva y el crecimiento. Entre los síntomas más notables son: a) dolor abdominal, b) astenia, c) dolores musculares, calambres, d) cambios de carácter en niños, hiperactividad, e) trastornos del sueño, f) trastornos de la esfera sexual y menstrual (Seinfeld, 1978; Folinsbee, 1992).

MEDICIONES SISTEMÁTICAS EN MENDOZA

Existe una importante masa de datos de contaminación atmosférica de aproximadamente 15 años de monitoreo. Los datos provistos diariamente por la Dir. Cont. Amb. contienen información respecto a Partículas en Suspensión Totales, Oxidos de Nitrógeno Totales, Dióxido de Azufre y Plomo en tiempos de muestreo de 12 y 24 hs, para los dos primeros casos y 48 hs a una semana en los siguientes. Los métodos de medición son: a) PST, captura por filtro y reflectometría; b) NO_x, colorimétrico (Griess-Saltzman) y c) SO₂, colorimétrico (West y Gacke modificado por Pate). Asimismo se recopila la información meteorológica provista por el Servicio Meteorológico Nacional: presión, temperatura, humedad ambiente y vientos. Las Figuras 1 a 4 presentan la variación anual de la temperatura, presión, humedad ambiente y vientos, para Mendoza entre los años 1990-1994 (Puliafito, 1995).

La Tabla 5 resume el análisis de la serie de datos con los valores medios anuales de los años 1987 a 1995, según corresponda, de las siguientes estaciones; a) microcentro: intersección calles San Juan y Lavalle, b) Godoy Cruz: plaza departamental, c) Parque General San Martín (en la ciudad de Mendoza) y d) Benegas: Campus del IEMA. La primera estación representa la situación más crítica del Gran Mendoza, la segunda los valores en sectores medianamente poblados y la tercera puede considerarse como lugar de referencia para Mendoza. De las tablas se desprende que hubo una mejora entre el año 1990 a 1991, principalmente debido a la renovación del parque automotor, la redistribución de los circuitos del transporte público y la reconversión parcial del transporte público de diesel a gas.

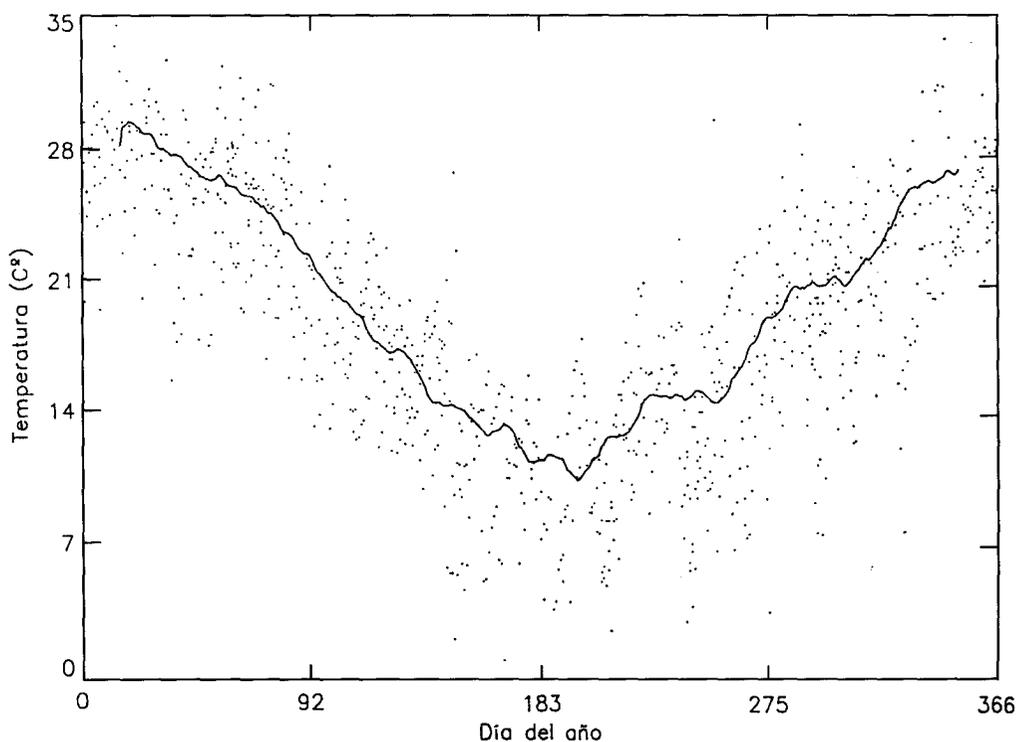


Figura 1. Variación anual de la temperatura, período 1990-1994. Est. Plumerillo, línea cont.: valor medio 30 días

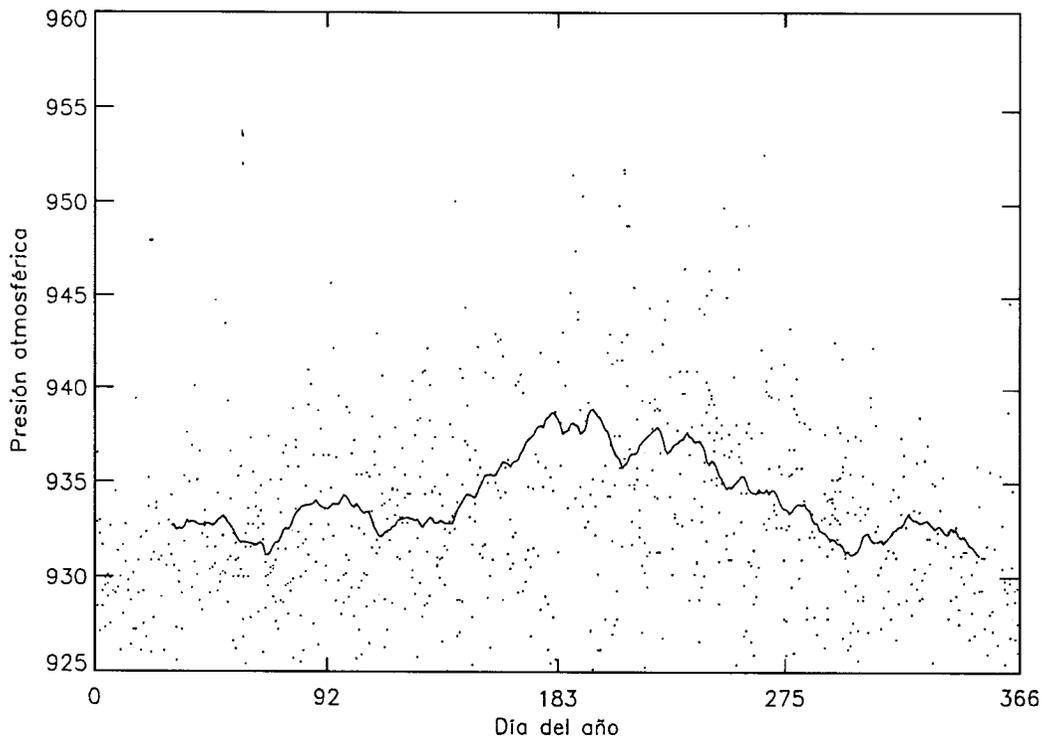


Figura 2. Valores medios diarios de presión atmosférica, período 1990-1994. Est.Plumerillo, línea cont.: valor medio 30 días.

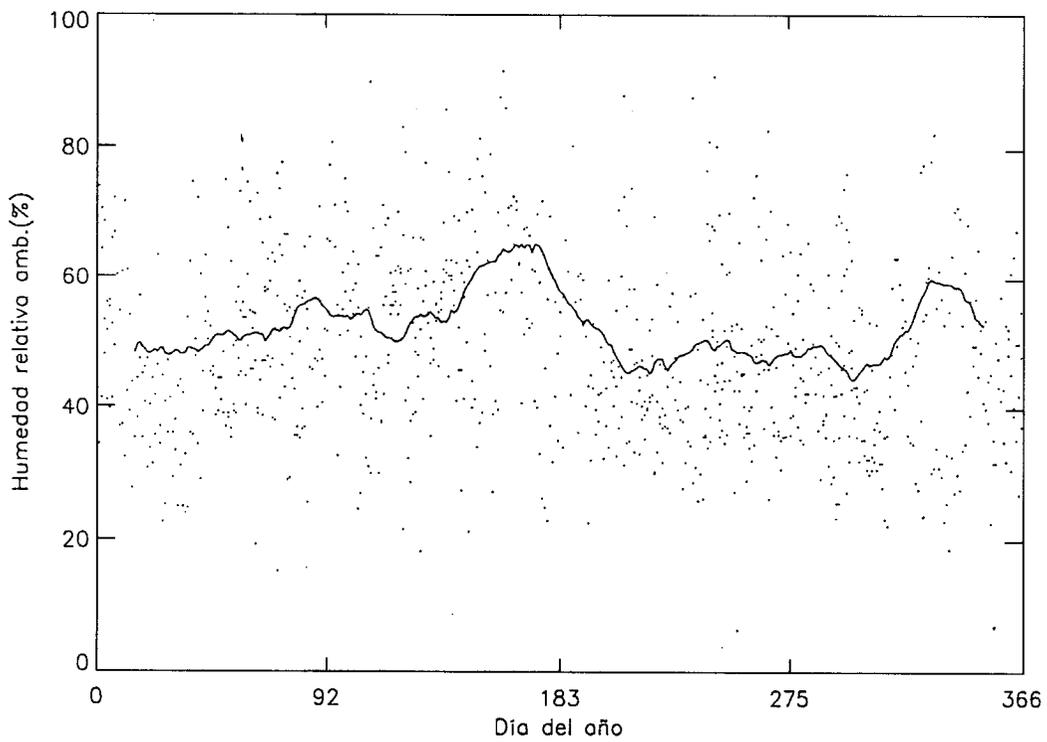


Figura 3. Variación anual de la humedad relativa, período 1990-1994. Est. Plumerillo, línea cont.: valor medio 30 días.

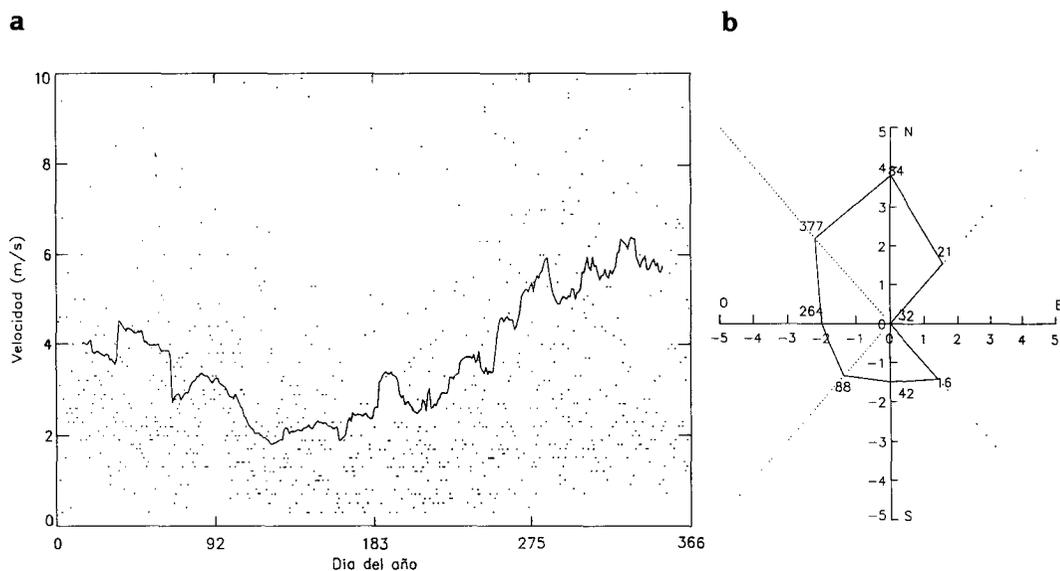


Figura 4. Variación anual de la velocidad del viento, período 1990-1994. Est. Plumerillo, línea cont.: valor medio 30 días. a) variación anual, b) direcciones predominantes (m/s).

Esto último trajo aparejado una sensible reducción en las partículas en suspensión. Sin embargo a partir de 1994 se ha notado un incremento especialmente en NO_x y partículas en suspensión. Este aumento está ligado nuevamente a las fuentes móviles, es decir un incremento en la cantidad de automotores circulantes. Los niveles más preocupantes para Mendoza son primero las partículas, provenientes en gran parte de las fuentes móviles (agravados por las escasas lluvias y vientos que disminuyen la capacidad de limpieza de la atmósfera local). Debido al incremento de automotores se registra un aumento en los nitrógenos y en el plomo, usado como antidetonante en las naftas. Si bien las medias anuales no superan los valores de alerta, los valores diarios o incluso horarios sí pueden superar la normativa. Los contaminantes aéreos más preocupantes en Mendoza son las partículas en suspensión totales, los óxidos de nitrógeno, el monóxido de carbono y el plomo. En menor proporción aparecen otros contaminantes como el dióxido de azufre, los hidrocarburos y el ozono superficial. Los valores medios anuales de particulado para la ciudad de Mendoza son de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de 30 ppb para los nitrógenos, siendo los valores de alerta de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y de 50 ppb respectivamente.

En Mendoza el problema principal proviene de las fuentes móviles. Las emisiones anuales estimadas de partículas generadas por estas fuentes alcanzan las 300 tn para los vehículos diesel y 140 tn para los nafteros. Para los nitrógenos las proporciones son de 385 tn y de 1680 tn para diesel y nafteros respectivamente. Las emisiones anuales por pasajero transportado, para emisión de partículas serían de 2 g/pasajero para transporte público y de 2,5 g/pasajero para vehículo particular. Los nitrógenos alcanzan 5 g/pasajero y 30g/pasajero para transporte público y particular respectivamente.

Las Figuras 5 a 16 señalan las variaciones anuales de los contaminantes para las tres estaciones. Los puntos (+) representan valores medios diarios y la línea con asteriscos (*) la tendencia anual. En todas puede apreciarse un ciclo anual con máximos en los meses de invierno, coincidentes con un aumento en la presión atmosférica y las escasas lluvias invernales.

Tabla 5. Valores medios anuales medidos en la ciudad de Mendoza para PST, NOx, Plomo y SO₂.

a- Valores medios anuales medidos en la ciudad de Mendoza (San Juan y Lavalle).

Sustancia /Año	87	88	89	90	91	92	93	94	95	Alerta/período
PST (µg/m ³)	302	331	290	225	138	86	83	71	80	100/30 días
NOx (ppb)	92	45	50	47	26	20	21	28	30	50/anual
Plomo (µg/m ³)	0,52	0,58	0,75	0,34	0,23	0,23	0,30	0,33	0,42	1/30 días
SO ₂ (ppb)	32	4,3	9,5	8,3	2,3	1,6	1,6	4,4	1,7	30/8 horas

b- Valores medios anuales medidos en la plaza Godoy Cruz.

Sustancia /Año	1992	1993	1994	1995	Alerta/período
PST (µg/m ³)	64	65	55	45	100/30 días
NOx (ppb)	11	16	18	18	50/anual
Plomo (µg/m ³)	0,33	0,25	0,26	0,26	1/30 días
SO ₂ (ppb)	1,6	1,1	1,5	1,6	30/8 horas

c- Valores medios anuales medidos en el Parque Gral. San Martín

Sustancia /Año	1991	1992	1993	1994	1995	Alerta/período
PST (µg/m ³)	15	13	11	12	13	100/30 días
NOx (ppb)	8	8	11	12	13	50/anual
Plomo (µg/m ³)	0,17	0,14	0,21	0,26	0,27	1/30 días
SO ₂ (ppb)	2,0	3,4	1,6	1,9	1,9	30/8 horas

d- Valores medios anuales medidos en Benegas (IEMA).

Sustancia /Año	1994	1995	Alerta/período
PST (µg/m ³)	19	20	100/30 días
O ₃ Sup. (µg/m ³)	39	41	125/1 hora
PAH (ng/m ³)	51	53	100/anual

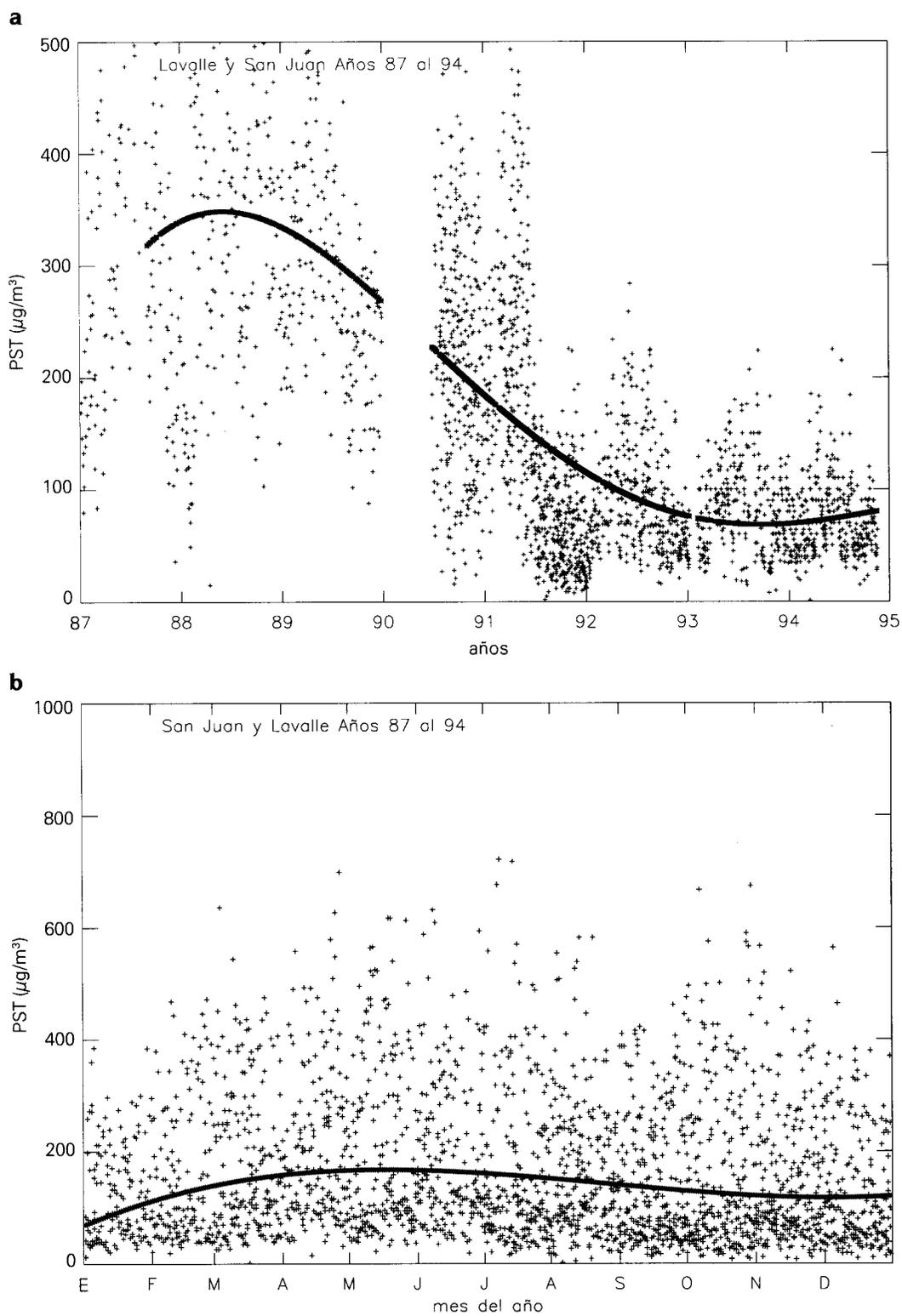


Figura 5: Variación anual de partículas entre los años 1987-1994 para la ciudad de Mendoza (calles San Juan y Lavalle). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 138,04, V. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 721.

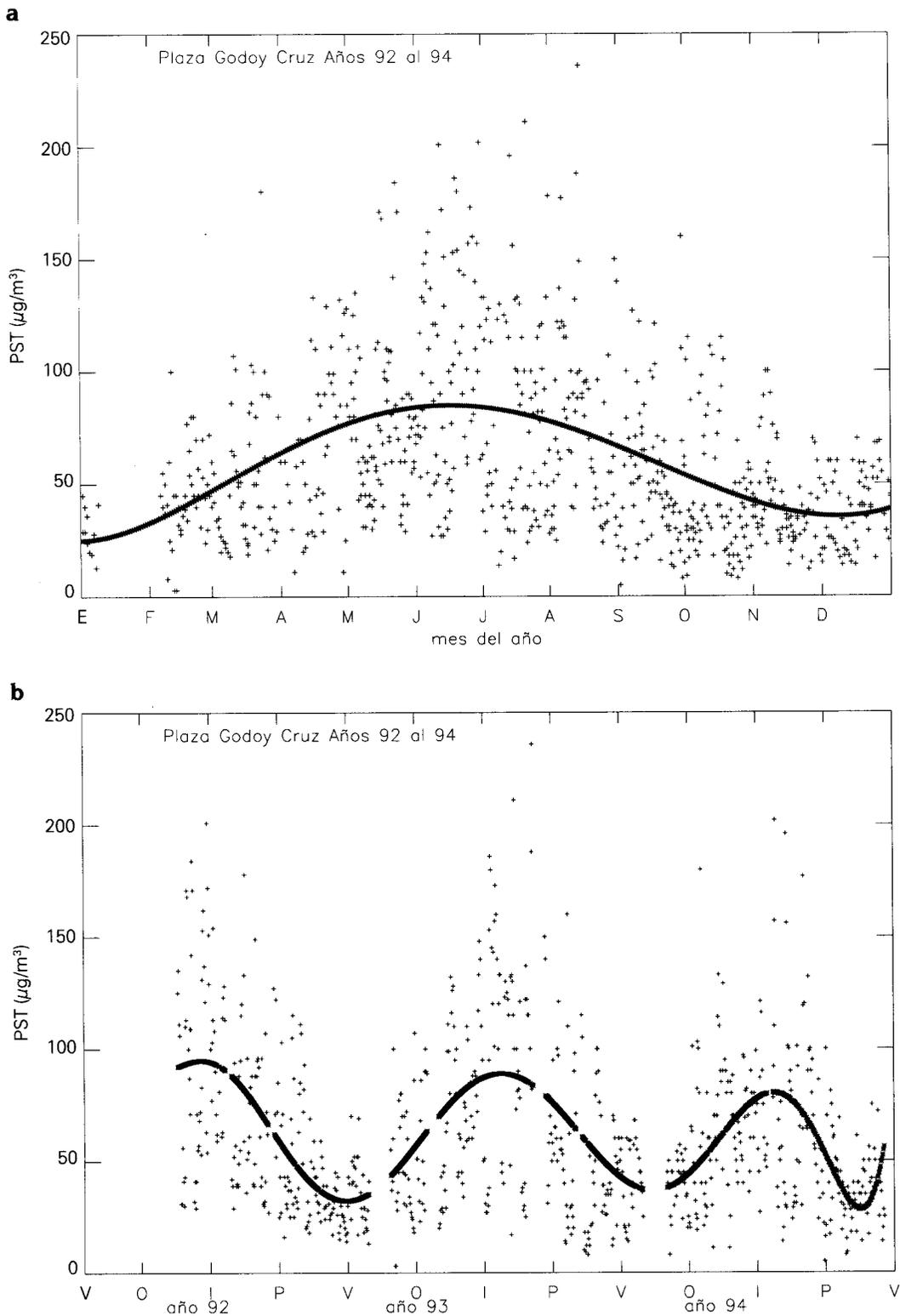


Figura 6: Variación anual de partículas entre los años 1992-1994 para la ciudad de Godoy Cruz (plaza departamental). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 425,76.

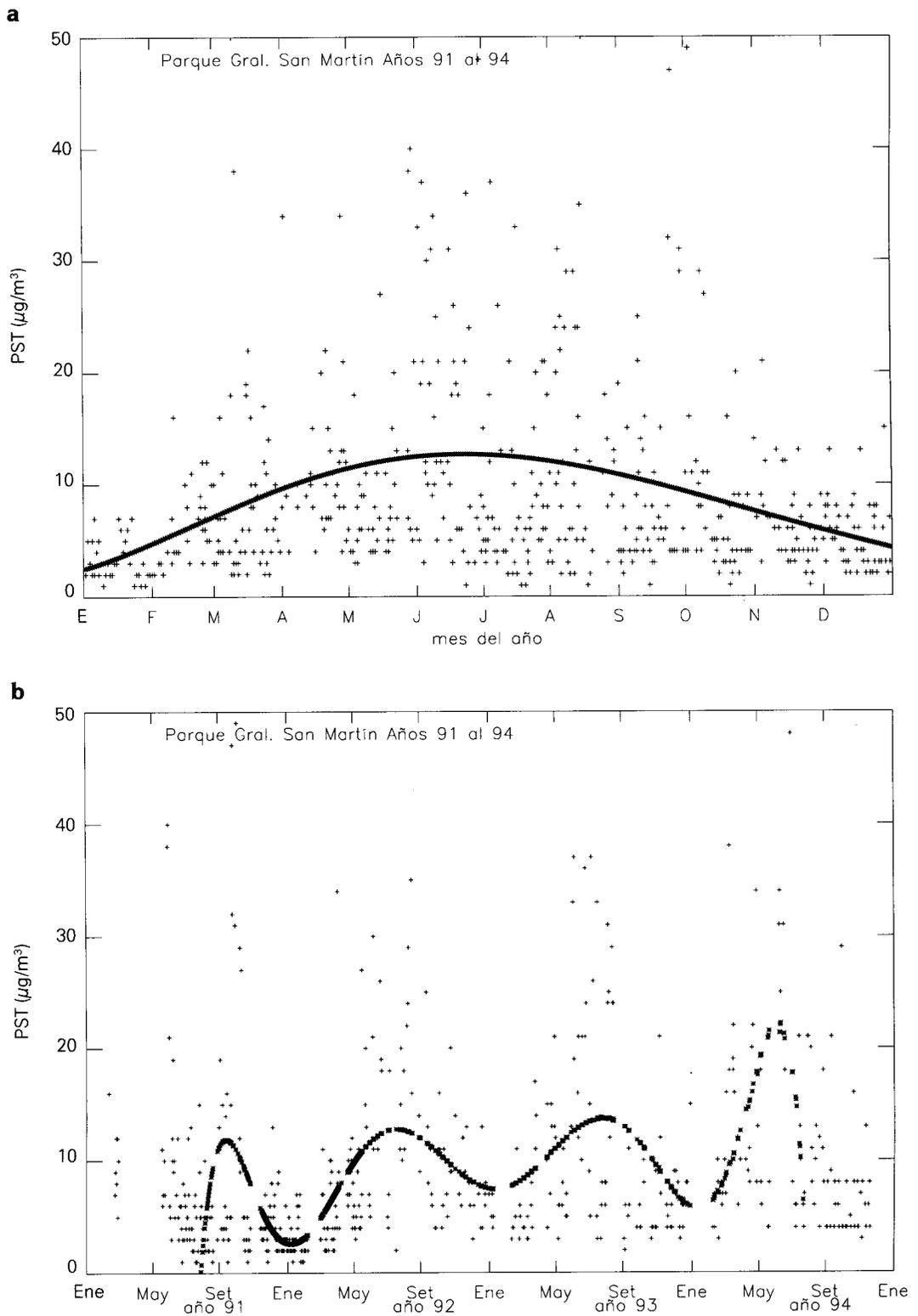


Figura 7: Variación anual de partículas entre los años 1991-1994 para el Parque Gral. San Martín (ciudad de Mendoza). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 8,92, V. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 179.

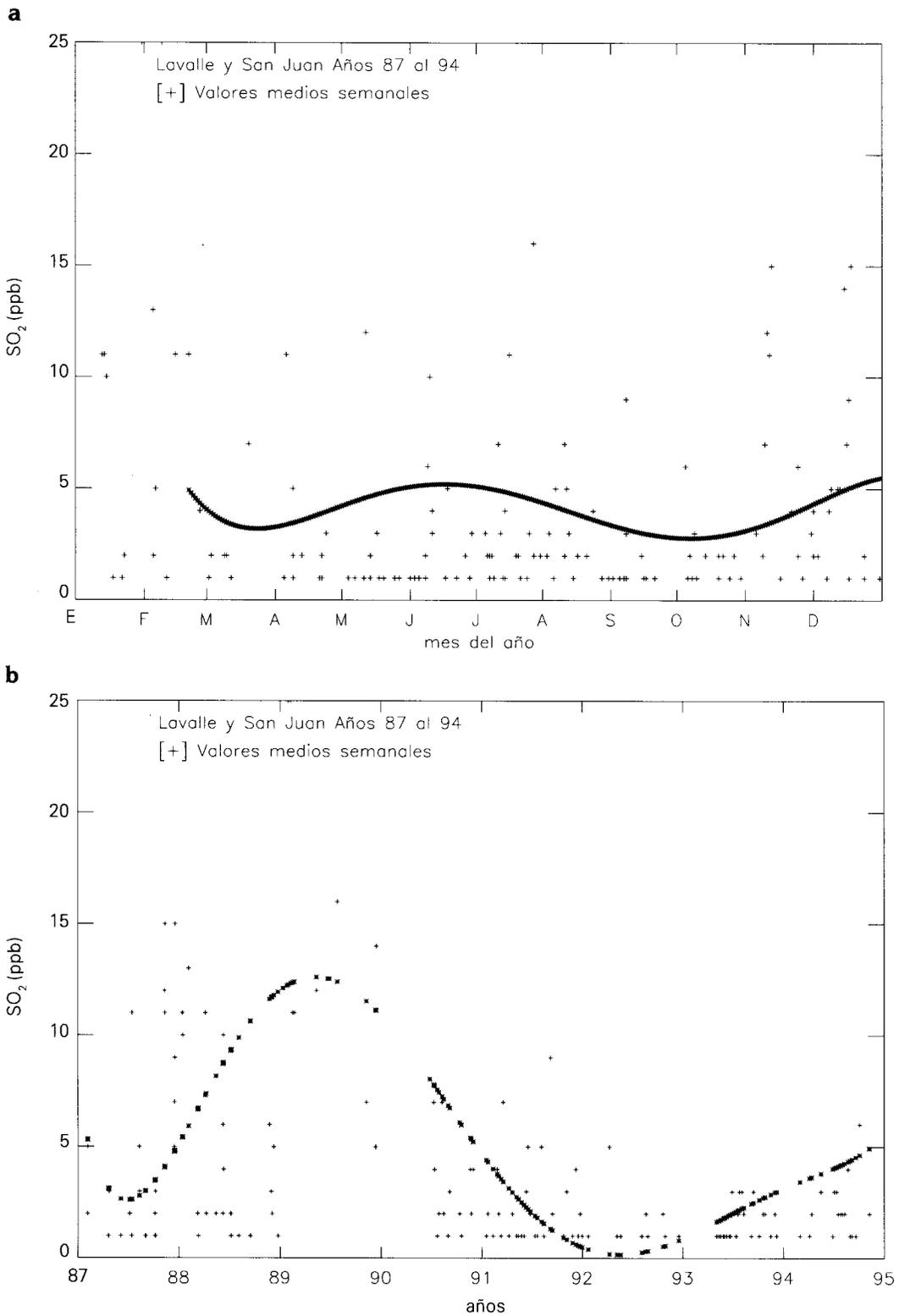


Figura 8: Variación anual de dióxido de azufre entre los años 1987-1994 para la ciudad de Mendoza (calles San Juan y Lavalle). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 4,86, V. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 678.

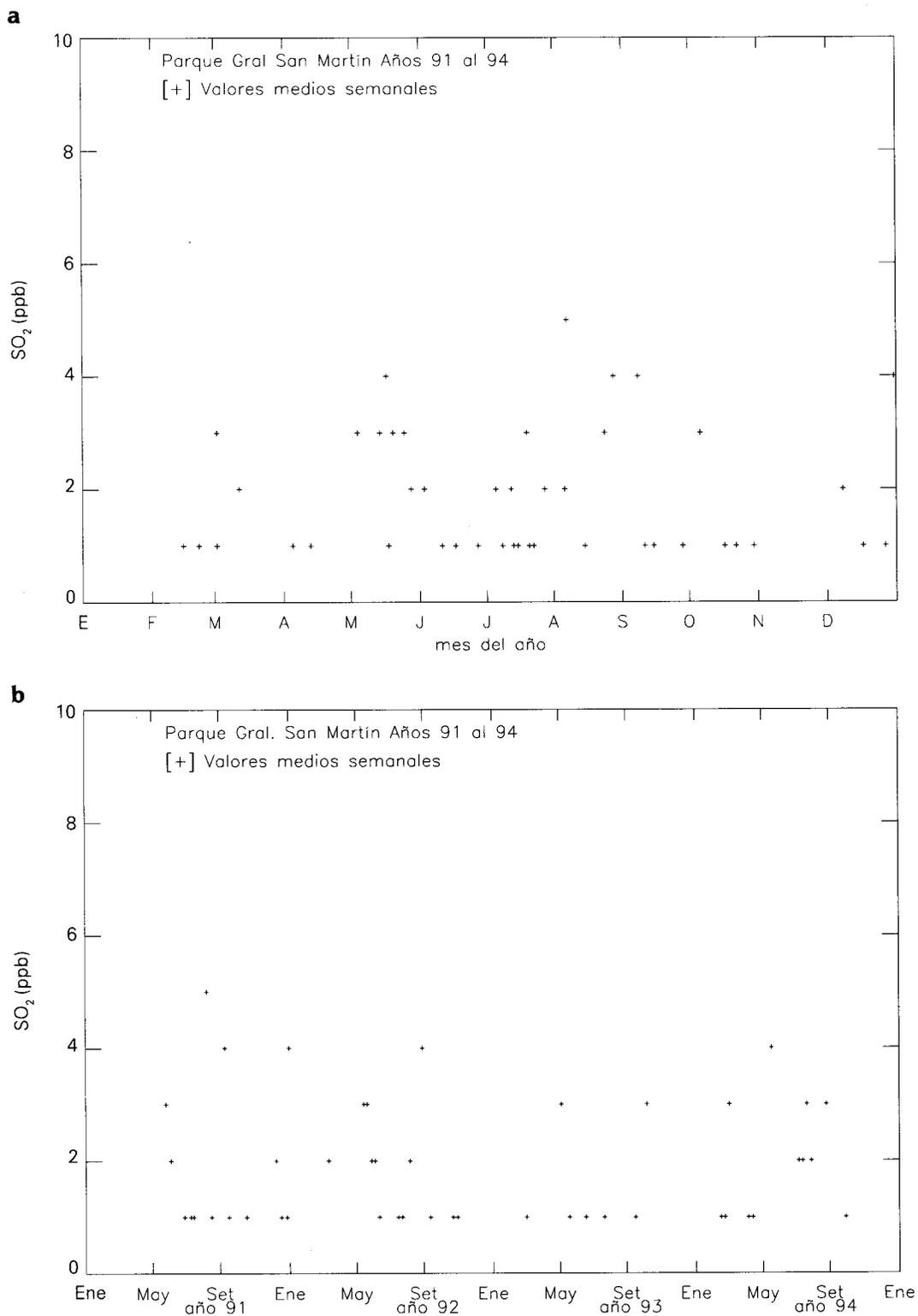


Figura 10: Variación anual de dióxido de azufre entre los años 1991-1994 para el Parque Gral. San Martín (ciudad de Mendoza). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2,32, V. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24.

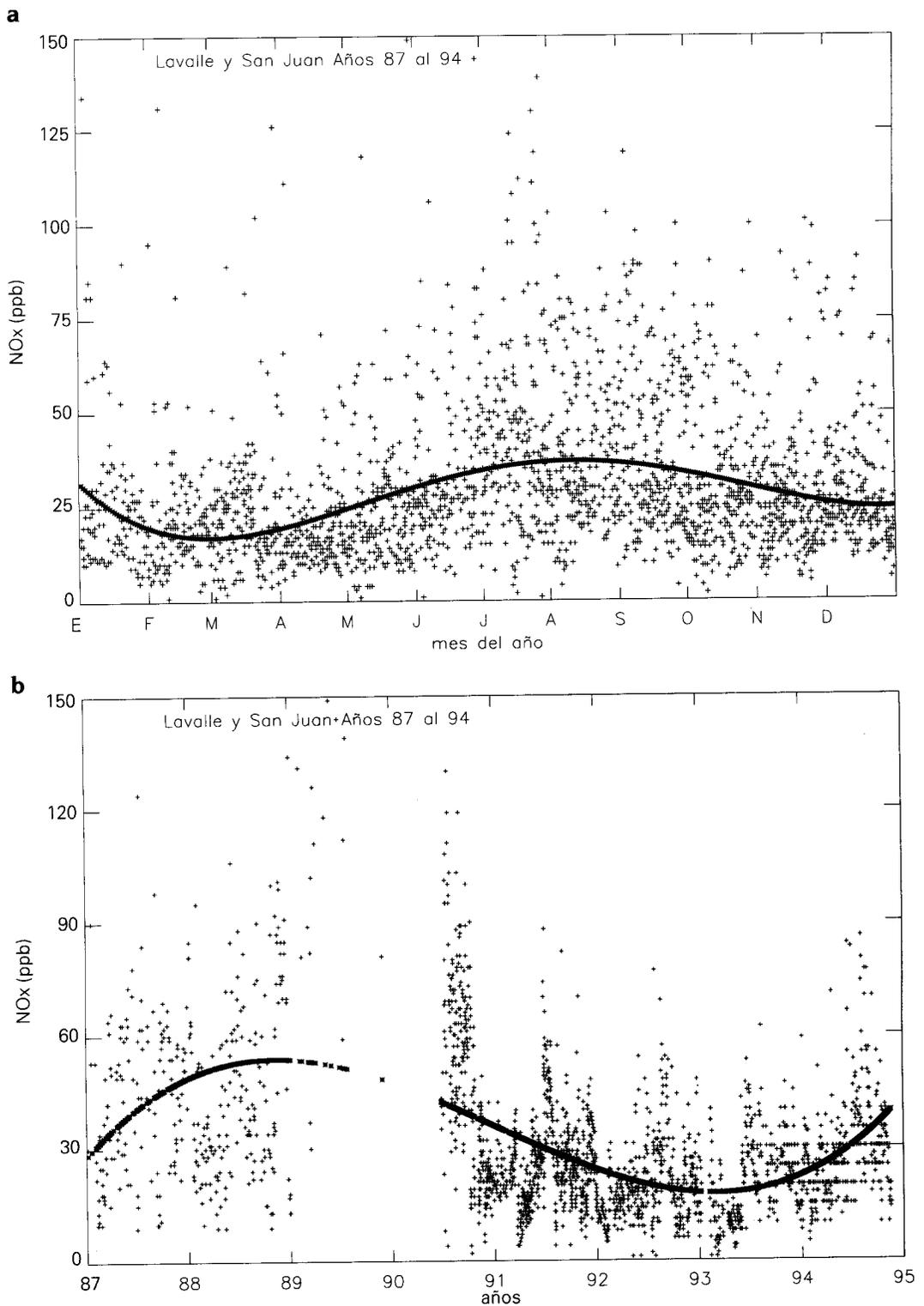


Figura 11: Variación anual de nitrógenos totales entre los años 1987-1994 para la ciudad de Mendoza (calles San Juan y Lavalle). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 28,25, V. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 988.

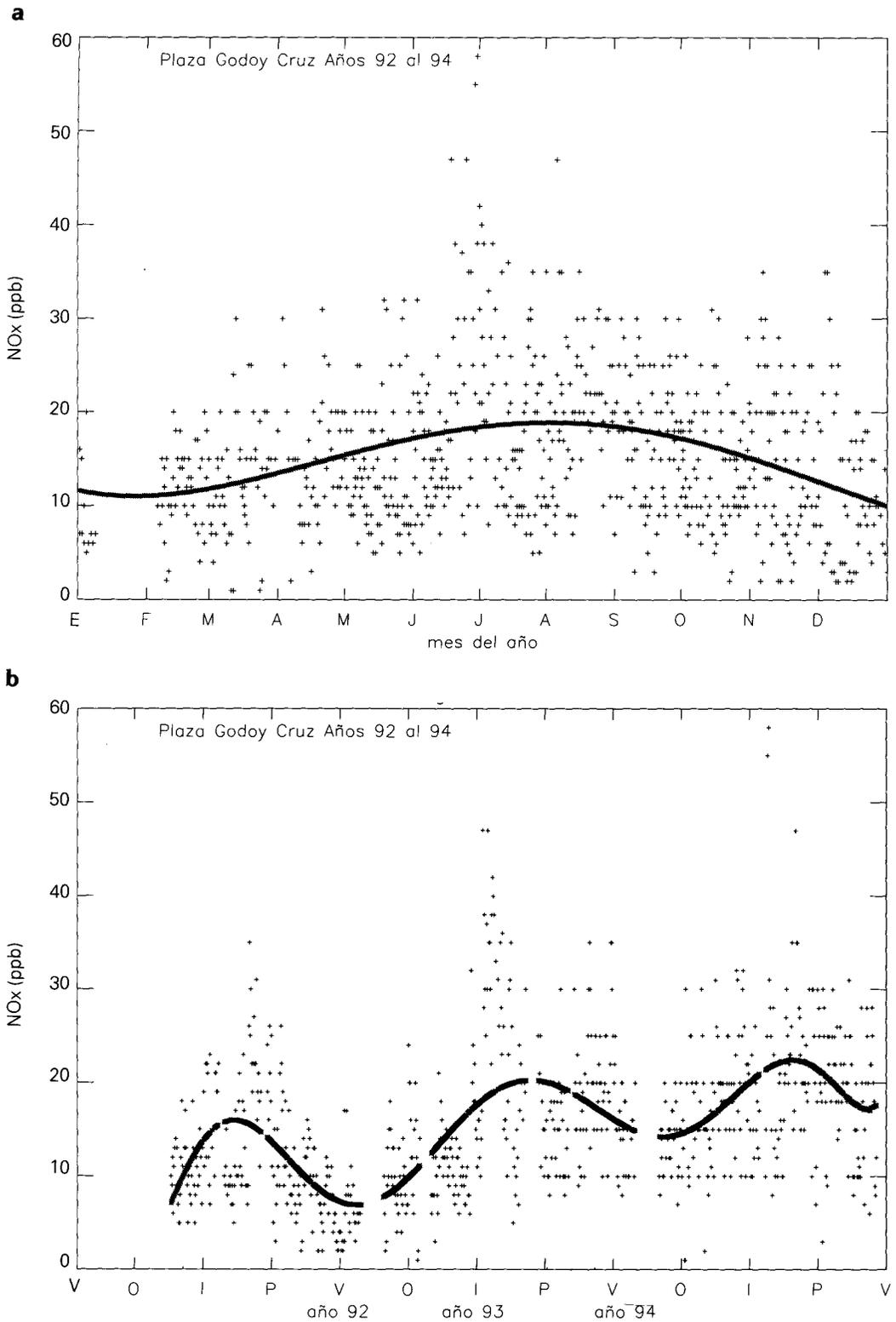


Figura 12: Variación anual de nitrógenos totales entre los años 1992-1994 para la ciudad de Godoy Cruz (plaza departamental). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 15,60.

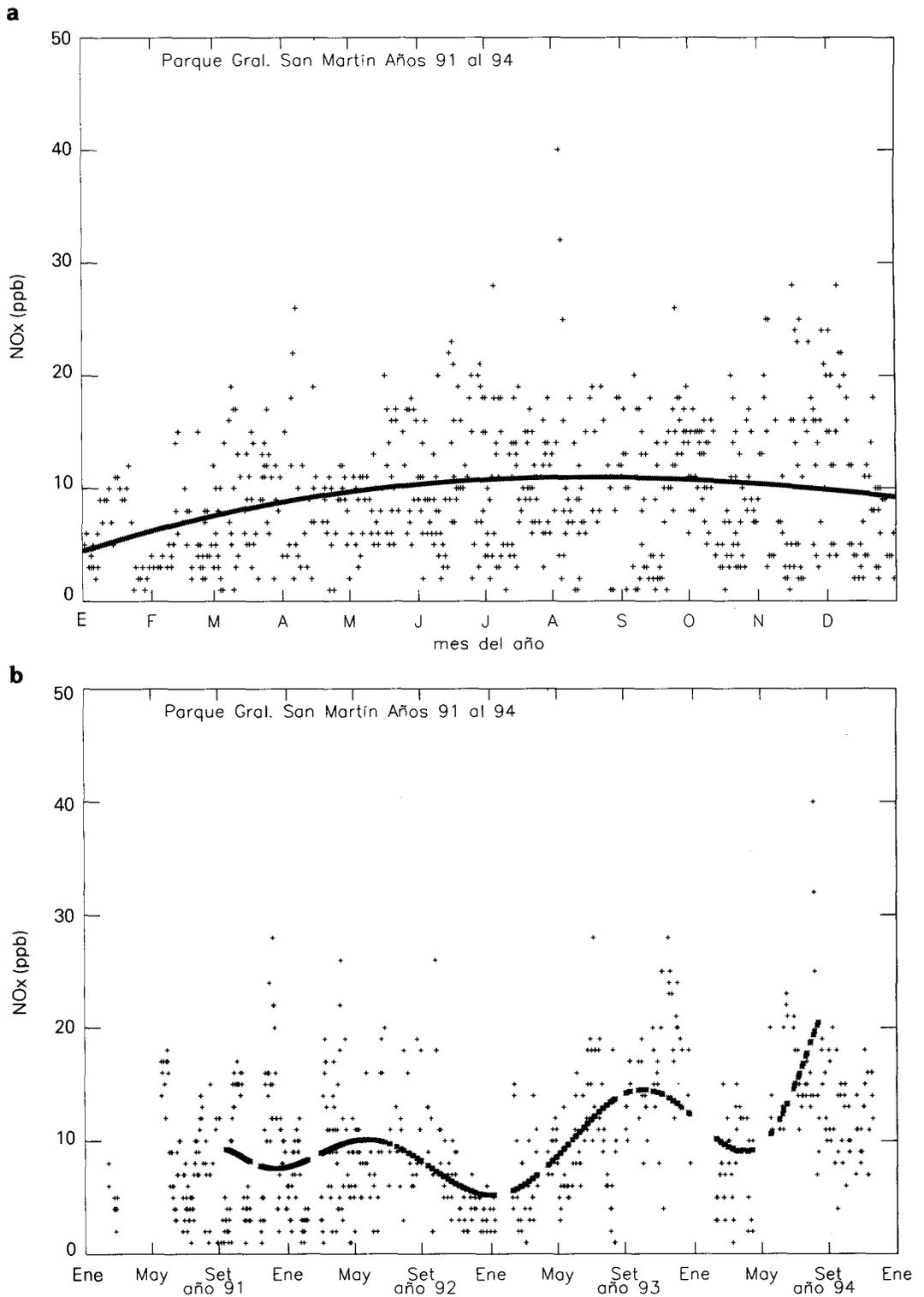


Figura 13: Variación anual de nitrógenos totales entre los años 1991-1994 para el Parque Gral. San Martín (ciudad de Mendoza). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 9,531, V. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 50.

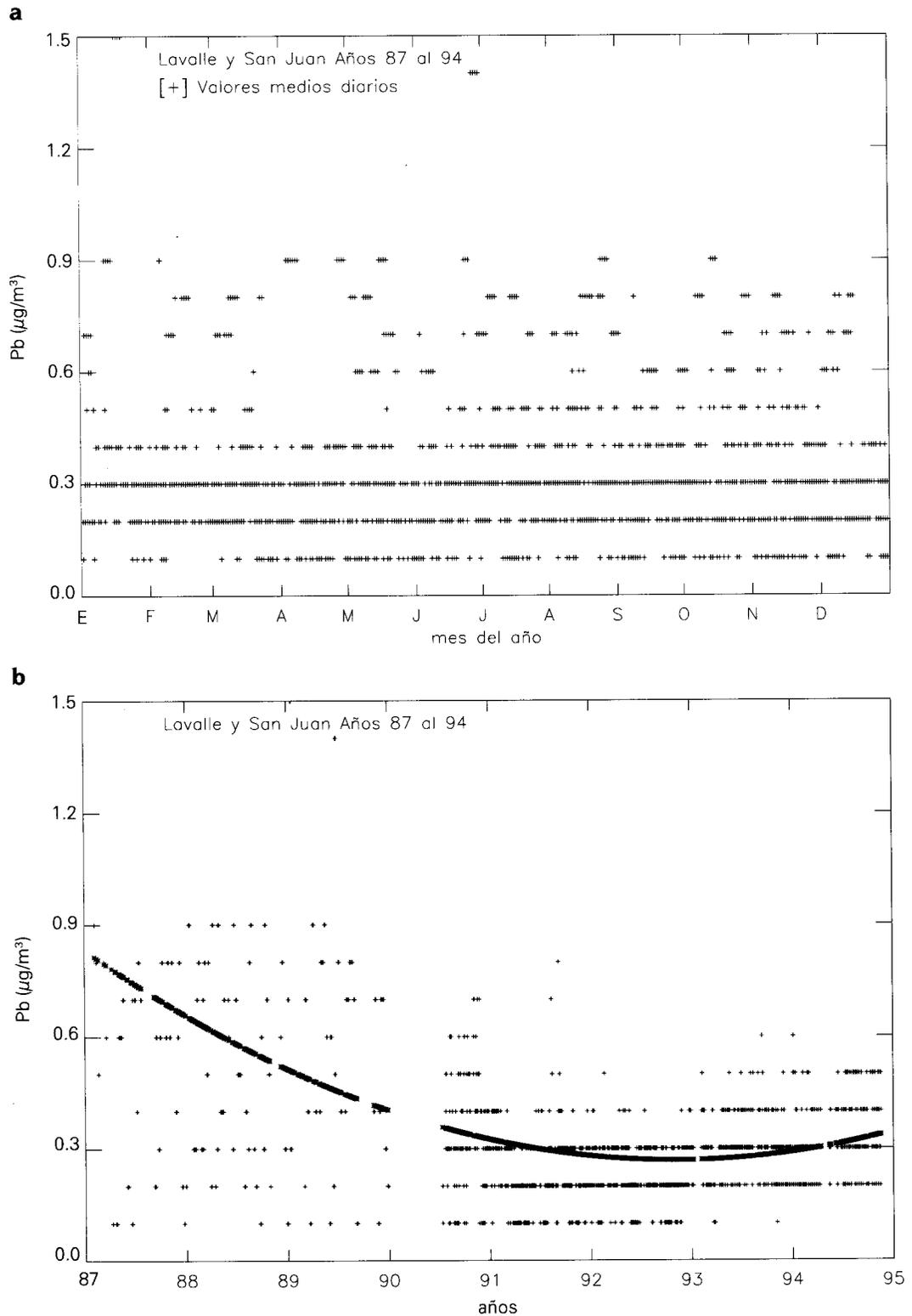


Figura 14: Variación anual de plomo entre los años 1987-1994 para la ciudad de Mendoza (calles San Juan y Lavalle). a). variación estacional, b). variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 0,35, V. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 2,9.

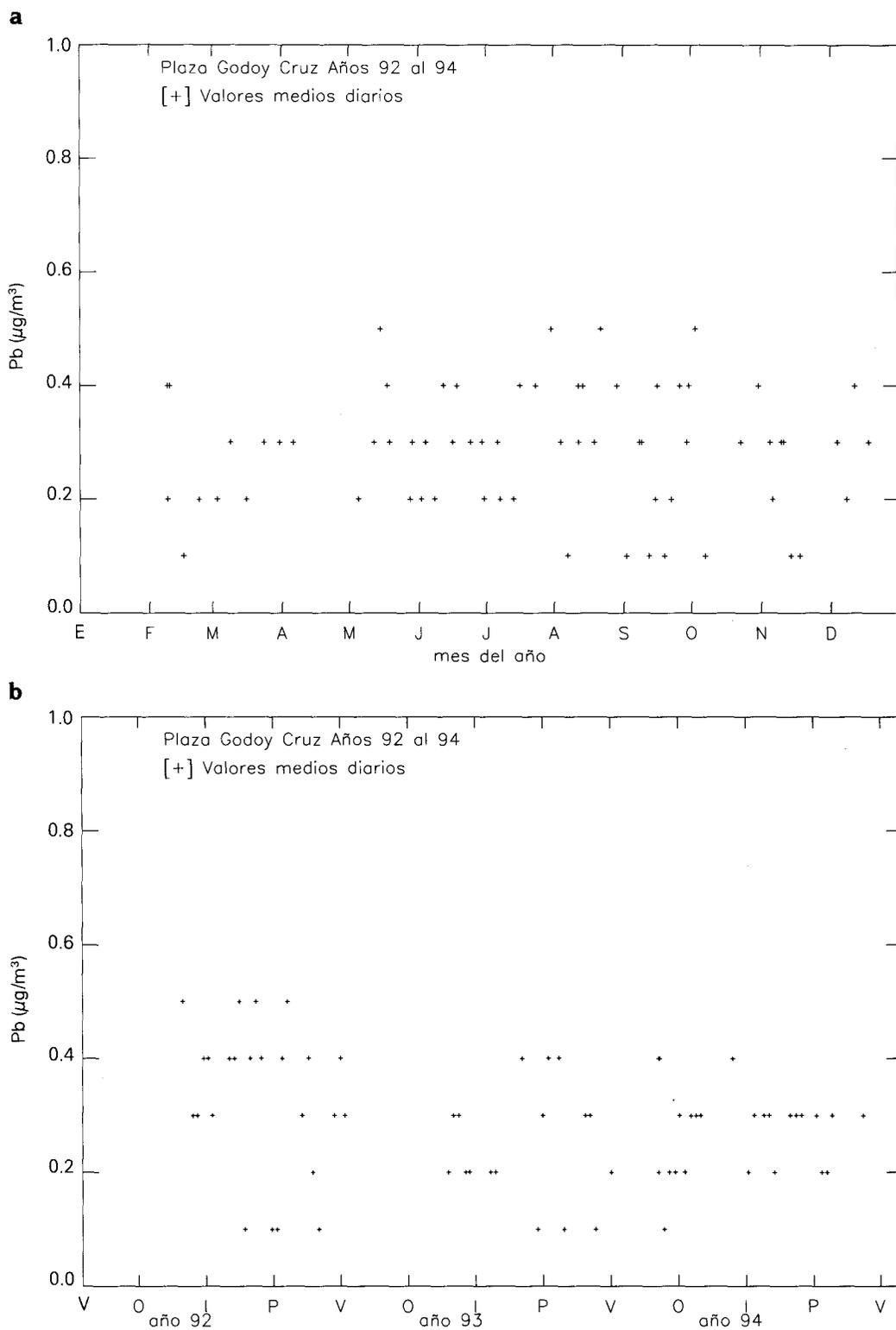


Figura 15: Variación anual de plomo entre los años 1992-1994 para la ciudad de Godoy Cruz (plaza departamental). a). variación estacional, b). variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 0,28, V. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 0,50.

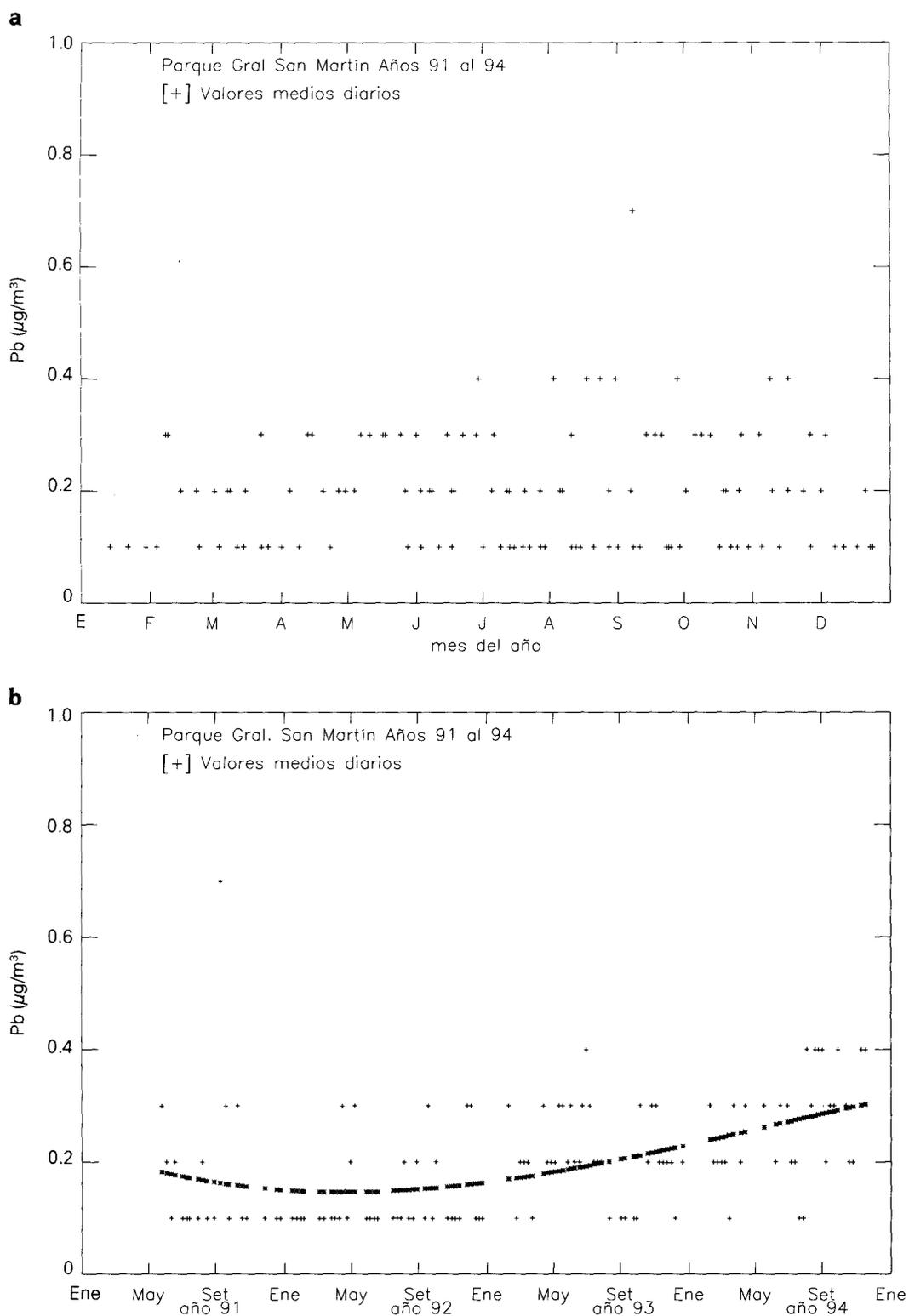


Figura 16: Variación anual de plomo entre los años 1991-1994 para el Parque Gral. San Martín (ciudad de Mendoza). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 0,19, V. máx. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 0,70.

MEDICIONES CONTINUAS

En el Campus del IEMA se mide en forma continua ozono superficial, partículas (negro de humo) e hidrocarburos (sustancias poliaromáticas -PAH-). Las Figuras 17 a 19 muestran las variaciones semanales medias de ozono superficial, negro de humo e hidrocarburos. Se observan variaciones horarias marcadas, dependientes del tráfico vehicular.

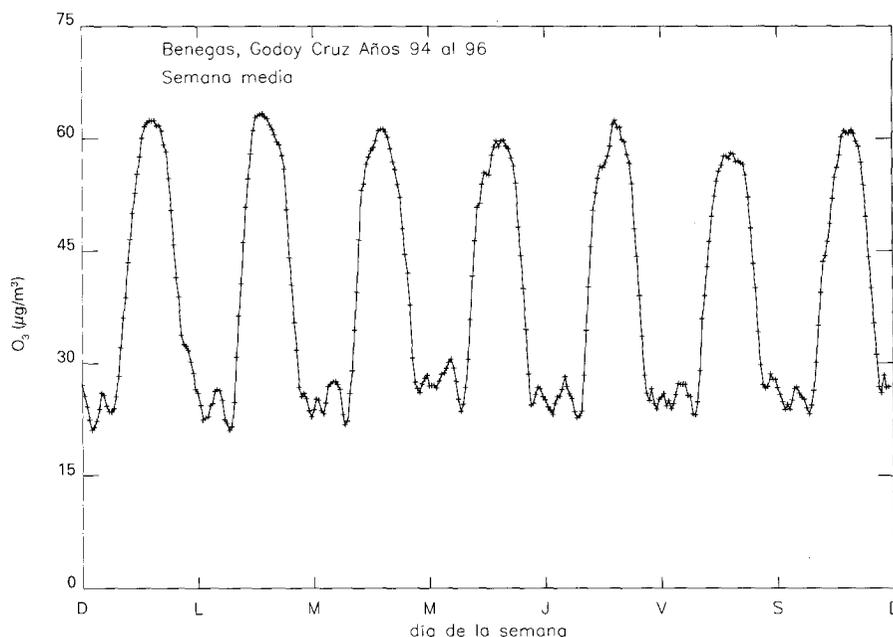


Figura 17: Variación semanal de ozono superficial (entre los años 1994-1996) para Benegas, Godoy Cruz (en el IEMA). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual (µg/m³) 39,40.

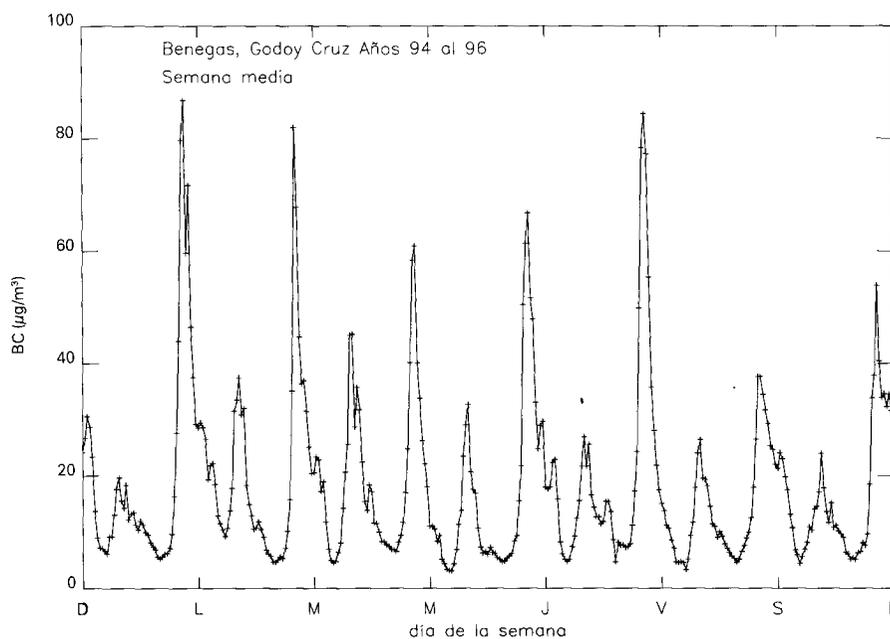


Figura 18: Variación semanal de negro de humo (entre los años 1994-1996) para Benegas, Godoy Cruz (en el IEMA). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual (µg/m³) 18,29.

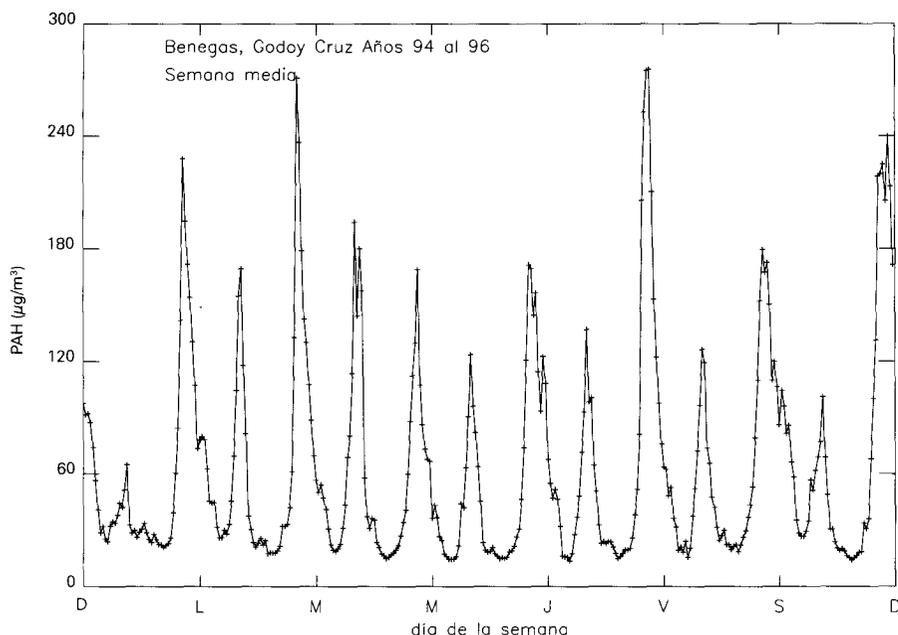


Figura 19: Variación semanal de hidrocarburos (entre los años 1994-1996) para Benegas, Godoy Cruz (en el IEMA). a) variación estacional, b) variación periódica. V.med. anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 63,06.

ESTUDIO DE UN CASO DE CONTAMINACIÓN POR FUENTE FIJA

Se va a analizar un episodio de contaminación atmosférica ocurrido en el Gran Mendoza el 18 de mayo de 1995. Este episodio produjo efectos nocivos sobre la salud de la población básicamente caracterizados por un cuadro de dificultad respiratoria producido por una intensa acción irritativa sobre la mucosa bronquial, acompañadas por cefaleas, náusea y en algunos casos vómitos y mareos. El reporte de casos registró un foco de aparición relativamente abrupta hacia las 8:30 hs localizado al sur de Godoy Cruz (Barrio La Estanzuela y Bº Jardín Trapiche) que lentamente se desplazó en dirección S-N hacia el mediodía, perdiendo a la vez intensidad, a juzgar por el decaimiento del número de dichos casos, con persistencia del mismo hasta pasado el mediodía. Se deduce de la información existente una distribución asimilable a una nube rastrera de concentración más o menos uniforme, que progresa a medida que pasa el tiempo diluyéndose por efecto de las brisas y del levantamiento de la capa de inversión térmica. De las condiciones meteorológicas del día 18 de mayo, en particular desde la madrugada hasta el mediodía, se destaca la alta presión atmosférica con un valor notablemente elevado comparado con la estadística de los valores medios diarios. Este parámetro, en conjunto con la temperatura y el grado de nubosidad del día, configura una situación de fuerte inversión térmica cuya altura se estima comprendida entre 100 y 200 metros. Adicionalmente, no se registran vientos sinópticos. Esta situación meteorológica puede caracterizarse a la madrugada como estable con calma atmosférica (brisas suaves convergentes al centro de la ciudad), progresando a convectiva con vientos suaves hacia al mediodía.

Se efectúa el análisis de este episodio desde tres puntos de vista independientes, pero que conducen a la misma conclusión general. Una primera sección sobre los aspectos epidemiológicos del suceso; una segunda sobre la descripción de la posible fuente, y una tercera que describe un modelo de simulación atmosférica usando mediciones de ozono superficial. Se presentan algunas conclusiones más importantes del trabajo de Puliafito *et al.* (1995).

-Aspectos epidemiológicos

Sintomatología de las personas afectadas.

De acuerdo con Puliafito *et al.* (1995) (Informe relativo del Ministerio de Salud- Dto. de Epidemiología- Gob. de Mendoza) se desprende que del total de casos asistidos en establecimientos hospitalarios privados y estatales, se puede afirmar que el mayor porcentaje de afectados son pobladores del departamento de Godoy Cruz, con mayor incidencia en el Bº La Estanzuela. La distribución por grupos etáreos indica que este fenómeno ha afectado uniformemente a todas las edades.

De la sintomatología recogida se pueden observar dos grupos característicos de signos y síntomas:

a) repercusión en el aparato respiratorio: disnea y dificultad respiratoria; y

b) repercusión en el sistema nervioso central: cefaleas, vómitos, náusea y mareos.

Esto demuestra que se ha tratado de algún elemento volátil que produce irritación en las mucosas de las vías aéreas y que es absorbido pasando a la sangre con producción de fenómenos y alteraciones referidos al sist. nerv. central. Asimismo, de la secuencia horaria de aparición de los casos más representativos se puede estimar que la exposición mas intensa a los agentes patógenos no ha superado períodos de entre dos a cuatro horas.

De acuerdo con los antecedentes presentados, se deduce que el episodio debe caracterizarse principalmente por una combinación de SO_2 y H_2S , probablemente potenciados por la presencia de partículas en suspensión. En este sentido pueden atribuirse los síntomas de ambos grupos al SO_2 (tomando en cuenta los valores del producto: concentración por exposición y los efectos observables correspondientes) y al H_2S . La característica de olor a huevo podrido percibida por la mayoría de la población es asignable a la presencia de H_2S , fácilmente distinguible y por ello probablemente enmascara el olor del SO_2 .

Como consecuencia se puede concluir que el episodio está caracterizado por una concentración de SO_2 comprendida entre 0,25 ppm y un valor ligeramente superior a 1 ppm, donde se observan signos de morbilidad en el hombre para tiempos de exposición del orden de dos a cuatro horas, y, además, una concentración de H_2S superior a 0,025 ppm que es el umbral inferior olfativo del mismo. Siendo el límite superior del umbral olfativo del H_2S de alrededor de 0,1 ppm, puede asumirse que para la mayor parte de la población la media geométrica entre estos dos valores, es decir 0,05 ppm, es representativa del umbral medio. Asimismo teniendo en cuenta la duración del episodio, y que el olor ha sido percibido posiblemente durante todo el tiempo (lo que indica que no es probable que haya habido saturación olfativa), se puede considerar como concentración más indicativa del mismo, un valor situado entre 0,05 ppm y 0,25 ppm.

Conclusión

De lo expuesto se puede concluir que el episodio del 18 de mayo de 1995 produjo efectos nocivos sobre la salud de la población, básicamente caracterizados por un cuadro de dificultad respiratoria producido por una intensa acción irritativa sobre la mucosa bronquial acompañada por cefaleas, náusea y en algunos casos vómitos y mareos. Estos síntomas pueden atribuirse a una exposición de entre dos a cuatro horas de SO_2 y H_2S en concentraciones del orden de 0,25 a 1,5 ppm y de 0,05 a 0,25 ppm respectivamente.

Análisis respecto de la posible fuente de emisión.

-Caracterización del fenómeno

Se busca analizar qué tipo de fuente y bajo qué condiciones de emisión se puede provocar un episodio con las características del que acaeció el 18 de mayo de 1995. Para ello es necesario distinguir las características centrales de dicho episodio

1. Tipo de contaminación: Del análisis epidemiológico surge que los contaminantes más relevantes en el episodio son el anhídrido sulfuroso o dióxido de azufre (SO_2) y el ácido sulfhídrico.

Condiciones Meteorológicas: De las condiciones meteorológicas del día 18 de mayo, en particular desde la madrugada hasta el mediodía, se destaca la alta presión atmosférica con un valor notablemente elevado comparado con los valores medios diarios que se muestran en la Figura 3.

3. Dinámica del episodio: El caso se inicia a las 8.30 hs, desplazándose en dirección sur-norte. La percepción olfativa acompaña esta dinámica progresiva, pudiéndose estimar que el umbral olfativo se supera hacia las diez de la mañana en el centro-oeste de la ciudad (aproximadamente a 7 km de distancia), a la par que aún se percibía en Godoy Cruz, con persistencia del mismo hasta pasado el mediodía.

-Caracterización de la fuente

1. Hipótesis de trabajo: Las tres características principales del episodio indican claramente que la contaminación se ha producido por efecto de la emisión de los gases característicos, a través de una chimenea de una fuente fija industrial localizada al sur de la ciudad, por un lapso que podría estimarse en dos a tres horas de emisión estacionaria y que surge del tamaño de la nube que se desprende de la dinámica del episodio descrito. Dado que un proceso industrial de tipo petroquímico puede llegar a generar las cantidades de SO_2 y H_2S involucradas en el episodio, es posible trabajar sobre la hipótesis de que la fuente en cuestión está ubicada en el Parque Industrial Provincial, situado aproximadamente de 18 km del foco inicial. Puesto que la velocidad de desplazamiento de la nube puede estimarse en 1,5 m/s o menos, el período de la emisión debe haberse producido aproximadamente entre las seis y las nueve de la mañana.

2. Verificación de la correspondencia de la hipótesis de trabajo mediante simulación de peor caso meteorológico: A fin de verificar la correspondencia de la hipótesis enunciada se analizó la contribución de una fuente de emisión de características reales en peores situaciones meteorológicas. El modelo utilizado corresponde a una dispersión gaussiana de penacho, instrumentada mediante un programa de computación denominado CAP (Clean Air Program) Air Quality Modelling Software versión 1990 de Ontario Ministry of Environment- Canadá.

-Datos de entrada

1. Fuente: Chimenea Industrial situada a más de 10 km de distancia del centro de mayor influencia del episodio (B^o La Estanzuela- Godoy Cruz), en dirección sur.

2. Condiciones meteorológicas simuladas: convectiva- neutral- estable.

3. Condición meteorológica más representativa del 18 de Mayo: Situación de calma atmosférica sin vientos sinópticos dominantes, estable con capa de inversión térmica a 100 metros de altura, brisa local suave del sur (menor o igual a 1,5 m/s) con duración de 3 a 5 horas a partir de las 6:00 hs.

4. Condiciones geográficas: Estructura geográfica compleja, urbana con rugosidad del terreno según Sutton (1973), Priestley (1958) y Pasquill (1962) estimada de 0,5 m representativa de la situación local en el área de interés.

Resultados de la simulación de peor caso: En la Tabla 6 se puede ver el resultado de la simulación para una emisión de 1 g/s. Se observa que la peor situación se da en condición meteorológica estable, con una concentración de $20,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de masa total emitida.

Considerando, de acuerdo a la Tabla 6, que la emisión correspondiente a los gases objeto es del orden del 50% del caudal máscico, se llega que el caudal de emisión es de 500 kg/h, es decir: 138,8 g/s.

La concentración resultante de $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{S}$ es en consecuencia:

$$138,8 \times 20,39 (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 2830 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

A más de 10 km de la chimenea se puede considerar que gran parte del contenido de H_2S de la emisión se ha convertido en SO_2 . Una estimación conservativa es que a esa distancia existiría una composición proporcional máxima del 20 % de H_2S contra el 80 % de SO_2 . Suponiendo una concentración de 0,1 y 0,9 respectivamente se obtiene :

$$\text{Conc. } \text{SO}_2 = 2830 (\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot 0,9 = 2547 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

$$\text{Conc. } \text{H}_2\text{S} = 2830 (\mu\text{g}/\text{m}^3) \cdot 0,1 = 283 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Convirtiendo de unidades (de $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a ppm) a través de las densidades de los gases a temperaturas ambientales normales se obtiene:

$$\text{Conc. } \text{SO}_2 = 2547 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / 2,24 \text{ kg}/\text{m}^3 = 1,14 \text{ ppm}$$

$$\text{Conc. } \text{H}_2\text{S} = 283 (\mu\text{g}/\text{m}^3) / 1,2 \text{ Kg}/\text{m}^3 = 0,24 \text{ ppm}$$

La simulación presentada en este punto muestra una fuerte correspondencia entre la

fuente hipotética bajo las condiciones meteorológicas indicadas, y el episodio de contaminación ocurrido el 18 de mayo de 1995.

Análisis de sensibilidad de la simulación de peor caso meteorológico: En el cuadro resumen (Tabla 7) se representan simulaciones en donde se ha variado la temperatura de salida de los gases, la rugosidad de la superficie y la altura de la chimenea a fin de establecer la sensibilidad de la simulación a dichos parámetros. Se observa que tanto la temperatura de salida de gases (que depende de la eficiencia de quemado) como la rugosidad del terreno (que determina cuán cerca de la fuente se observan las concentraciones máximas) influyen poco en la solución para 80 m de altura de la chimenea con respecto a la hipótesis de referencia. Asimismo la temperatura de gases no afecta mayormente la concentración esperada en el caso de una chimenea de 134 m; pero queda evidenciado que es bastante más difícil que una emisión desde una chimenea considerablemente más elevada hubiera producido la intensidad del episodio del 18 de mayo. Como resultado del presente análisis de sensibilidad se puede extraer que la hipótesis de referencia es representativa de la fuente que pudo producir el fenómeno.

Simulación de la dispersión característica de contaminantes desde la fuente hipotética

Según la caracterización establecida de la fuente, se procedió a analizar la dispersión en emisión estacionaria, que ésta hubiera producido. Se usó para ello el mismo programa CAP, ingresándole los datos meteorológicos representativos del 18 de mayo. Los resultados, expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$, para varias distancias viento abajo de la fuente, se observan en la Tabla 7 y en el siguiente cuadro resumen (Tabla 8) para situación estable. Hay que tener en cuenta que la nube y su pico de concentración representada en la tabla fue desplazándose en la dirección S-N, a una velocidad estimada de 1,5 m/seg (5,4 km/h), una vez que cesó la emisión.

La Figura 20 indica conceptualmente cómo se podría haber producido el episodio de contaminación.

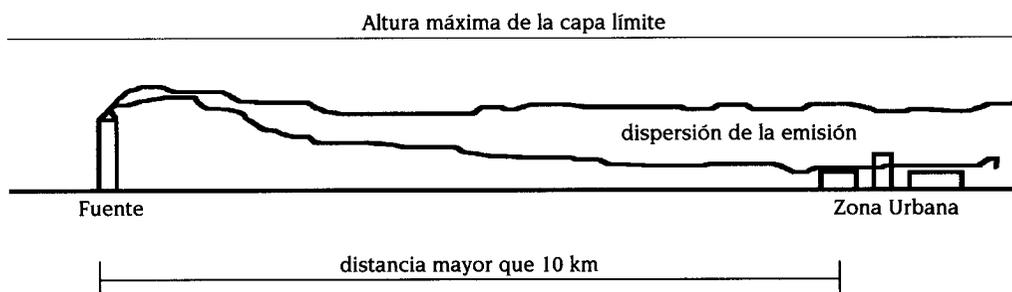


Figura 20. Esquema de la situación de dispersión desde la fuente hipotética.

Conclusión

La fuente representada (Tablas 6 y 7) y según las condiciones meteorológicas del 18 de mayo de 1995, pudo haber producido el episodio mencionado, destacándose que las concentraciones pico estimadas de SO_2 y H_2S representativas del mismo son de 1,2 ppm y 0,25 ppm. La situación se prolongó durante un período que va desde dos a cuatro horas con un desplazamiento de norte a sur con velocidades del orden de 5,4 km/h. Hacia mediodía el episodio había disminuido por efecto del levantamiento de la capa de inversión térmica.

Tabla 6. Resultado de la simulación usando el programa CAP

Información de la fuente

1. Altura de chimenea	80 m	2. Temp. gas salida	60 °C
3. Radio interno chim.	0,180 m	4. Velocidad escape de gas	1,37 m/s
5. Altura edificio	0,0 m	6. Ancho edificio	0,0 m
7. Receptor más cercano	1000,0 m	8. Receptor más lejano	25000,0 m
9. Rugosidad superficie	0,5 m	10. Asentamiento Urbano	
11. Terreno complejo	Sí		

Resultados: máxima concentración

Condición	Convectiva	Neutral	Estable
Máxima concentración por unidad de emisión ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) / (g/s)	5,704	2,397	20,386
Capa de inversión (m)	120,0	525,75	100,0
Velocidad del viento (m/s)	1,5	1,5	1,5

Tabla 7. Resumen de la simulación usando el programa CAP

Altura de Chimenea (m)	Temperatura de salida de gases (°C)	Rugosidad del Terreno (m)	Altura de la capa límite (m)	Concentr. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) por gr/seg de emisión (a 10 km de la fuente)
80	60	0,5	100	20.38656
80	120	0,5	100	19.90467
80	800	0,5	100	17.75845
80	60	0,3	100	21.79371
80	60	0,7	100	18.38159
134	60	0,5	163	4.209923
134	120	0,5	163	4.183703
134	800	0,5	163	4.117178

Tabla 8. Resumen para una emisión estacionaria

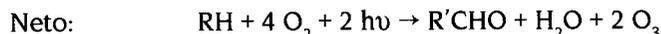
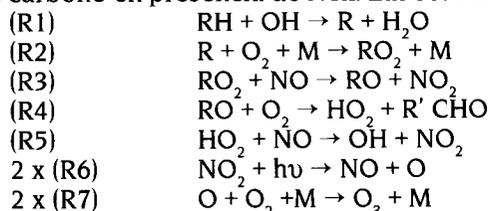
Distancia viento abajo (km)	Concentración SO_2 (ppm)	Concentración H_2S (ppm)
10	1,11	0,23
12	1,04	0,21
14	0,96	0,20
16	0,90	0,18
18	0,85	0,17
20	0,80	0,16

DETECCIÓN DE H_2S POR MEDIO DE LA DISMINUCIÓN DE OZONO

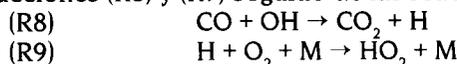
Desde noviembre de 1994 se monitorea ozono superficial en forma continua (1 dato cada 3 minutos), en la sede del Instituto para el Estudio del Medio Ambiente (IEMA) en Benegas (Mendoza), con un instrumento «Ambient O3 Monitor APOA-35E» de la firma Horiba (Japón) con una resolución de 0,5 ppb y un nivel mínimo de detección de 0,1 ppb. También se monitorea en forma continua (1 dato cada 15 minutos) partículas (negro de humo) con una sensibilidad de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y sustancias poliaromáticas con una sensibilidad de $1 \text{ ng}/\text{m}^3$ con un Aethalometer AE - 10IM GIV (R.F. Alemania).

Producción y destrucción de ozono: La producción de ozono superficial (en la troposfera) se realiza a través de una serie de reacciones que se denominan mecanismo de smog fotoquímico.

Este mecanismo incluye la fotooxidación de compuestos orgánicos volátiles y monóxido de carbono en presencia de Nox. Las reacciones típicas son las siguientes (W.M.O., 1994)



donde la reacción inicial entre los hidrocarburos (RH) y un radical oxidrilo (OH) genera dos moléculas de ozono y una molécula de aldehído (R'CHO) o una cetona. (M es una molécula que interviene en el choque pero sin reaccionar; R es la notación para cualquier fragmento orgánico que consista de carbón e hidrógeno). Otras moléculas de ozono pueden producirse de la degradación de R'CHO o por la oxidación de CO a través de las reacciones (R8) y (R9) seguido de las reacciones (R6) y (R7),



Los hidrocarburos y el CO proveen el mecanismo de producción de ozono y se consumen en el proceso. En contraste con el CO, el Nox se conserva en la producción de ozono y actúa como catalizador en la formación de ozono. La reacción crucial es la conversión de NO en NO₂ a través de los radicales HO₂ y RO₂ (Reacciones R3 y R6). Podemos definir la producción de ozono P(O₃) como sigue (Los corchetes indican concentraciones y k la velocidad de la reacción, el subíndice de k indica el número de la reacción):

$$P(\text{O}_3) = [\text{NO}] \cdot \{k_5 \cdot [\text{HO}_2] + \sum k_{3i} \cdot [\text{RO}_2]_i\}$$

La formación de ozono está regulada por la radiación ultravioleta y por las concentraciones de NO y NO₂ según,



El equilibrio entre la producción y destrucción de ozono (estado fotoestacionario) depende de las concentraciones de NO, NO₂ y O₃ de acuerdo con (Graedel y Crutzen, 1993): (J es la velocidad de fotodisociación de la molécula)

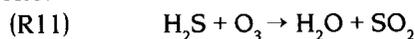
$$[\text{NO}_2] / [\text{NO}] = [\text{O}_3] k_{10} / J_7 \quad (1)$$

Esta reacción indica que en presencia de poco NO, predomina la destrucción de ozono y en atmósferas ricas en NO, predomina la formación de ozono.

Destrucción atípica de ozono. El 18 de mayo de 1995 se detectó una medición anómala (Figura 21 [2]), que no puede explicarse de acuerdo con lo detallado en el punto anterior. Por ello se investigó una nueva fuente de destrucción adicional de ozono troposférico. Por las características sintomatológicas del episodio descritas en la primera sección, se indagó las reacciones posibles del ozono con los compuestos del azufre.

Los principales compuestos del azufre en la atmósfera son el dióxido de azufre (SO₂), el sulfuro de hidrógeno (H₂S), y otros como H₂SO₄, el SO₃ y las sales del ácido sulfúrico (SO₄²⁻). Las fuentes de estos compuestos son la combustión de carburantes fósiles, la descomposición y la combustión de materia orgánica.

El sulfuro de hidrógeno (H₂S) se oxida rápidamente a SO₂. De hecho, de todas las moléculas de SO₂ presentes en el aire en un momento determinado, hasta un 80 por 100 fueron inicialmente emitidas bajo forma de H₂S y luego transformadas en SO₂. La reacción de oxidación del H₂S considerada como la más importante es la que ocurre entre H₂S y ozono.



Se estima que la vida de 1ppb de H₂S expuesto a 50 ppb en presencia de 15 000 partículas/cm³ es de 2 horas (Seinfeld, 1978).

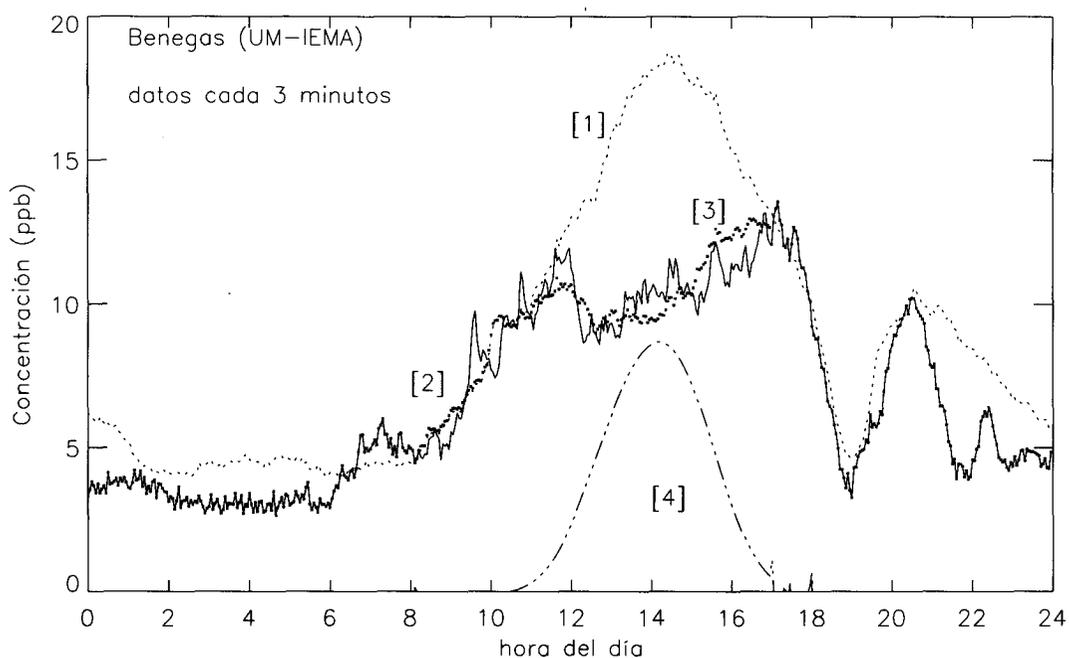


Figura 21. Resultado de la simulación. Ozono superficial. Las curvas representan: (1) valor medio de ozono para el mes de mayo, (2) medición del 18 de mayo de 1995, (3) resultado de la medición, (4) disminución del ozono por efecto del pulso de sulfuro de hidrógeno (de Puliafito *et al.*, 1995).

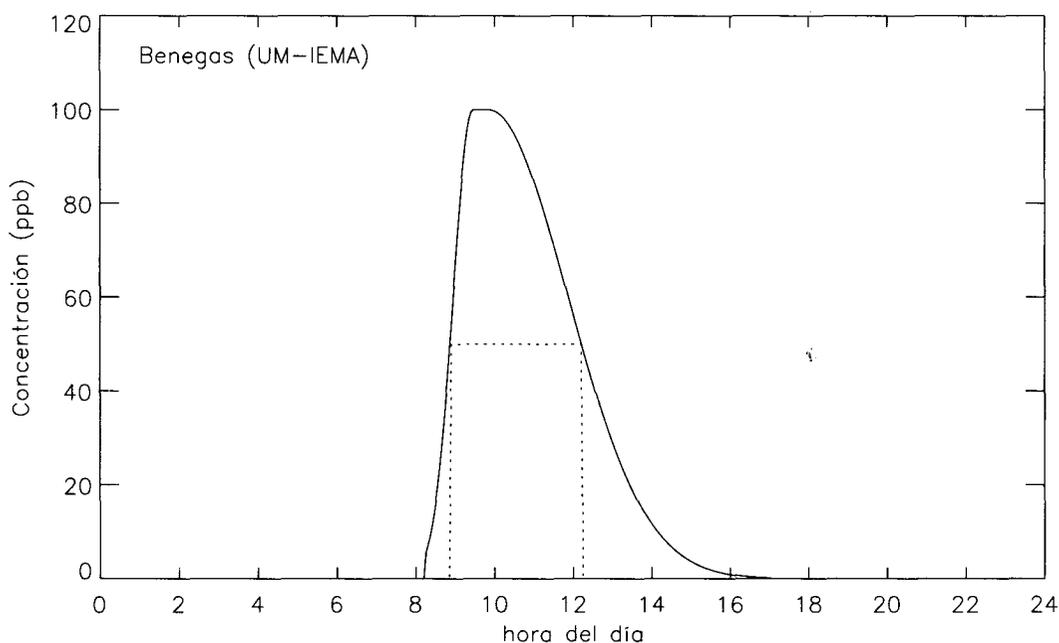
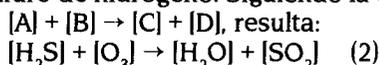


Figura 22. Pulso de sulfuro de hidrógeno, que reproduce las mediciones de ozono del 18 de mayo de 1995 (de Puliafito *et al.*, 1995). Línea cont.: pulso de entrada de SH_2 simulado, línea discont.: período de detectabilidad olfativa $\times 50$ ppb SH_2 .

MODELO DE SIMULACIÓN DE LA DISMINUCIÓN DE OZONO POR EFECTO DEL H₂S

Una vez determinadas las constantes de la reacción, se desarrolló un modelo atmosférico que simulara la posibilidad de producción y destrucción de ozono por aparición de sulfuro de hidrógeno. Siendo [A] la concentración de ozono y [B] la concentración de sulfuro de hidrógeno. Siguiendo la ecuación estequiométrica (R11), es decir



La expresión (2) significa que el sulfuro de hidrógeno se oxidará en presencia de ozono convirtiéndose en dióxido de azufre y agua.

La dinámica de la concentración de ozono, es decir su variación en el tiempo se calcula resolviendo la ecuación diferencial correspondiente (Puliafito *et al.*, 1995). La solución completa será:

$$[O_3]^M = [O_3]^M(t_0) e^{-K_1(t)} \int_{t_0}^t \frac{d[O_3]^E}{dT} e^{K_1(T)} dT \quad (3)$$

$$\text{en donde } K_1(t) = \int_{t_0}^t k_r [H_2S] dT \text{ y } K_1(T) = \int_0^T k_r [H_2S] dT$$

$[O_3]^M$ es el valor medido o calculado para todo tiempo t , $[O_3]^M(t_0)$ es el valor medido al inicio de la reacción, y $[O_3]^E$ es la concentración de ozono de no existir $[H_2S]$. Con respecto a las constantes se tiene que:

t_0 : es el instante inicial de la reacción (Ec. (2) o R11), o sea, el momento en que el pulso de $[H_2S]$ reacciona con el ozono, medido sobre Benegas.

t_1 : es el instante final de la reacción, es decir cuando se supone que no hay presencia de $[H_2S]$ en el aire para reaccionar con el ozono. La solución (3) es válida entonces en el intervalo semiabierto $t_0 \leq t < t_1$

Para la resolución de la ecuación (13), el valor calculado $[O_3](t)$ en el intervalo (14) será $[O_3]^C$, para todo otro tiempo $[O_3]^C \equiv [O_3]^M$

Modelo para el cálculo computacional

A los efectos de resolver la ecuación de transporte (3), se desarrolló un programa de simulación y cálculo que simula la medición realizada el día 18 de mayo de 1995, partiendo de un pulso de concentración de sulfuro de hidrógeno. Si la simulación reproduce la medición dentro de los márgenes de error propios del cálculo y del conocimiento de las variables, entonces el pulso de sulfuro de hidrógeno supuesto es la solución a la ecuación (3).

a) Determinación de las variables de cálculo y su varianza.

Para resolver la ecuación (13) es necesario conocer las siguientes variables:

1. $[O_3]^M(t_0)$: Dato del problema. Medido por el medidor de ozono superficial. Varianza 0,5 ppb.

2. $[O_3]^C(t)$: Valores calculados, o solución de la ecuación diferencial (3).

3. $[O_3]^E(t)$: Es el valor que se hubiese medido (esperado) de no haber un episodio de $[H_2S]$. Esto se determinó a partir del valor medio para el mes de mayo en días con sol. Este valor se calculó además partiendo del valor medio diario de NOx para la Est. Benegas. El valor de NOx se correlaciona con el valor medio de ozono a través la Ec. (1). Para un valor medio (24 horas) de 12 ppb de NOx, le corresponde un valor medio (24 h) de aprox. 10 ppb de ozono. El valor medio corresponde con el valor medio de mayo.

4. k_r : Velocidad de reacción para el H₂S de $1,1 \times 10^{-5}$ [ppb⁻¹ seg⁻¹], para una temperatura de 25°C (289,15 K).

5. k_{rT} : Dependencia de la constante de reacción con la temperatura $T_0 = 0$ C (273,15 K) y

$$\alpha = 15$$

6. τ : Tiempo de vida media de la reacción = 30 minutos.

7. t_0 : Tiempo de inicio del episodio: 8hs. Esto se determinó de acuerdo con la velocidad del viento y la distancia de la fuente a Benegas.

8. t_1 : Tiempo de finalización del cálculo 17 hs. Este se determinó para la siguiente condición:

$$[O_3]^M(t_1) = [O_3]^E(t_1).$$

9. $[H_2S]$: Concentración de sulfuro de hidrógeno en función del tiempo. Es la variable que se desea estimar.

b) Resultado del modelo de simulación.

La resolución de la ecuación de continuidad dio por resultado un pulso de sulfuro de hidrógeno como el que se representa en la Figura 22. En línea continua se grafica la concentración de $[H_2S]$ que, ingresada en el programa de simulación reproduce la medición de ozono del día 18 de mayo. En línea punteada se ha marcado el valor medio cuadrático del umbral olfativo (50 ppb). Este pulso comienza aproximadamente a las 8 de la mañana con un frente de onda de 100 ppb. Esta curva supera el umbral olfativo aproximadamente poco antes de las 9 hs y deja de ser percibido alrededor de las 12:30.

En la Figura 21 se grafican varias curvas. La línea punteada [1] representa el valor medio para el mes de mayo $[O_3]^E(t)$, o sea el valor esperado de ozono de no existir el pulso de $[H_2S]$. La línea continua [2] son las mediciones del día 18 de mayo, es decir $[O_3]^M(t)$. La curva punteada con asteriscos (*) [3] es el resultado de la simulación $[O_3]^C(t)$. Y la línea de trazos y puntos [4] es la disminución de ozono por efectos del pulso de $[H_2S]$, o sea la diferencia entre la curva $[O_3]^E(t)$ y el resultado de la simulación (es decir curvas [1] - [3]). Nótese la excelente coincidencia entre la curva simulada y la medida.

Una característica anómala de la curva [2] la representa la pendiente ascendente entre las 14 hs y las 17 hs. Esto implica sin duda un proceso de recuperación de ozono por la disminución de la fuente de reacción. En gráficos diarios de ozono, aún en días nublados y con poca formación de ozono, no se percibe esta pendiente ascendente pasado el máximo de la radiación solar, sino una pendiente plana hasta su disminución definitiva que ocurre después de las 18 hs (mayo). Otra característica poco usual fue el brusco descenso del ozono medido ese día (curva [2]) entre las 11:30 y las 12:00 hs. Esta disminución es otra clave de la existencia de una fuente adicional de recombinación. Este tiempo de caída permitió una determinación independiente de la variable τ es decir el tiempo de vida medio de la reacción.

Conclusión del episodio de contaminación del 18 de mayo de 1995

El episodio del 18 de mayo de 1995 produjo efectos nocivos sobre la salud de la población, básicamente caracterizados por un cuadro de dificultad respiratoria producido por una intensa acción irritativa sobre la mucosa bronquial acompañadas por cefaleas, náusea y en algunos casos vómitos y mareos. Estos síntomas pueden atribuirse a una exposición de entre dos a cuatro horas de SO_2 y H_2S en concentraciones del orden de 0,25 a 1,5 ppm y de 0,05 a 0,25 ppm respectivamente.

La fuente representada en las Tabla 6 y 7, en las condiciones meteorológicas del 18 de mayo de 1995 pudo haber producido el episodio mencionado, destacándose que las concentraciones de pico estimadas de SO_2 y H_2S representativas del mismo son de 1,2 ppm y 0,25 ppm. La situación se prolongó durante un período que va desde dos a cuatro horas con un desplazamiento de norte a sur con velocidades del orden de 5,4 km/hora. Hacia mediodía el episodio había menguado por efecto del levantamiento de la capa de inversión térmica.

La medición de ozono superficial del día 18 de mayo representó una medición atípica que se puede explicar a través de una reacción del sulfuro de hidrógeno con el ozono, donde un pulso H_2S , con las características de la Figura 22, de 100 ppb de amplitud y 4 horas de duración explican la disminución de ozono medidas el 18 de mayo de 1995.

Los tres aspectos destacados están razonablemente vinculados entre sí, pudiéndose concluir que los modelos desarrollados explican satisfactoriamente el episodio considerado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las autoridades de la Universidad de Mendoza y al Prof. Dr. Juan C. Menghini, el apoyo brindado a la investigación; a los colegas del IEMA que han

contribuido a la toma de datos y confección de las bases de datos. Al Ministerio de Ambiente, Urbanismo y Vivienda (Gov. de Mendoza) y al Servicio Meteorológico Nacional, por la disponibilidad de los datos. Al Instituto Umweltforschungszentrum (UFZ) de Leipzig, por el análisis de datos.

BIBLIOGRAFÍA

- A.R.R.D., 1979. Health effects of inhalation of ambient concentrations of nitrogen dioxide, American Review of Respiratory Disease, Vol. 120
- ASTOLFI Y CALABRESE, 1986. La Toxicología. Editorial Kapeluz.
- BURNET, R *et al.*, 1994. Effects of Low Ambient Levels of Ozone and Sulfates on the Frequency of Respiratory Admissions to Ontario Hospitals, Environmental Research 65: 172-194.
- DEPLETION: 1991. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report N° 25.
- DEPLETION: 1994. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report N° 27.
- DOCKERY D. *et al.*, 1989. Effects of inhalable particles on respiratory health of children, Am. Rev. Respiratory Diseases Vol 139: 587-594.
- FABRE, R.Y R. TRUHAUT, 1977. Toxicología, Ed. Paraninfo, Madrid.
- FOLINSBEE, L., 1993. Human Health Effects of Air Pollution, Env. Health Perspectives, Vol 100: 45-56.
- GRAEDEL, T. E. & P.J. CRUTZEN, 1993. Atmospheric Change. An Earth System Perspective. W. H. Freeman and Company. New York.
- H.E.A., 1992. Health Effect Assesment, Cost 613/2 Report Series on Air Pollution Epidemiology, Report N° 1 y 2, EUR 14345 EN, Commission of the European Communities.
- HERBARTH, O., J.C.BEHLER, G.J. FRITZ, J.L.PULIAFITO, M. RICHTER, U. SCHLING, M. REHWAGEN, E. PULIAFITO y C.PULIAFITO: Comparison analysis of environmental pollution effects on respiratory illnesses and allergies in children, en preparación.
- LIPMANN, M., 1989. Health Effects of Ozone, a critical review, Air & Waste Management Association, Vol 39, N° 5, May.
- LUND, H.F, 1974: Manual para el Control de la Contaminación Industrial. Instituto de Estudios de Administración Local. Edición española.
- POPE, A. & D. DOCKERY, 1992. Acute Health Effects of PM10 Pollution on Symptomatic and Asymptomatic Children. Am. Rev. Respiratory Diseases Vol 145: 1123-1128.
- PULIAFITO, J.L., 1995. Informe Preliminar N°1 sobre contaminación atmosférica en el área metropolitana del Gran Mendoza correspondiente a 1990-1994, Programa Regional de Calidad de Aire (Premair). Editorial Idearium UM 02-01-06-0706-0495.
- PULIAFITO J.L. WEIßFLOG & SCHÜÜRMAN, 1995. Immission patterns of airborne pollutants in Argentina and Germany. II. Biomonitoring of semivolatile organic xenobiotics. Remitida a Chemosphere.
- PULIAFITO J.L., J. C.BEHLER Y E. PULIAFITO, 1995: Estudio del episodio de contaminación atmosférica ocurrido en el Gran Mendoza el 18 de mayo de 1995, Editorial Edium - Universidad de Mendoza UM 02-03-06-0708-0795.
- SENFIELD, J., 1978. Contaminación Atmosférica, fundamentos físicos y químicos, McGraw Hill, New York, 1975. (Versión castellana: Ed. Instituto de Estudios de Administración Local, Madrid).
- SERVICIO METEOROLOGICO NACIONAL, 1975. Estadísticas climatológicas.
- WEIßFLOG L., E. PALADINI, M. GANTUZ, J. PULIAFITO, S. PULIAFITO, K.D.WENZEL & G. SCHÜÜRMAN, 1994. Immission patterns of airborne pollutants in Argentina and Germany. I. First results of a heavy metal biomonitoring. Fresenius Environm. Bullet. 3:728-7233.
- WENZEL K-D, E. PALADINI, M. GANTUZ, J. PULIAFITO, E. PULIAFITO, C. SCHLINK, O. HERBARTH, M. RICHTER, J.L.PULIAFITO, M. REHWAGEN, C. PULIAFITO, J.C.BEHLER, & E. PULIAFITO: Ozone-Monitoring in Mendoza, Argentina-first case studies, en preparación.
- W.H.O., 1976. Manual on Urban Air Quality Managment, World Health Organization, European Series N° 1, Ed. M. Suess and S. Craxford
- W. M., 1989. Scientific Assesment of Stratospheric Ozone: Volume I. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report N° 20.

W.M.O., 1989. World Metereological Organization. Scientific Assesment of Stratospheric Ozone: 1989 Volume I. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report N° 20.

W.M.O., 1991. Scientific Assesment of Ozone Depletion. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report N° 25.

W.M.O., 1994. Scientific Assesment of Ozone Depletion. Global Ozone Research and Monitoring Project - Report N° 27.

Estas investigaciones se realizan en el marco del Programa Regional de Calidad del Aire (PREMAIR)-Sistema de Alerta Ambiental Temprana (SAAT), que conduce conjuntamente el Ministerio de Ambiente, Urbanismo y Vivienda, la Universidad de Mendoza, a través del convenio de cooperación establecido por el PRIDEMA (Pograma de Investigaciones Científicas y Desarrollos Tecnológicos sobre Medio Ambiente).

Contaminación atmosférica en el Gran Mendoza. Análisis y conclusiones de ocho años de muestreos (1970/77)

JUAN JOSÉ RUIZ, P. DANITZ Y G. DANITZ
Dirección de Saneamiento y Control Ambiental (M.M.A.U.yv.), Mendoza

RESUMEN

La zona en estudio está constituida por el Gran Mendoza (departamentos de Capital, Godoy Cruz, Las Heras, Guaymallén y Luján). Las principales fuentes fijas emisoras de contaminantes corresponden a la industria instalada en el radio urbano. De las fuentes móviles el principal responsable es el elevado tránsito automotor, sobre todo en el casco céntrico. En 1977 se contabilizaban 1000 vehículos/h, entre las 9 y las 10 hs, en la intersección de las calles Lavalle y San Juan. Para la medición de partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso se instaló a partir de 1970 la Estación N° 1 (Hospital Lagomaggiore) y la Est. N° 2 (Obs. Met. Parque G. San Martín). Asimismo, desde setiembre de 1970 comienzan a funcionar 10 estaciones de registro de polvo sedimentable distribuidas en el casco céntrico. La metodología aplicada fue la de la Red Panamericana de Muestreo. El valor promedio de polvo sedimentable para el Gran Mendoza fue de 0,88 mg/cm²/mes, valor muy próximo al límite permisible. Las partículas en suspensión, para el período 1970-77, superan en el microcentro la concentración máxima admitida. Una de las causas principales sería el tránsito automotor.

ABSTRACT

Atmospheric pollution in the Gran Mendoza. Analysis and conclusions after eight years of samplings (1970/77)

The studied zone is constituted by the Gran Mendoza (Departments of Capital, Godoy Cruz, Las Heras, Guaymallén and Luján). The main fixed sources issuers of pollutants correspond to industries installed in the urban zone. For the mobile sources, the main issuer is the heavy traffic, especially downtown. The number of vehicles/h, between 9 and 10 am, reached the 1000 in 1977, where Lavalle and San Juan streets cross. Two stations were installed in 1970 to measure the suspended particles and sulfur dioxide, Station N 1 (Lagomaggiore Hospital) and Station N° 2 (Meteorological Observatory - General San Martin Park). Likewise, since September 1970 there have been functioning 10 stations, distributed downtown to register the dust likely to sediment. The applie methodology belonged to the Panamerican Sampling Net. The average value for dust likely to sediment for the Gran Mendoza was of 0,88 mg/cm²/mo, that is too close to the allowed limit. The suspended particles for the 1970/77 period, overreached the maximum admitted concentration downtown. One of the main causes would be the automobile traffic.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha ido incrementando la magnitud del problema de la contaminación del aire para los habitantes del conglomerado urbano de Mendoza. El aumento de las emisiones gaseosas producidas por diversas fuentes, sumadas a condiciones meteorológicas no siempre favorables, determinan episodios de contaminación atmosférica que afectan en diversa medida a la población.

Desde el año 1970, la Provincia de Mendoza por intermedio del Dpto. de Saneamiento Ambiental de la Subsecretaría de Salud Pública, inició un programa de calidad de aire. Esta actividad contó con el apoyo técnico y financiero de la Secretaría de Salud Pública por intermedio de la Dirección Nacional de Saneamiento. Durante el período transcurrido se efectuaron muestreos de aire y análisis de algunos contaminantes en forma casi permanente.

El objetivo del trabajo fue evaluar los datos obtenidos para elaborar un diagnóstico del estado de contaminación y definir acciones para su corrección.

La zona en estudio está constituida por el Gran Mendoza (departamentos de Capital, Godoy Cruz, Las Heras, Guaymallén y Luján).

CONSIDERACIONES CLIMÁTICAS

En vista del importante papel de los factores meteorológicos en el transporte y difusión de los contaminantes en el aire se mencionan brevemente algunas características de éstos para Mendoza.

Precipitaciones: alcanzan un valor medio de 236 mm anuales, siendo de abril a setiembre los meses menos lluviosos.

El clima de Mendoza se caracteriza por una baja Humedad relativa (53%), neblinas poco frecuentes, pocos días con cielo cubierto (75 días/año) y numerosos días con cielo claro (125 días/año).

Los vientos predominantes son: S con frecuencia de 131‰, NE y W: 117‰, SW: 98‰ y SE 82‰. Merece destacarse especialmente la cantidad de días calmos 344‰.

La frecuencia de direcciones de los vientos presenta, asimismo, variaciones estacionales importantes: octubre a marzo la frecuencia de los vientos desde el S es de 170‰, SE: 104,5‰, NE: 110‰, E: 72,3‰ y calma: 404‰. De abril a setiembre desde el W: 203‰, SW: 133,5‰, S: 90,7‰, NE: 123,3‰, calma: 284‰.

Los valores medios de la intensidad de los vientos en los distintos meses no sobrepasan los 2 m/s.

CAPA DE MEZCLA

Es aquella capa de aire cercana al suelo dentro de la cual se producen los movimientos convectivos originados por el calentamiento debido a la radiación solar.

Los valores medios mensuales, extraídos de los mapas de isolíneas de espesores de máxima capa de mezcla, se observan en la Tabla 1. Los mayores valores corresponden a los meses estivales y los menores a los meses de abril a setiembre.

INDICE DE VENTILACIÓN

Es el producto del espesor de la máxima capa de mezcla vertical por la velocidad del viento transporte.

$$I = Hm \cdot Vt$$

Los valores críticos aconsejados son: $Hm = 1500$ m, $Vt = 4$ m/s, $I = 6000$ m². En nuestro caso desconocemos el valor medio del viento transporte, que podría conocerse considerando la velocidad del viento en superficie como valor reducido del mismo.

Los valores existentes permiten suponer malas condiciones de ventilación dados los numerosos días calmos o con bajas velocidades superficiales del viento, así como espesor de capa de mezcla por debajo de los 1500 m, desde abril a setiembre.

Tabla 1. Espesor medio mensual de la capa de mezcla.

Mes	Espesor capa de mezcla (m)
Enero	2542
Febrero	2248
Marzo	2004
Abril	1406
Mayo	902
Junio	990
Julio	990
Agosto	1413
Setiembre	1504
Octubre	2079
Noviembre	2328
Diciembre	2246

CARACTERÍSTICAS URBANAS

La zona urbana se desarrolla principalmente siguiendo el eje constituido por Av. San Martín (N-S).

La Av. San Martín y Gdor. Videla son prácticamente las únicas vías de conexión entre el centro con Godoy cruz y Las Heras. Esto determina que pocas calles de dirección norte-sur, en especial San Martín, San Juan y 9 de Julio, sean los ejes más congestionados por la circulación de automotores, junto con algunas pocas transversales que son vías de comunicación con importantes zonas del este de la ciudad (calles: Lavalle, Buenos Aires, Catamarca, etc.).

En virtud de la zonificación territorial del área urbana existen zonas industriales, tales como la de Las Heras al norte de la ciudad y, al sudeste, una donde concurren las zonas industriales de Guaymallén, Maipú y Godoy Cruz. Además del Parque Industrial Provincial ubicado al oeste de Luján y al sudoeste de la ciudad, a aproximadamente 25 Km.

FUENTES EMISORAS DE CONTAMINANTES**FUENTES FIJAS**

Las principales fuentes fijas emisoras de contaminantes corresponden a la industria instalada en el radio urbano y a las instalaciones de calefacción.

Los establecimientos industriales contaminantes están distribuidos por toda la zona urbana y sus alrededores, siendo su actividad principal la manufactura de minerales, la industria química, la metalúrgica, etc. La zona más afectada, para el período considerado, era la de Carrodilla como consecuencia de la existencia de industrias químicas diversas.

Corresponde mencionar a dos plantas de cemento ubicadas al norte de la ciudad, que emiten gran cantidad de contaminantes pero por la dirección de los vientos y al estar algo alejadas de la zona urbana, ejercen poca influencia, según se estima, sobre los niveles generales de contaminación de la ciudad.

FUENTES MÓVILES

Se trata posiblemente de la principal causante del problema. El elevado tránsito automotor, sobre todo en el casco céntrico, en 1977 se contabilizaban 1000 vehículos/h entre las 9 y las 10 hs, en la intersección de calles Lavalle y San Juan, de los cuales el 5% eran ómnibus.

MATERIAL Y MÉTODO

Para la medición de partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso se instaló a partir de 1970 la Estación N° 1 (Hospital Lagomaggiore), Est. N° 2 (Observ. Met. Parque G. San Martín). En el año 1973 deja de funcionar la Est. N° 1 y comienza la Est. N° 9 (Lavalle esquina San Juan) y en 1975 se reemplaza la Est. N° 2 por la Est. N° 11 (Terminal de Omnibus).

Asimismo, desde setiembre de 1970 comienzan a funcionar 10 estaciones de registro de polvo sedimentable distribuidas en el casco céntrico.

Se siguió la metodología tradicional propuesta por la Red Panamericana de Muestreo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

POLVO SEDIMENTABLE

Los valores obtenidos hasta el 3-5-77 se observan en la Figura 1, reiniciándose las medidas a partir del año 1979.

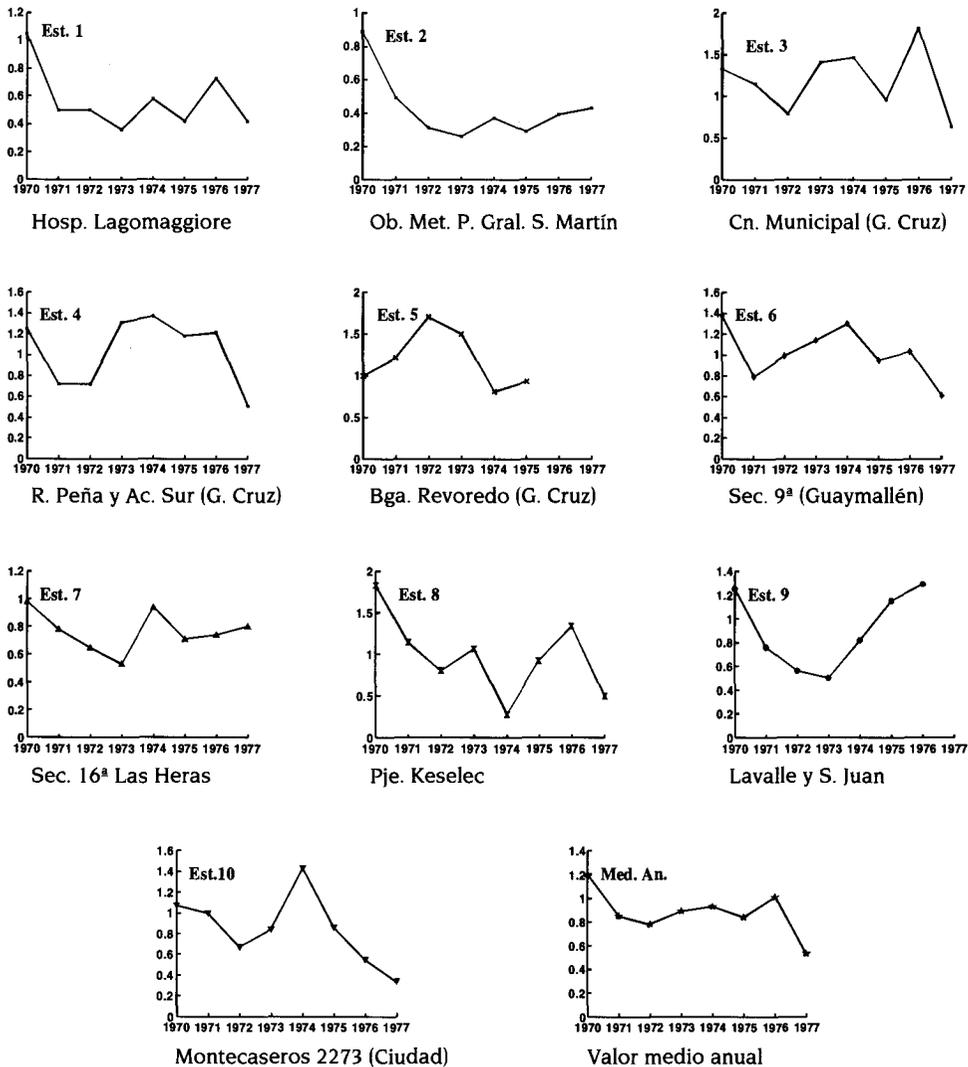


Figura 1. Polvo sedimentable (mg/cm².mes) en el Gran Mendoza, período 1970-77, valores medio.

Podemos considerar a la Est. N° 2 (Parque Gral. San Martín) como la estación testigo o de contaminación natural del área. Los valores de $0,43 \text{ mg/cm}^2 \cdot 30 \text{ días}$ representan el nivel de fondo propio de clima desértico.

Analizando los valores correspondientes a las distintas estaciones y comparándolos con la Norma de Calidad del Aire (Ley Nacional 20284), establecida en $1 \text{ mg/cm}^2 \cdot 30 \text{ días}$, se deduce:

-El valor promedio para el Gran Mendoza, para el período considerado, es de $0,88 \text{ mg/cm}^2 \cdot \text{mes}$, valor muy próximo al límite permisible.

Los mayores registros corresponden a estaciones ubicadas en la periferia de la ciudad, en áreas con calles de tierra y con abundantes industrias en las cercanías, superando a las que se ubican en el casco céntrico.

PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN

La variación de la concentración de partículas en suspensión expresadas en $\mu\text{g/m}^3$ se muestra en la Figura 2, para las estaciones 1, 2, 9 y 11.

El menor valor ($18,8 \mu\text{g/m}^3$) corresponde a la Est. N° 2 (Parque San Martín), que se

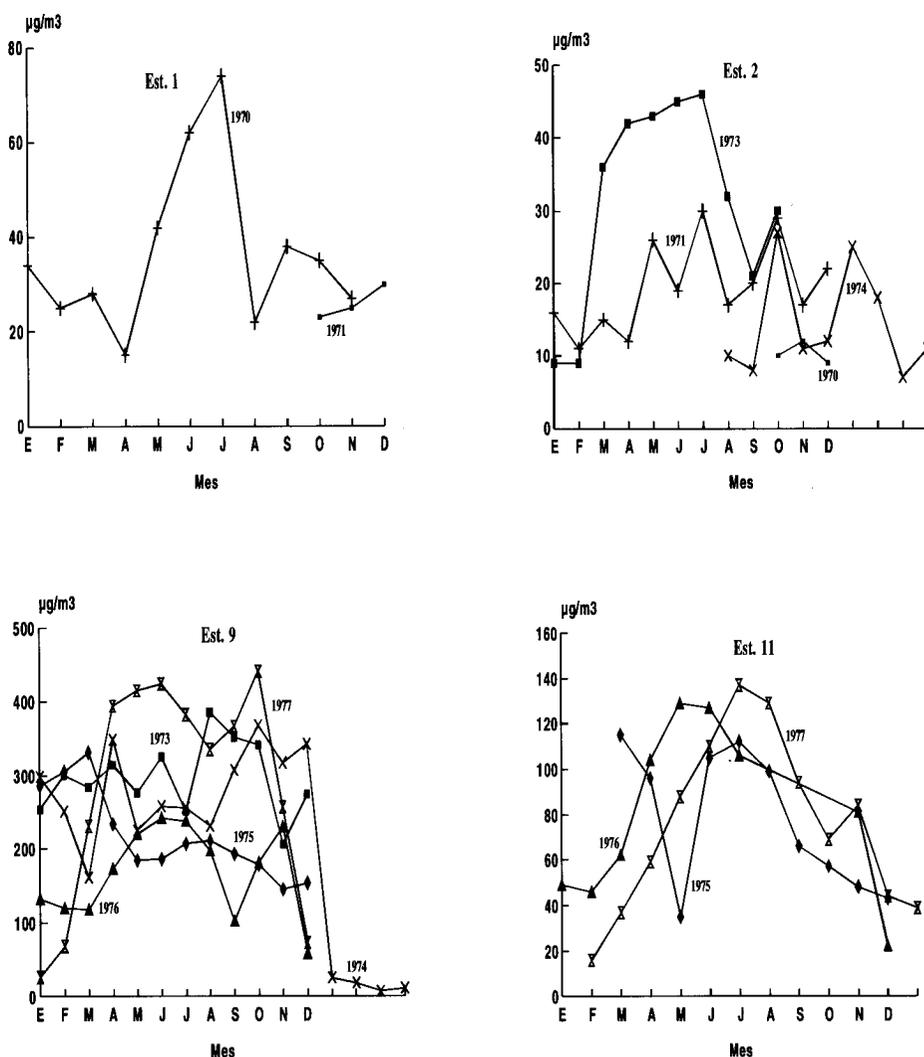


Figura 2. Partículas en suspensión ($\mu\text{g/m}^3$) en el Gran Mendoza, período 1970-77, valores medio.

considera como valor de fondo. El mayor valor es de $249,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y se registró en la intersección de las calles Lavalle y San Juan. Ocasionalmente se alcanzó en abril de 1977 un máximo de $625 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

ANHÍDRIDO SULFUROSO

Los valores registrados, en general, se hallan por debajo de los $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, fijados como valor límite por ley. En la Figura 3 se muestran los valores medidos para las principales estaciones céntricas.

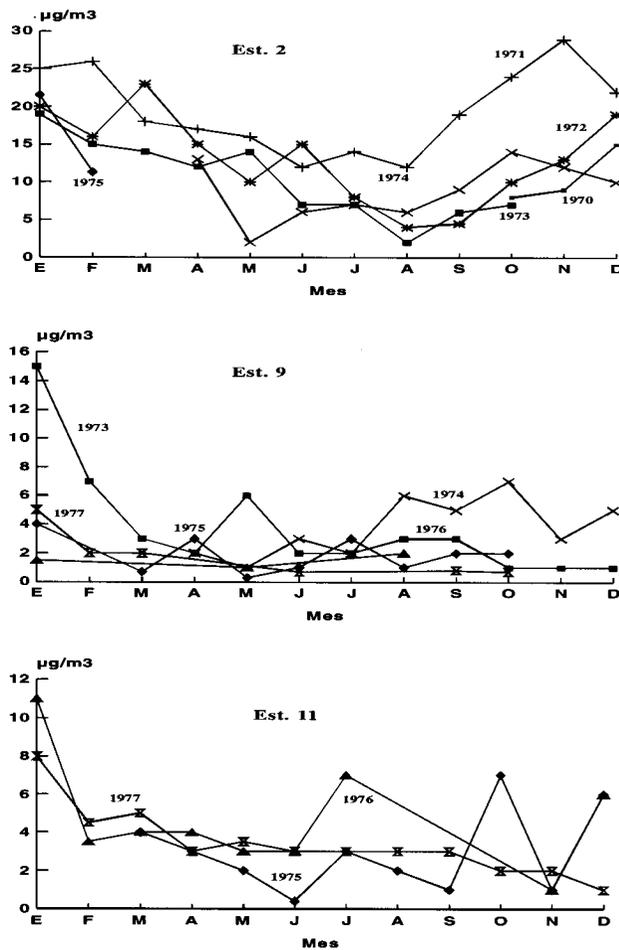


Figura 3. Concentración de anhídrido sulfuroso en el Gran Mendoza, período 1970-77, valores medio.

CONSIDERACIONES FINALES

De los contaminantes estudiados, las partículas en suspensión superan en el microcentro la concentración máxima admitida. Una de las causas principales sería el tránsito automotor, especialmente con motores diesel.

Por otra parte las condiciones meteorológicas, con numerosos períodos de calma e inversión térmica próxima a la superficie, determinan una alta concentración de contaminantes por su lenta difusión a la atmósfera.

El polvo sedimentable alcanza mayores valores en la periferia de las zonas urbanas, donde el predominio de calles de tierra y escasez de lluvia lo incrementan.

Contaminación atmosférica en el Gran Mendoza

RICARDO P. MIERAS Y S.M. LUNA

Dirección de Saneamiento y Control Ambiental (M.M.A.U.yV.). Gobierno de Mendoza.

RESUMEN

A partir del año 1970 comenzó un registro permanente de partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso, en estaciones ubicadas en el microcentro y Observatorio Meteorológico Parque Gral. San Martín, y de polvo sedimentable en 10 estaciones.

El registro de polvo sedimentable para el microcentro de Mendoza resultó de 0,88 mg/cm²/mes, inferior al establecido por la norma de calidad del aire. Las partículas en suspensión alcanzaron 18,8 µg/m³, valor considerado como de fondo para la zona. La estación ubicada en el Hospital Lagomaggiore alcanzó 31,2 µg/m³ y la de la Terminal de Omnibus 65,3 µg/m³, ambas con intensa actividad vehicular. A partir de 1982/83 la contaminación producida por fuentes móviles se incrementa paulatinamente, resultando un aumento en las concentraciones de óxido de nitrógeno, polvo en suspensión y plomo. A partir de 1992, con la modificación del recorrido del transporte público de pasajeros se alcanzó una reducción del particulado en suspensión, menor a los 100µg/m³ exigidos por la legislación vigente.

ABSTRACT

Atmospheric pollution in the Gran Mendoza

Starting in 1970 there is a permanent record of suspended particles and sulphure dioxide at stations located downtown and the Meteorological Observatory, Parque General San Martín, and of dust liable to sediment in 10 stations. The register of this dust for downtown Mendoza was of 0,88 µg/cm²/month, lower than what is established by de air quality regulation. Suspended particles reached 18,8 µg/m³, value considered as bottom for the zone. The station located at the Lagomaggiore Hospital reached 31,2 µg/m³ and the one at the bus depot 65,3 µg/m³, both stations have heavy traffic. From 1982/83 the pollution produced by mobile sources increases slowly, resulting in an increase of nitrogen oxide, suspended dust and lead. From 1992 on, with the modification of the public transportation routes, it was reached a reduction of suspended particles, lower than the 100 µg/m³ demanded by the present regulation.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha hecho notorio para los habitantes del Gran Mendoza la magnitud del problema de la contaminación del aire, debida fundamentalmente al incremento de las emisiones gaseosas producidas por fuentes diversas.

Las condiciones meteorológicas determinan las características del transporte y difu-

sión de los contaminantes en el aire. Las escasas precipitaciones (200 mm/año), la baja Humedad Relativa (53%), la alta frecuencia de días con cielo despejado (125 días/año), la elevada cantidad de días calmos (344 %), etc., no favorecen la dispersión de los contaminantes atmosféricos. La capa de mezcla, capa de aire cercana al suelo donde ocurren los movimientos convectivos, alcanza los máximos valores en el verano: 2500- 3000 m y los menores en el período otoño- invierno: 850 m.

El índice de ventilación, entendido como el producto del espesor máximo de la capa de mezcla por la velocidad del viento de transporte, se supone bajo, debido a los numerosos días calmos o con bajas velocidades de los vientos superficiales.

Las características urbanísticas de la ciudad, con una alta concentración edilicia comercial en el microcentro, determina un flujo automotor próximo a los 100.000 vehículos diarios, además de 900 ómnibus que cumplen las frecuencias urbanas.

Existen dos fuentes emisoras de contaminantes, las fuentes fijas, principalmente las industrias localizadas en el radio urbano y alrededores, y las fuentes móviles a través de los vehículos, que constituyen la principal causa contaminante.

METODOLOGÍA

A partir del año 1970 se comenzó un registro permanente de partículas en suspensión, anhídrido sulfuroso y polvo sedimentable.

La Estación de registro N° 1 se ubicó en el Hospital Lagomaggiore, la N° 2 en el Observatorio Meteorológico Parque Gral. San Martín. En el año 1973 dejó de funcionar la Estación N° 1 y comenzó la N° 9, ubicada en la intersección de las calles Lavalle y San Juan. En 1975 se reemplazó la N° 2 por la N° 11, ubicada en la Estación Terminal de Omnibus. En todas ellas se midieron partículas en suspensión y anhídrido sulfuroso. El polvo sedimentable se midió desde 1970 en 10 estaciones.

RESULTADOS

POLVO SEDIMENTABLE

Los valores registrados en la Estación N° 2 se pueden considerar como de contaminación natural del área: 0,43 mg/cm²/mes, valores representativos para un clima desértico.

El valor medio ponderado de los valores registrados para el Gran Mendoza (Tabla 1), para el período 1970-86, resultó de 0,88 mg/cm²/mes; valor inferior al establecido en la norma de calidad del aire (Ley Nacional 20.284 de 1 mg/cm²/mes).

Partículas en suspensión

En la Tabla 2 se indican los valores registrados en las Estaciones N° 1, 2, 9 y 11 para el período 1970-86. En la Figura 1 se muestran los valores para las Estaciones N° 9 y 11.

El menor valor corresponde a la Estación N° 2 (Parque Gral. San Martín): 18,8 µg/m³, valor que se puede considerar como de fondo o natural.

La Estación N° 1 (Hospital Lagomaggiore) con un promedio de 31,2 µg/m³, evidencia la influencia del intenso tránsito en el área.

Respecto de la Estación N° 11 (Terminal de Omnibus), a pesar del registro de 65,3 µg/m³, evidencia la buena ventilación del área que atenúa la contaminación originada por el intenso transporte de pasajeros. Aún el registro de 107,8 µg/m³ del año 1985 se considera aceptable de acuerdo con la Ley 20.284 que admite hasta 150 µg/m³.

La Estación N° 9 (Lavalle y San Juan) registra una media para el período 1974-85 de 167,5 µg/m³, habiendo un constante incremento a partir del año 1983, superando incluso la media histórica anual en el año 1986.

En la Tabla 3 se muestran los valores registrados para el período 1987-94. Se observa un incremento de las partículas en suspensión, para luego disminuir notoriamente a partir de 1992 cuando se cambia el recorrido de las líneas de transporte urbano,

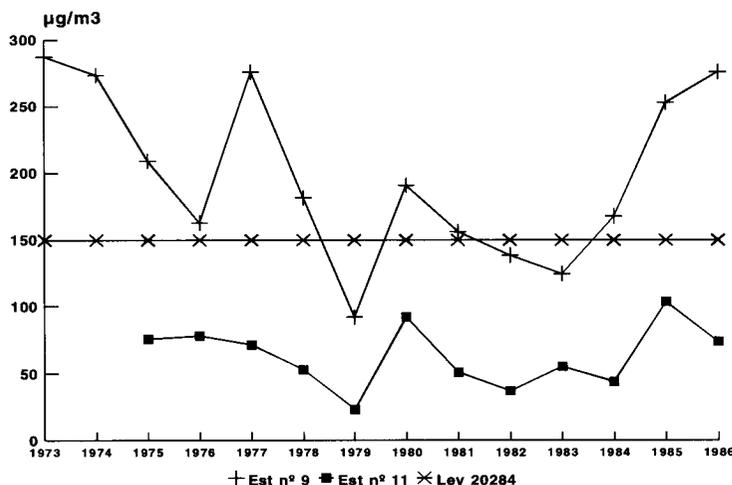


Figura 1. Valores medios anuales de partículas en suspensión ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) para las Estaciones n° 9 y 11.

desconcentrándolas del área de influencia de la Estación N° 9. A pesar de observarse una disminución de los valores medios anuales a partir del año 1991, se destaca un aumento de la contaminación entre los meses de mayo a setiembre de cada año.

ANHÍDRIDO SULFUROSO Y ÓXIDOS DE NITRÓGENO

En la Tabla 4 se presentan los valores para el período 1981-86, para las Estaciones N° 9 y 11. Todos los valores registrados de anhídrido sulfuroso se encuentran muy por debajo de los límites admisibles.

Para los Óxidos de nitrógeno cabe la misma consideración (Tabla 5). Sin embargo se observa un incremento a partir del año 1984, que no alcanza el límite admisible según la ley.

CONCLUSIONES

A pesar de lo limitado del muestreo, los valores registrados permiten inferir acerca del estado de la contaminación del aire. Respecto a las partículas en suspensión, cuyo valor supera en el microcentro lo admitido por ley, la causa directamente imputable sería el tránsito vehicular, principalmente con motores diesel. Al respecto es importante mencionar que en el año 1969 se controló aproximadamente el 10% de los ómnibus en circulación, resultando que el 49,5% se hallaba en mal estado de funcionamiento, y que el 10% en estado de emergencia. Actualmente de un total de 1200 vehículos/hora que circulan por la calle Lavalle, el 10% son ómnibus y de 800 vehículos/hora por calle San Juan, el 20% son ómnibus.

La dispersión de este particulado en suspensión se ve dificultado por los días de calma y escasez de lluvias.

Se observan altos valores de polvo sedimentable, lo que determina elevados niveles de fondo.

A partir de los años 1982/83 la contaminación producida por fuentes móviles se incrementa año a año, lo que se refleja por el aumento en las concentraciones de óxidos de nitrógeno, polvo en suspensión y plomo.

A partir de 1992 se cambia el recorrido del transporte público de pasajeros resultando en una reducción del particulado en suspensión, menor a los $100\mu\text{g}/\text{m}^3$ exigidos por la legislación vigente.

Sin embargo, a pesar de la disminución de los valores medios de concentración de partículas, se producen aumentos notables durante los meses de mayo a setiembre.

Atendiendo a la magnitud del problema surge como necesario un incremento y continuidad en el muestreo, la instalación de una red meteorológica urbana que permita conocer con más detalle la inversión térmica, así como la frecuencia, velocidad y direcciones de los vientos.

Paralelamente es conveniente lograr una adecuada sincronización de los semáforos, evitar el congestionamiento de las líneas de transporte público en pocas arterias, controlar la emisión de los vehículos, desalentar el ingreso al microcentro de los automotores, planificar el establecimiento de las fuentes fijas de emisión, etc.

AGRADECIMIENTO

A los Técnicos Guillermo Aquiles Danitz, Arnaldo Cáceres, Alfredo Adaro, Pablo Danitz y al Laboratorio del Departamento de Saneamiento y Control Ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

RUIZ, J.J., P. DANITZ y G. DANITZ. 1979. Contaminación atmosférica en el Gran Mendoza, análisis y conclusiones para el período 1970/78. Documento Inédito. Gobierno de Mendoza.

Tabla 1. Determinación de polvo sedimentable en el Gran Mendoza (mg/cm^2 . 30 días, media de 10 registros)

Año muestreo	Registros medios
1970	1,20
1971	0,85
1972	0,77
1973	0,89
1974	0,93
1975	0,84
1976	1,01
1977	0,53
1978	0,75
1979	0,99
1980	0,82
1981	0,91
1982	0,86
1983	0,95
1984	0,83
1985	0,94
1986	0,86

Tabla 2. Determinación de partículas en suspensión en el Gran Mendoza ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Año muestreo	Estaciones			
	Nº1	Nº2	Nº9	Nº11
1970	26	10,3	—	—
1971	36,5	19,3	—	—
1972	—	—	—	—
1973	—	31,3	296,7	—
1974	—	14,3	280,1	—
1975	—	—	217,7	77,6
1976	—	—	167,6	80,7
1977	—	—	284,3	75,5
1978	—	—	185,35	54,00
1979	—	—	97,58	22,01
1980	—	—	197,56	95,63
1981	—	—	159,66	50,08
1982	—	—	141,38	39,11
1983	—	—	127,60	58,50
1984	—	—	173,48	44,53
1985	—	—	262,83	107,88
1986	—	—	280,13	78,17
Promedio	31,12	18,8	205,14	65,3

Tabla 3. Promedio Anual

Concentración de Polvo en Suspensión VLU=100 ug/m³

Año	Estación	9	11	14	15	16	17	18	19
	Nº	(I.P.V.)	(ETOM)	(Minetti)	(Meteoro- lógico)	(Godoy Cruz)	(Rodríguez Peña)	(Maipú)	(Benegas)
1987		318	111	79	—	—	—	—	—
1988		331	68	—	45	—	—	—	—
1989		290	62	88	43	—	—	—	—
1990		235	87	85	43	—	—	—	—
1991		146	77	89	05	—	—	—	—
1992		99	68	—	10	78	27	—	—
1993		85	15	220	10	69	21	14	26
1994		83	24	175	13	62	35	06	28

Tabla 4. Determinación de anhídrido sulfuroso (ug/m³) y óxidos de nitrógeno (µg/m³)

Período de muestreo	Estaciones	
	Nº9	Nº11
-Anhídrido sulfuroso-		
1981	1,40	0,97
1982	2,69	1,37
1983	2,41	1,39
1984	4,20	1,35
1985	3,25	1,38
1986	2,13	1,59
-óxidos de nitrógeno-		
1981	7,54	3,63
1982	6,83	3,21
1983	8,17	4,87
1984	38,90	17,46
1985	65,26	45,43
1986	62,55	42,78

Tabla 5. Valor medio anual de concentración de NOx VLU=0,05 ppm.

Año	Estación	9	11	14	15	16	17	18	19
	Nº	(I.P.V.)	(ETOM)	(Minetti)	(Meteoro- lógico)	(Godoy Cruz)	(Rodríguez Peña)	(Maipú)	(Benegas)
1987		0,043	0,043	0,012	—	—	—	—	—
1988		0,044	0,040	—	0,023	—	—	—	—
1989		0,027	0,019	—	0,015	—	—	—	—
1990		0,035	0,025	—	0,013	—	—	—	—
1991		0,025	0,013	—	0,006	—	—	—	—
1992		0,023	0,014	0,010	0,007	0,012	0,014	—	—
1993		0,021	0,008	0,013	0,011	0,016	0,014	0,011	0,011
1994		0,030	0,023	0,011	0,009	0,016	0,015	0,019	0,020

La práctica de defensa contra las heladas, la contaminación ambiental y nuevas tecnologías

CARLOS WUILLOUD

Dirección de Prevención de Accidentes Climáticos (DIPAC), Gobierno de Mendoza

RESUMEN

En Mendoza son comunes dos tipos de heladas, una producida por irradiación (convectiva) y otra por el avance de masas de aire frío (advectiva). Las heladas ocurren cuando en la casilla meteorológica el termómetro de bulbo seco acusa 0°C. En el año 1993, la Dirección de Prevención de Accidentes Climáticos (DIPAC) de la provincia de Mendoza, realizó junto con la Dirección de Saneamiento y Control Ambiental, la evaluación de la contaminación del aire al combatir heladas con el método tradicional y su reemplazo con el uso de gas envasado. Se describen los niveles de contaminación del método tradicional en relación con el uso de gas como combustible.

ABSTRACT

The practice of defense against frosts, environmental pollution and new technologies

Two types of frosts are common in Mendoza, one produced by irradiation (convective) and the other by the advance of cold air masses (advective). Frosts occur when in the meteorologic booth the dry bulb thermometer is accusing 0 C. During 1993 the Direction for Prevention of Climatic Accidents (DIPAC) of the Province of Mendoza, carried out together with the Direction for Sanitary and Environmental Control, the evaluation of the air pollution when fighting against frosts with the traditional method and its replacement by the use of tube gas. The pollution levels of the traditional method are described in relation with the use of gas as fuel.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Mendoza posee tres oasis de cultivos ubicados al norte, centro y sur de su territorio, dedicados principalmente a cultivos de frutas como vid, manzanas, peras, duraznos, ciruelas, damascos, y hortalizas como tomates y pimientos fundamentalmente. Los cultivares utilizados proveen mercadería para el consumo en fresco y la industria, con variaciones substanciales en las cosechas, producto de los accidentes climáticos a los que están expuestos.

Los accidentes climáticos cuantificables, en cuanto a sus efectos sobre las cosechas, son dos: tormenta de granizo y heladas. Existen otros accidentes climáticos como el viento Zonda y lluvias torrenciales que producen daños difíciles de cuantificar, salvo que los efectos producidos demuestren que las pérdidas se deben a su ocurrencia.

Es importante además, considerar otra variable que incide en el porcentaje de pérdi-

das totales ocasionadas por los accidentes climáticos cuantificables. Es el estado fenológico de los cultivos al momento de la ocurrencia, es decir, la sensibilidad y respuesta de las plantas y sus diferentes órganos al accidente climático.

Esta nota se centra en las prácticas de defensa contra las heladas y la contaminación ambiental que la misma puede producir; actividad que se realiza en cultivos de frutales sin tener en cuenta su estado fenológico. Además se hará referencia a una nueva tecnología, de defensa activa usando como combustible el gas de petróleo, que no produce humo denso por combustión.

CULTURA DE LA DEFENSA CONTRA LAS HELADAS

El oasis centro correspondiente al Valle de Uco, es el que más arraigado tiene en toda la provincia el concepto de defensa contra las heladas tardías, cuya ocurrencia estadística abarca desde el 15 de agosto al 30 de noviembre.

El valle es una depresión delimitada por contrafuertes montañosos -desde la Cordillera al oeste, hasta las Cerrilladas al este-, que favorecen la acumulación del aire frío y cuyas condiciones geográficas particulares determinan zonas con microclimas en donde se registran temperaturas de hasta -7°C .

La duración de las heladas o presencia de temperaturas bajo cero es variable, pero se considera normal en la zona que alcance tres horas con una temperatura de -3°C a -5°C y con un punto de rocío de -5°C como promedio.

Los productores cuentan desde hace algunos años con un servicio, que se ha mejorado en los últimos años, que les brinda información sobre la probabilidad de ocurrencia de heladas, los capacita para lograr una mayor eficiencia en la defensa y les brinda información técnica para que, con la incorporación de tecnología, optimicen los recursos económicos.

En Mendoza son comunes dos tipos de heladas, una producida por irradiación (convectiva) y otra por el avance de masas de aire frío (advectica). La helada ocurre cuando en la casilla meteorológica el termómetro de bulbo seco acusa 0°C . Se debe recordar que este termómetro se encuentra a 1,5 m de altura con respecto al suelo y a la base de las plantas, por lo que es lógico pensar que a nivel del suelo la helada comienza a producirse antes.

Es tradicional entre la mayoría de los productores efectuar la defensa contra las heladas de forma activa solamente, esto es, elevar la temperatura ambiente por combustión de combustibles semipesados y pesados.

La combustión, que normalmente es incompleta, se realiza en la mayoría de los casos en recipientes de lubricantes o de la agroindustria, reciclados, con capacidad variable entre los cuatro y cien litros.

Los productores que han incorporado tecnología cuentan con calefactores a los cuales se les puede regular la cantidad de calor suministrado y la calidad de la combustión, al contar con reguladores de entrada de aire.

En el extremo opuesto se encuentran escasos productores que para elevar la temperatura utilizan cualquier elemento combustible como son neumáticos en desuso y aceite quemado, que producen alta contaminación.

DETERMINACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL

ENSAYOS CON EL MÉTODO TRADICIONAL

La Dirección de Prevención de Accidentes Climáticos (DIPAC) de la provincia de Mendoza, junto con la Dirección de Control Ambiental, en 1993 realizó la evaluación de la contaminación del aire al combatir una helada en una propiedad del Valle de Uco utilizando tachos reciclados y calefactores (método tradicional).

Asimismo, se comenzó en el año 1993 con un plan de 4 etapas, una experiencia de calefacción utilizando como combustible gas natural, para determinar el efecto calórico y por observación directa, la producción de humo denso.

Para la determinación de la contaminación ambiental se realizó una medición testigo (sin encender tachos ni calefactores), para determinar si existía polvo en suspensión, monóxido de carbono, oxígeno y gases combustibles. Luego de la determinación testigo se encendieron los calefactores y tachos. Los puestos de observación se ubicaron a diez metros de distancia de cada una de las áreas calefaccionadas. El instrumental utilizado para las determinaciones fue el siguiente:

POLVO EN SUSPENSIÓN

- muestreador de gran volumen Bendix- Modelo 3-1150-10 N° 20-70-10
- papel de filtro fibra de vidrio de 10".
- balanza de alta precisión. Sartorio
- estufa de secado eléctrica Dalve Modelo BHR
- reflectómetro Smoke Stain Modelo 43- England.

MONÓXIDO DE CARBONO

- Detector Willk Mod. Miran 101 a rayos infrarrojos no dispersivos.

GASES COMBUSTIBLES

- Marca TELEDYNE, 0- 5% calibrado con gas patrón al 2,6%.
- Psicrómetro marca Pycro-Dyne
- Oxígeno
- Detector marca TELEDYNE rango 0% -5%, 0%- 10%, 0%- 25%.

RESULTADOS

La determinación testigo (nivel de fondo) arrojó valores muy bajos de contaminantes en el ambiente. Por gravimetría se determinó $156 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de material total particulado en suspensión y por reflectometría se detectaron $29 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de hollín.

Una vez encendidos los calefactores y tachos y estando los mismos en régimen de combustión se realizaron varias mediciones, pero se consigna una sola para la determinación reflectométrica ya que el resto de los valores superaba la sensibilidad del método impidiendo el análisis (Tabla 1).

La única muestra que se pudo analizar reflectiva y gravimétricamente, correspondien-

Tabla 1. Registros gravimétricos de particulado en suspensión y reflectométricos de hollín

Lugar de muestreo	Tiempo de exposición	Concentración por Gravimetría	Concentración por Reflectometría
Callejón Finca Testigo	60 minutos	156 mgr/m ³	28 mgr/m ³
Estufas	45 minutos	118 mgr/m ³	supera la sensibilidad del método
Estufas	25 minutos	301 mgr/m ³	supera la sensibilidad del método
Estufas	60 minutos	187 mgr/m ³	supera la sensibilidad del método
Tachos	20 minutos	299 mgr/m ³	511 mgr/m ³
Tachos	60 minutos	900 mgr/m ³	supera la sensibilidad del método

te al sector calefaccionado con tachos, alcanzó un valor gravimétrico de $299 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (total de partículas en suspensión) y reflectométrico de $511 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de hollín producto de la mala combustión.

Al realizar el análisis cualitativo del total de las muestras, se observó que el 48% del material en suspensión es hollín y el 52% restante contaminantes naturales propios de la zona (polvo en suspensión, polen y partículas diversas), variable según las condiciones meteorológicas imperantes en cada momento.

El resto de los contaminantes se comportaron de la siguiente manera:

En el área con calefactores el monóxido de carbono alcanzó a 2 ppm, el oxígeno al 21% y no se detectaron gases combustibles.

En el área calefaccionada con tachos el monóxido de carbono sufrió variaciones entre 70 a 100 ppm, el oxígeno se mantuvo en 21% y los gases combustibles supuestamente se condensaron por las bajas temperaturas formando microgotas imposibles de detectar con el instrumental usado.

Es importante consignar a modo de comentario, que mediciones que se efectuaron en la ciudad de Mendoza, esq. Lavalle y San Juan y Terminal de Omnibus, arrojaron valores de partículas en suspensión de $625 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la primera y $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para la segunda; en los meses de abril y junio de los años 1976 y 1977 respectivamente.

ENSAYO DE CALEFACCIÓN CON GAS

A partir de los datos obtenidos sobre los niveles de contaminación producidos por el método tradicional de defensa contra las heladas, se efectuaron ensayos usando gas como combustible.

Se debe tener en cuenta que el uso de gas para defensa contra las heladas es novedosa para Mendoza, aunque no lo es para otros países. En EE.UU. se emplea esta técnica en algunas propiedades de la zona productora de manzanas.

Los ensayos efectuados fueron de carácter prospectivo, tendientes a determinar si el calor generado por los calefactores produciría una elevación de la temperatura ambiente suficiente para obtener un balance calórico positivo.

La primera etapa del ensayo, realizada en San Rafael, abarcó desde el desarrollo del calefactor, uso de gas envasado en garrafas de 45 kilos y medición con termómetros digitales de la fluctuación de las temperaturas.

Esta etapa permitió detectar algunos problemas técnicos como son el congelamiento de las garrafas y modificar el diseño del calefactor. No se produjo humo de la calidad y cantidad observado en la técnica tradicional, por lo cual se puede inferir que el índice de contaminación es menor. Los datos obtenidos fueron:

Diferencia máxima de temperatura con respecto al testigo (sin calefacción): $4,9^\circ\text{C}$

No hubo viento.

El consumo total de gas fue de 97 kg provisto por 4 garrafas de 45 kg. Promedio de consumo por calefactor: 1,126 kg/hora.

Cada calefactor entregó 10.173 kcal/hora.

Cantidad de calefactores utilizados: 15.

La segunda etapa se realizó en el departamento de Tupungato, en un monte de manzanas de 9 años que cubría una superficie de 8.000 m^2 . Se mejoró el diseño de los calefactores, y el gas fue provisto por 25 garrafas de 45 kg cada una. En esta experiencia los datos obtenidos fueron:

La diferencia térmica luego de 4 días de medición, varió entre $3,5^\circ\text{C}$ y 4°C .

No se solucionó el problema de congelamiento de garrafas y cañerías.

No se observó emisión de humo.

El consumo promedio de cada calefactor alcanzó a 1,100 kg/hora.

Cantidad de calefactores utilizados: 100.

La tercera etapa realizada en San Carlos no arrojó resultados ya que en el año de la experiencia (1994) no se registraron temperaturas lo suficientemente bajas para evaluar esta nueva técnica.

La cuarta etapa fue la que arrojó los datos más contundentes, ya que abarcó una temporada completa, con calefactores perfeccionados y en una superficie de 1 ha de ciruelos ubicada en una propiedad del departamento de Tunuyán.

La propiedad elegida presentaba las condiciones favorables para la producción de heladas, ya que la parcela se ubicaba en un bajo, sin cortinas forestales que evitaran el ingreso de aire frío desde el sur. Algunas mediciones se realizaron con suelo seco y otras habiendo regado. En cuarteles aledaños se efectuó la defensa tradicional (testigo) quedando una mezcla de aserrín y gas-oil colocada en bolsas de polietileno.

Las mediciones de temperaturas de este ensayo se tomaron a 1,50 m y 0,30 m en las variables suelo seco y húmedo, siendo constante la densidad de plantación, aunque la especie frutal varió.

La temperatura del área testigo descendió hasta $-6,7^{\circ}\text{C}$ durante 2 horas aproximadamente.

En ninguna de las etapas del ensayo se realizaron mediciones de contaminación ambiental, aunque a simple vista se pudo comprobar que la combustión en los calefactores era completa; y se puede inferir que los gases de combustión son los que produce un calefactor infrarrojo común de uso doméstico (sería necesario realizar la medición de este parámetro).

A modo de ejemplo se muestra la variación de temperaturas entre los métodos de calefacción tradicional y con uso de gas y diferentes puntos de rocío (Figura 1 y Figura 2).

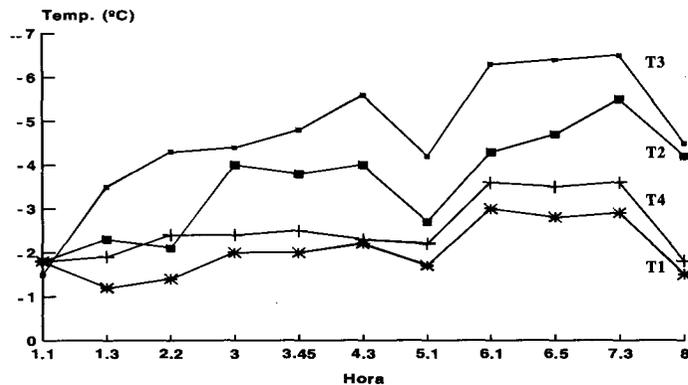


Figura 1. Variación de la temperatura para un monte de ciruelos (6m x 3 m) de 5 años, suelo seco con calefactores (12m x 5m), punto de rocío: $-8,7^{\circ}\text{C}$. Testigo (T1), a gas (T2 y T3) y tradicional (T4).

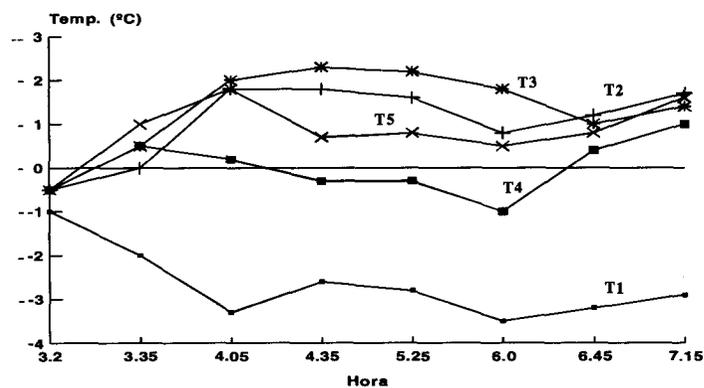


Figura 2. Variación de la temperatura para un monte de manzano (6m x 3 m) de 5 años, suelo húmedo con calefactores (12m x 5m), punto de rocío: $-2,9^{\circ}\text{C}$. Testigo (T1), a gas (T2, T3 y T5) y tradicional (T4).

CONSIDERACIONES FINALES

Del análisis de los datos obtenidos se puede asegurar que el método tradicional de defensa contra heladas produce alta contaminación, evidenciada por el método gravimétrico y reforzada por el hecho de que supera la sensibilidad del método reflectométrico en la mayoría de los casos.

Si fuera correcto aceptar que existe una cantidad de hollín mayor cuanto mayor es el valor gravimétrico, que la combustión se mantiene incompleta en forma constante, que no existen cambios en la velocidad ni en la dirección del viento, y que la temperatura y humedad relativa no sufren cambios durante la medición, los valores máximos de hollín superarían en un 5300% los valores del testigo. Este dato, de ser corroborado por reflectometría, demostraría lo ambientalmente inadecuado que resulta la práctica de defensa activa contra las heladas empleando recipientes reciclados o no diseñados para calefacción.

La primera respuesta es que de acuerdo con la marcha de las temperaturas registradas en las distintas etapas y fundamentalmente a la última, es una técnica que puede ser incorporada sin temor por los productores ya que el calor suministrado supera al perdido por irradiación en la fórmula de balance calórico.

De los datos transcriptos y de las planillas anexas es elocuente que la contaminación por combustión incompleta alcanza valores importantes en las determinaciones gravimétricas. Las determinaciones por reflectometría en la mayoría de los casos no se pudieron realizar porque los valores registrados salían de escala.

Ahora bien, el proceso productivo debe terminar con la venta de producción en los mercados consumidores de productos frescos e industrializados. Si existe una alta probabilidad de que se produzca una helada tardía es menester defenderse, pero de la mejor manera posible. Los productores deben recapacitar en cuanto al menos tres consejos:

1. Efectuar una correcta defensa pasiva.
2. Utilizar en casos de necesitar defensa activa, calefactores con diseño apropiado.
3. Incorporar el uso de otros combustibles menos contaminantes, como es el gas.

En el momento que un país consumidor determine que a los productos que hayan sufrido contaminación por hollín no les será permitido el ingreso, Mendoza quedará postergada una vez más.

En cuanto al ensayo de defensa usando gas como combustible, dejó varias respuestas que aparecen como interesantes, pero que no agotan el tema.

-El manejo de la intensidad calórica puede variarse a voluntad y de manera sencilla. El gas puede ser almacenado en grandes recipientes que con una simple llave abren o cortan el suministro; cada calefactor tiene su llave independiente con lo que se puede sectorizar la calefacción.

-El encendido, que se puede automatizar es muy rápido y el apagado, instantáneo, lo que significa ahorro de combustible. A esto último hay que agregar la inexistencia de humo, emisión que con la técnica tradicional se prolonga hasta el enfriamiento del combustible pesado o semipesado.

-La velocidad de reposición del combustible consumido es rápida (la realiza un camión), limpia, y seguramente se podrá disponer de recipientes de reservas para el caso de consumos fuera de lo normal.

-No existe una contaminación por hollín como ocurre con la técnica tradicional y, para completar esta respuesta, sería necesario efectuar las mediciones correspondientes.

Es lógico pensar que existen inconvenientes que se centran hoy en un costo superior inicial de instalación fija y semifija. Algún productor podrá decir que la instalación semifija es un inconveniente para labores culturales una vez avanzada la primavera, pero hay que entender que esta técnica no se puede aplicar aislada de otras que con un tiempo redundarán en los tan buscados réditos económicos.

Una simple técnica de complemento a la defensa activa con cualquier tipo de combustible, es la práctica de labores culturales que se denominan defensa pasiva.

BIBLIOGRAFÍA

- CACERES A. Y G. DANITZ, 1993. Informe técnico sobre evaluación de contaminación del aire de un artefacto utilizado para combatir heladas, solicitado por DIPAC Dirección de Saneamiento y Control Ambiental 224/D/93.
- DI CATALDO J. Y S. SIMONELLI, 1994. Programa de pronóstico y alerta contra las heladas. Defensa contra heladas mediante calefactores a gas. Convenio DIPAC - YPF Gas.
- FLORES, A.L., 1993. La lucha contra las heladas y el medio ambiente. II Jornadas Nacionales de Defensa Contra Heladas. Primer Seminario Internacional. Mendoza, 26 al 28 de mayo 1993.
- RUIZ, J.J., P. DANITZ Y G. DANITZ, 1978. Contaminación atmosférica en el Gran Mendoza. Análisis y conclusiones de ocho años de muestreos. Incluido en el presente libro.

Contaminación sonora en el microcentro de Mendoza

SUSANA M. LUNA, R. MIERAS, A. CÁCERES Y G.A. DANITZ
Dirección de Saneamiento y Control Ambiental

RESUMEN

Se registró el nivel de ruidos de la ciudad de Mendoza para el año 1988. Para ello se establecieron 92 sitios de medición. Se utilizó el índice de ruido (Lx), estableciéndose cinco niveles: L99, L90, L50, L10 y L1. Se concluye que Mendoza es una ciudad ruidosa con registros que alcanzan los 92 dBA.

ABSTRACT

Noise contamination in downtown Mendoza. Observations after one year sampling

The levels of noise contamination were registered for downtown Mendoza during the year 1988. With this object there were established 92 measuring points. The index used was that of noise (Lx), establishing five noise levels L99, L90, L50, L10 and L1. It was concluded that Mendoza is a noisy city, with records that reach the 92 dBA.

INTRODUCCIÓN

El ruido medido en áreas urbanas es de carácter variable y mayoritariamente generado por el tránsito vehicular.

El problema fundamental de la contaminación en el sector urbanizado se debe principalmente a las fuentes móviles. Se ha demostrado que el ruido de tránsito es de carácter aleatorio y sigue en general una distribución gaussiana. En caso de un ruido de carácter continuo, fácilmente se puede establecer la sonoridad, el índice de incomodidad e indicar pautas, no así en los de tipo variable como el que nos ocupa.

A ello se suma el hecho de que la ciudad está desarrollada teniendo como eje principal, un par de avenidas en el sentido N- S, con una alta concentración poblacional en el microcentro.

El ruido de los vehículos es producido fundamentalmente por el motor, el caño de escape y la fricción causada por el contacto de los neumáticos con el suelo y el frenado de los mismos.

Mediante la medición del nivel de ruido en decibeles podemos establecer una relación con la molestia en viviendas, la que toma varios aspectos, tales como la interferencia en las condiciones de descanso o sueño de las personas, dificultad en la comunicación verbal y otros grados de molestias.

El ruido potencia los efectos del estrés, pudiendo causar además de sordera, trastornos variados como disminución de la agudeza visual, aumento de la frecuencia cardíaca y la tensión muscular, etc.

MATERIAL Y MÉTODO

En el año 1988 se efectuaron 92 mediciones en diferentes puntos del microcentro, abarcando aproximadamente 60 manzanas; los límites de la zona muestreada fueron: al norte las calles Godoy Cruz y Córdoba, al este, calle Salta, al sur las calles Rondeau y Pedro Molina, y al oeste la calle Patricias Mendocinas. El ensayo se realizó con medidores de nivel sonoro Atronix N° 42 y N° 13 en respuesta lenta y en red de ponderación «A». Se consideraron como representativos los valores del 10% y 90% del tiempo.

Para expresar los niveles sonoros se utilizó el Índice de Ruido, designado Lx, el que además de ofrecer información del conjunto de datos recogidos, da la posibilidad de determinar la variación de la presión sonora a la que se ve sometido el oído humano.

Los valores obtenidos fueron categorizados según:

- L1: niveles sonoros superando el 1% del tiempo de medición.
- L10: niveles sonoros superando el 10% del tiempo de medición.
- L50: niveles sonoros superando el 50% del tiempo de medición.
- L90: niveles sonoros superando el 90% del tiempo de medición.
- L99: niveles sonoros superando el 99% del tiempo de medición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se observan los registros sonoros según las categorías establecidas. Los ruidos ubicados en la categoría L99 y L90 alcanzan registros de 68-72 dBA, que significan aproximadamente el 25% de los ruidos medidos, con ocurrencia hacia el mediodía y al atardecer, en ambos casos coincidente con la salida del comercio; con valores máximos de hasta 73 dBA. Por otra parte, los ruidos de la categoría L1, el 30% corresponden a registros de 86-88 dBA, con máximos de 92 dBA, y principalmente hacia el mediodía.

En la Tabla 1 se muestra la densidad vehicular por hora para la esquina Lavalle y San Juan (esquina de alta intensidad de tránsito). Los meses invernales (abril-junio) concentran la mayor densidad vehicular, alcanzándose más de 2000 vehículos/hora.

Tabla 1. Densidad vehicular por hora en esquina de alta intensidad de tránsito vehicular (Lavalle y San Juan) en el año 1988.

Meses	Prom. vehíc./h	Máx.	Mín.	Prom.micr./h	Máx.	Mín.
Enero	1057	1248	924	210	236	184
Febrero	900	900	900	184	184	184
Marzo	1386	1584	924	216	264	188
Abril	1419	2228	1080	229	320	176
Mayo	1592	1996	1416	232	284	188
Junio	1543	1776	1436	188	224	172
Julio	1070	1480	768	206	228	180
Agosto	1377	1572	1216	230	256	172
Setiembre	1458	1584	1332	228	240	216
Octubre	1415	1644	1264	227	256	196
Noviembre	1497	1660	1264	222	252	200
Diciembre	1355	1608	1088	219	240	196
Medio	1339	1606	1134	216	249	188

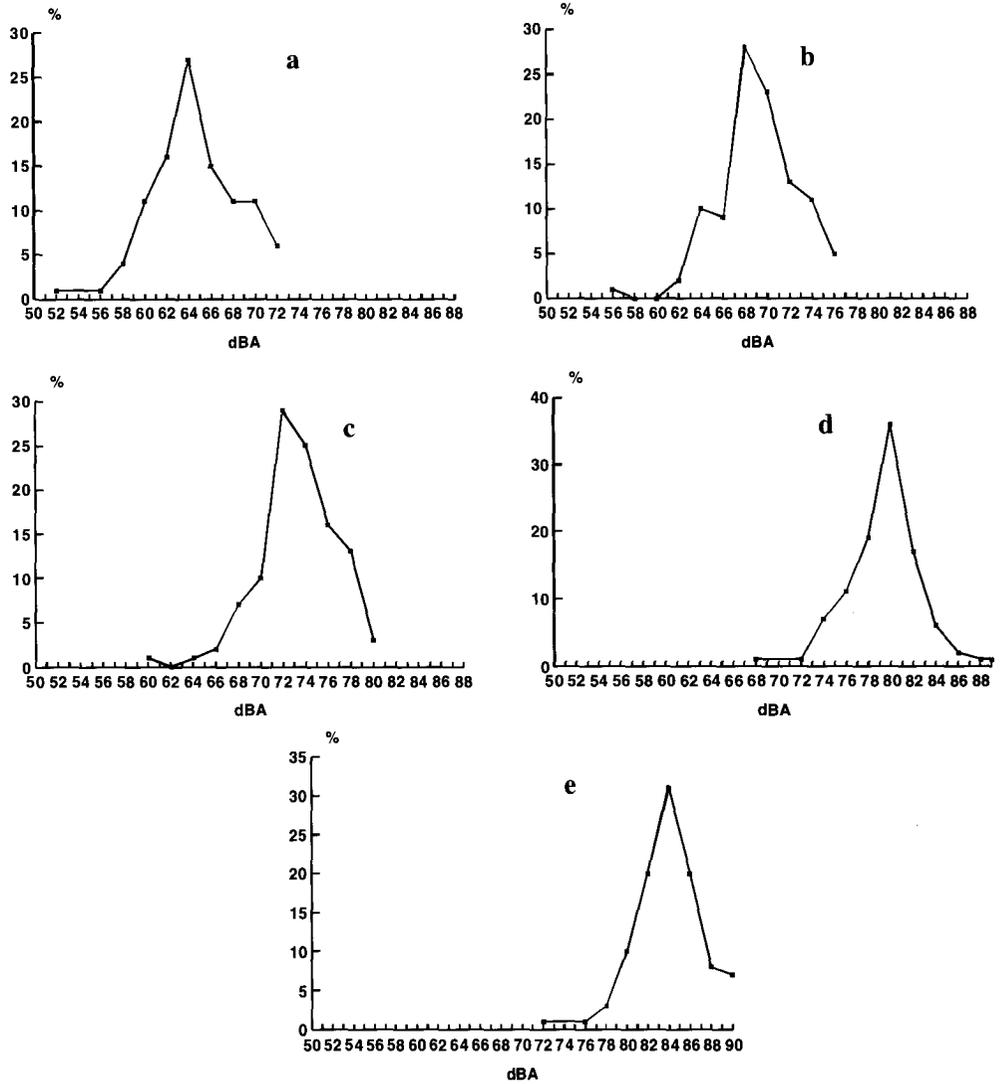


Figura 1. Registros sonoros en decibeles, por categoría: a- L99, b- L90, c- L50, d- L10, e- L1.

Las Areas Protegidas de Mendoza. Su relación con la conservación

ANTONIO D. DALMASSO*, E. MARTÍNEZ CARRETERO*, F. VIDELA** y M. DELUGAN*

*Botánica y Fitosociología, IADIZA, CC 507, 5500 Mendoza

**Ecología Animal, IADIZA, CC 507, 5500 Mendoza

RESUMEN

Se presenta una visión global de las áreas protegidas de Mendoza, la importancia de las mismas en la conservación biológica *in situ* y la necesidad de integrar a las comunidades locales en la tarea de gestión. Se realiza una breve descripción de cada una de ellas. Se propone la creación de áreas protegidas mixtas (estatal/privada) que permitirán incorporar a la protección sitios de interés (biológico, arqueológico, paisajístico, etc.).

ABSTRACT

The protected areas of Mendoza. Their function in the conservation

A global vision is presented of the protected areas in Mendoza, and their signification for *in situ* biological conservation, as well as the need to integrate the local communities to the work. Each area is briefly described. The creation of protected mixed areas (state/private) is proposed, and they will permit to also protect sites of biological, archeological, interest.

INTRODUCCIÓN

Las Areas Protegidas son superficies representativas de ecosistemas seleccionados por el hombre para su protección y conservación, por poseer características relevantes en cuanto a su biodiversidad, valor escénico, uso recreativo, riqueza genética, siendo un patrón de referencia útil en relación con ambientes similares degradados.

La degradación de los recursos naturales y la contaminación ambiental, requieren de testigos o parámetros de comparación que permitan evaluar el grado de alteración respecto de los valores normales. Al ser las áreas protegidas muestras representativas de unidades biogeográficas, el conocimiento que de ellas se obtenga puede ser extrapolado a áreas significativamente mayores. Las áreas protegidas vienen a significar la unidad de referencia a través de la cual se pueden detectar, en los ambientes modificados, los daños ambientales o el grado de alejamiento de un estado natural deseable. Entre los impactos más notables en los ecosistemas naturales, se observan el sobrepastoreo, tala indiscriminada, extracción de fauna, incendios, etc.

En la década del 80 existió una gran presión internacional que promovió la creación de nuevas áreas protegidas y la ampliación de las existentes en aquellos países que carecían de ellas, o donde por falta de protección importantes ecosistemas estaban siendo deterio-

rados. En la provincia de Mendoza hasta 1980 sólo existía un área protegida (Ñacuñán), en la década del 80 se crea el 67% del total de las reservas existentes, mientras que en la década del 90 solamente se crearon dos, una de ellas municipal.

A partir de las reuniones internacionales sobre el ambiente se hizo hincapié en que el desarrollo está indisolublemente ligado a la conservación de la naturaleza y de los recursos naturales (UICN *et al.*, 1991). El desarrollo sostenible surge como el paquete tecnológico capaz de mitigar la pobreza, además de permitir satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para cubrir las propias.

En la reunión sobre la Estrategia Mundial para la Conservación de la Naturaleza se fijaron tres grandes objetivos para revertir el estado de degradación de los ecosistemas:

- mantener los procesos ecológicos esenciales y los sistemas que sustentan la vida
- preservar la diversidad genética
- asegurar el carácter sostenible de cualquier especie o ecosistema.

Las áreas protegidas, en su triple función de **protección-conservación** (mediante el uso sustentable)-**transferencia** (educación, recreación, etc.), coadyuvan a alcanzar los preceptos enunciados.

En América Latina y el Caribe las áreas naturales protegidas abarcaban hasta 1980 sólo 350.000 km², que significaban menos del 2% de la superficie regional. En la Argentina, el crecimiento en número y superficie de estas áreas de jurisdicción provincial fue exponencial hasta finalizada la década del 80, decenio en el cual se da el mayor crecimiento (Adm. Parq. Nac., 1991). En Mendoza, con sus 9 áreas protegidas, todas de carácter provincial, se alcanza una superficie de 6.962,82 km², es decir el 4,7% del total de la superficie mendocina, levemente superior a la media del país con 4,3%.

Ya en el año 1896 Mendoza fue pionera en la tarea de conservación, a través de la sanción de la Ley 39 Sobre plantación y fomento de bosques, y en 1937 mediante la Ley 1230 de Defensa de la fauna autóctona.

En Buenos Aires, en 1986, se constituye la Red Nacional de Cooperación Técnica en Areas Protegidas, a la cual se adhiere la provincia de Mendoza (Decreto 209/90). En agosto de 1993 se sanciona en Mendoza la Ley 6045, de Areas Naturales Provinciales, a partir de la cual se adoptan las ocho categorías de áreas protegidas sugerida por la UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza), ampliada a trece en la legislación mendocina, de acuerdo con el interés regional y local.

Entre las actividades más importantes que se realizan en las áreas protegidas se puede mencionar el turismo educativo (ecoturismo), la investigación, el manejo y generación de técnicas de aprovechamiento y fundamentalmente la permanente acción de transferencia. Esta última significa un gran desafío para revertir el estado de deterioro en que se encuentran las áreas circundantes a las reservas.

En la constitución de áreas protegidas se debe evaluar la forma en que puede realizarse una adecuada correlación entre ésta y la población local (Ezcurra, 1983); esto es debido fundamentalmente a la presión antrópica creciente sobre los recursos naturales, lo que exige una activa participación de los pobladores para su efectiva conservación. Algunos países han formulado una legislación especial para estas áreas, como el caso de India, en la que se prevé especialmente la incorporación de la población local en la dirección, monitoreo y control de las actividades de las reservas (Jayal y Lauche, 1983).

Las áreas protegidas cumplen una función relevante en la conservación *in situ* de la diversidad genética de especies nativas de valor potencial. Numerosas especies, algunas de importancia local, están en riesgo de desaparición por la presión de uso, modificación de hábitats, por competencia con especies exóticas introducidas, etc. Por ejemplo, *Asarina antirrhiniflora*, especie anfitropical desconocida en Mendoza, apareció en la Reserva Divisadero Largo, luego de dos años de clausura que evitó la acción del pastoreo (Martínez Carretero y Roig, 1994).

El ecoturismo, turismo natural, promueve la conservación y el desarrollo sostenido. Lo hace generando recursos económicos para las áreas protegidas y las comunidades aledañas, creando programas de educación ambiental para turistas y la población local (Boo, 1993). Esto se resuelve en el marco del conocimiento cultural local, para lo cual se

deben involucrar las poblaciones, de manera de lograr un mínimo impacto ambiental y un mayor beneficio socio-económico para los lugareños (Ceballos-Lascuráin, 1993).

El Convenio sobre Biodiversidad de Río, Brasil, en 1992, firmado por 156 países, contempla garantizar los resultados y beneficios de la investigación de recursos genéticos para que sean distribuidos equitativamente entre quienes lo desarrollan y el país de donde provienen. Es decir, se busca preservar la diversidad biológica, el uso sostenible de sus componentes y la participación equitativa en los beneficios (Kiwín, 1994).

La importancia de la biodiversidad deriva no sólo del papel que ha desempeñado en la supervivencia de la gran mayoría de las etnias conocidas y en el desarrollo de la economía mundial actual (basada en la explotación de los recursos naturales), sino también de las posibilidades de uso (industrial, farmacológico, alimenticio) de numerosas especies nativas. Es necesario conocer la biodiversidad, el valor de las especies, propender a su conservación *in situ* y determinar el uso sostenible de los recursos. Para que esto se implemente, los países subdesarrollados deberán acordar aspectos financieros, patentes, derechos de propiedad intelectual y beneficios, en relación con el banco de genes y los desarrollos biotecnológicos. Paralelamente son necesarias políticas de protección del Patrimonio Natural y Cultural de cada país.

LAS AREAS PROTEGIDAS DE MENDOZA

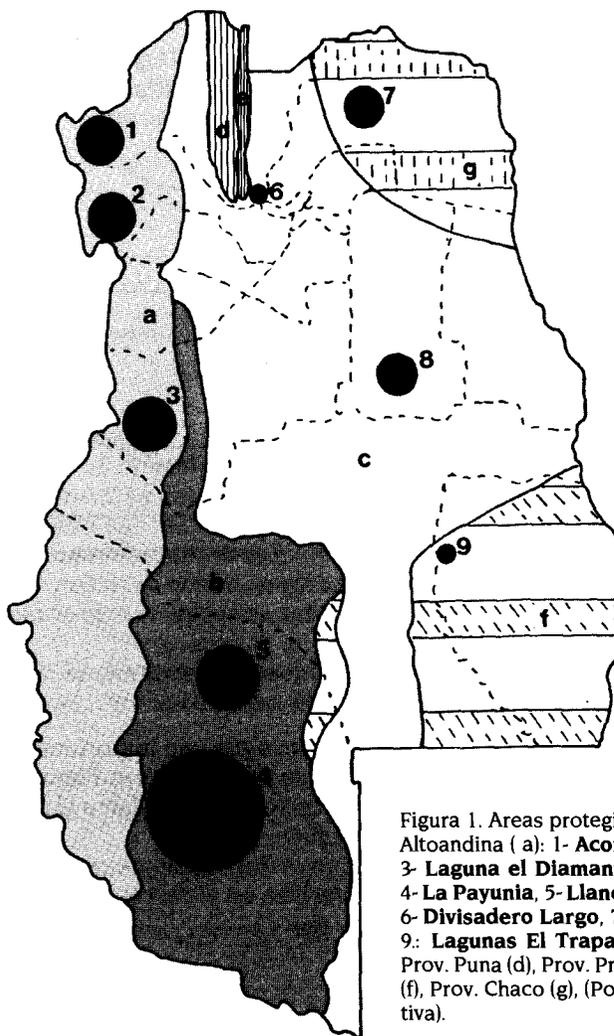


Figura 1. Areas protegidas de Mendoza. Prov. Altoandina (a): 1- **Aconcagua**, 2- **Tupungato**, 3- **Laguna el Diamante**; Prov. Patagonia (b): 4- **La Payunia**, 5- **Llacanelo**; Prov. Monte (c): 6- **Divisadero Largo**, 7- **Telteca**, 8- **Nacuñán**; 9: **Lagunas El Trapal** (Bañados del Atuel), Prov. Puna (d), Prov. Prepuna (e), Prov. Espinal (f), Prov. Chaco (g), (Posición y superficie relativa).

En Mendoza están presente siete provincias fitogeográficas: Altoandina, Puna, Prepuna, Patagonia, Monte, Chaco y Espinal. Cada una de ellas con especies y paisajes propios, abarcando una importante diversidad florística-faunística y riqueza escénica que es necesario conservar. Cuatro de estas unidades biogeográficas poseen ambientes protegidos (Figura 1), restando aún la Puna, Prepuna (Cardonal), Chaco y Espinal.

La Dirección de Recursos Naturales Renovables es la institución responsable de la aplicación de la Ley 6045 y de la administración de las áreas protegidas, estando reservadas para el Instituto Argentino de las Zonas Áridas (IADIZA) las actividades científicas.

PARQUE PROVINCIAL ACONCAGUA

Ley 4807 del 28 de abril de 1983

Superficie: 71.000 ha

Precipitación media anual: 265 mm (el aporte de agua es mayor, debido a las precipitaciones nibeas).

Este parque protege un importante sector de los altos Andes Centrales, ubicándose allí el C° Aconcagua (6959 msm).

La fisonomía dominante es la de pastizal semiabierto, con matorrales de pequeña extensión, sobre conos de deyección (Figura 2).

La flora es exclusivamente altoandina, dominando *Poa holciformis*, *Tropaeolum polyphyllum*, *Adesmia pinnifolia*, *Adesmia subterranea*, y en las vegas *Gentianella magellanica* y *Werneria pygmaea* entre otras.

La fauna en general es más pobre que en otras áreas protegidas; la más conspicua está integrada por anfibios: *Bufo spinulosus*, reptiles: *Liolaemus fitzgeraldi*, aves: *Vultur griffus*, *Thinocorus orbignyana*, mamíferos: *Akodon puer*, *Phyllotis darwini*, etc.

En el modelado actual dominan los procesos criogénicos.

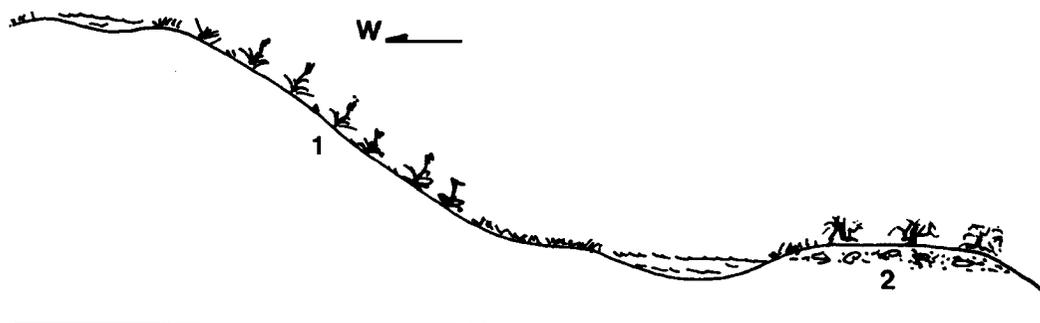


Figura 2. Esquema fisonómico en Laguna de los Horcones. 1. *Tropaeolum polyphyllum*, 2. *Adesmia remyana*

PARQUE PROVINCIAL VOLCÁN TUPUNGATO

Ley 5026 del 11 de setiembre de 1985

Superficie: 70.000 ha

Constituye junto con el Parque Provincial Aconcagua una importante superficie protegida del ecosistema altoandino. En este parque se ubica el Cerro Tupungato (6820 msm).

Los aspectos fisonómico, florístico y faunístico son muy similares al Parque Aconcagua, presentando variaciones propias que lo distinguen.

La información disponible sobre este parque es muy escasa, siendo necesario efectuar inventarios de flora, fauna, paisajes, etc. que deriven en el correspondiente plan de manejo.

AREA NATURAL PROTEGIDA PROVINCIAL LAGUNA DEL DIAMANTE

Ley 6200 del 10 de agosto de 1994

Superficie: 31.370 ha

Ubicación: 34°10' Lat. S y 69° 41' 30" Long. W

Precipitación media anual: 500 mm (incluyendo los registros níveos)

Fisonómicamente domina una estepa arbustiva baja y muy abierta, sobre suelos superficiales, congelados gran parte del año. En las vegas, en áreas reducidas, asociadas a afloramientos de agua se presenta una fisonomía de pastizal bajo y denso (Figura 3).

En la flora se destacan los elementos altoandinos, en contacto con elementos patagónicos. *Adesmia pinnifolia*, *Poa holciformis*, *Verbena uniflora*, *Azorella nucamantacea*, *Stipa chrysophylla*, *Pernettya mucronata*, *Crushankia glacialis*, etc. *Oxychloe andina* y *Festuca kurtziana*, dominan en las vegas.

En la fauna *Liolaemus elongatus*, *Liloaemus bibroni* (reptiles), *Muscisaxicola flavinucha*, *Chloephaga picta* (aves), *Lama guanicoe* (mamífero) y micromamíferos: *Akodon xanthorhinus* y *A. longipilis*, entre otros.

El modelado responde a procesos criogénicos, de erosión hídrica y eólica.

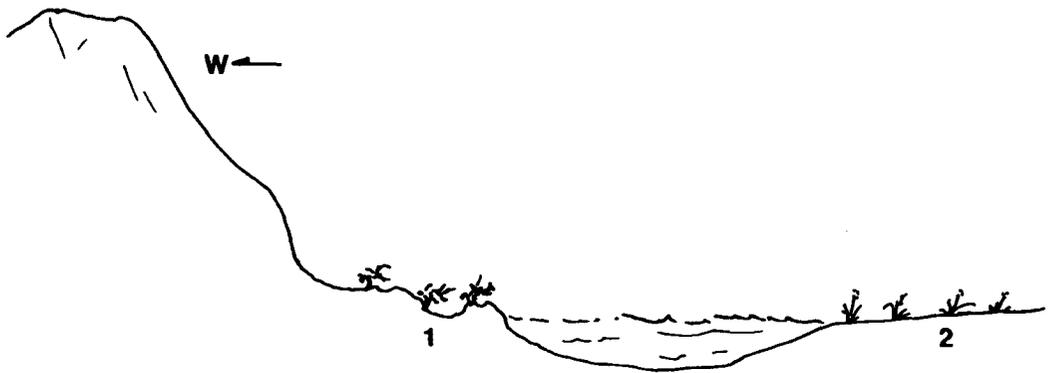


Figura 3. Esquema fisonómico Volcán Diamante-Laguna el Diamante. 1. *Adesmia horrida* en escorias volcánicas, 2. *Poa holciformis*

RESERVA TOTAL DE LA PAYUNIA

Decreto 3917 del 28 de octubre de 1982.

Ubicación: 36°00'-36°36' Lat.S. y 68°34'-69°23' Long.W.

Superficie: 442.996 ha (192.996 ha de tierras fiscales, 250.000 ha de dominio privado).

Precipitación media anual: 200 mm.

En esta área se destacan dos fisonomías, una de pastizales en suelos arenosos profundos y otra de matorrales en escorias volcánicas y en piedemontes locales de volcanes y cerros (Figura 4).

Florísticamente se destaca la presencia de especies patagónicas: *Stillingia patagónica*, *Pantacantha ameghinoi*, *Perezia recurvata*, *Mulinum spinosum*, *Anarthrophyllum rigidum*, en con-

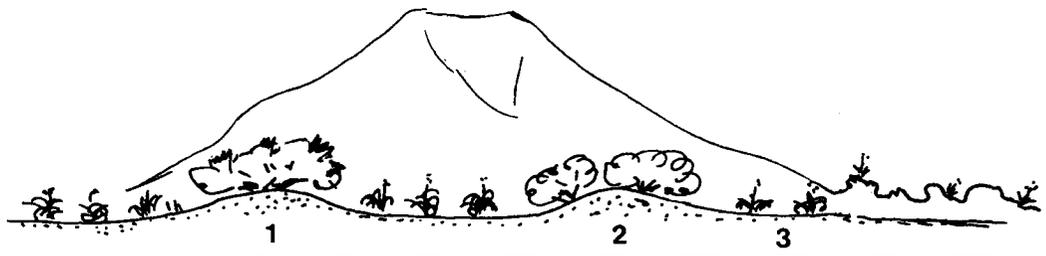


Figura 4. Perfil fisonómico. 1. *Ephedra ochreatea*, 2. *Neosparton aphyllum*, 3. *Stipa speciosa*

tacto con las del Monte: *Larrea divaricata*, *Condalia microphylla*, *Berberis grevilleana*, *Bougainvillea spinosa*, *Prosopidastrum globosum*, etc.

La fauna de la región es muy homogénea y con marcada diferenciación con regiones vecinas. Entre las especies destacables se pueden mencionar *Pleurodema bufonina* (anfibio), *Phymaturus patagonicus payuniaie*, *Liolaemus austromendocinus* (reptiles), *Oreopholus ruficollis* (aves), *Lama guanicoe*, *Lagidium viscacia*, etc. (mamíferos).

Geomorfológicamente domina el modelado volcánico, destacándose los volcanes Payún Matrú (2950 msm) y Payún Liso (3680 msm). Desde 1991 cuenta con plan de manejo.

RESERVA FAUNÍSTICA LLANCANELLO

Decreto 9 del 7 de enero de 1980

Superficie: 40.000 ha.

Ubicación:

Precipitación media anual: 200 mm.

El gradiente de salinidad, creciente hacia la laguna, condiciona diferentes unidades de vegetación. En general se pueden indicar dos grandes fisonomías, una de matorral alto semicerrado sobre suelos salinos con freática profunda, y otra de estepa herbácea semicerrada y de baja altura, en suelos salinos con freática cercana (Figura 5).

Florísticamente dominan comunidades edáficas, con especies halófilas como *Distichlis spicata*, *D. scoparia*, *Allenrolfea vaginata*, *Suaeda divaricata*, *Sarcocornia ambigua*. En las partes altas salinas se encuentra *Chuquiraga histrix*, *Lycium patagonicum*, *Lycium gilliesianum*, *Verberna ligustrina*, etc.

Este espejo de agua constituye un humedal muy importante, que actúa como eslabón en la ruta de numerosas aves migratorias (*Calidris* spp, entre otras), y como valioso banco genético. Entre las aves *Phoenicopterus chilensis*, *Coscoroba coscoroba*, *Egretta alba*, *Cygnus melancoriphus*; además de *Myocastor coipus* (mamíferos de hábito acuático) y del pejerrey patagónico *Odontesthes microlepidotus*. Se encuentran reptiles como *Philodryas patagoniensis* y mamíferos: *Lagostomus maximus* y *Zaedyus pichi*.

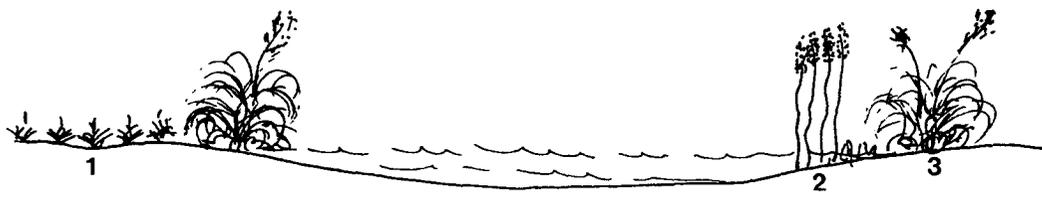


Figura 5. Perfil fisonómico en Laguna Llanquanello. 1. *Distichlis spicata*, 2. *Phragmites australis*, 3. *Cortaderia rudiusscula*

RESERVA DIVISADERO LARGO

Ley 4902 del 28 de octubre de 1983

Superficie: 492 ha.

Precipitación media anual: 200 mm.

Fisonómicamente se observan dos situaciones, una coincidente con la cubierta cuarteria donde aparece un matorral semicerrado con un estrato herbáceo mas o menos continuo; y otra asociada a los afloramientos rocosos y laderas muy erosionadas (terciarias y triásicas), con un matorral muy abierto y empobrecida de herbáceas (Figura 6).

En la flora dominan los elementos del Monte, con especies como *Larrea cuneifolia*, *L. divaricata*, *Bougainvillea spinosa*, *Aloysia gratissima*, *Trichocereus candicans*, *T. strigosus*, etc.

En la fauna se puede mencionar *Cnemidophorus longicaudus*, *Bothrops ammodytoides* (reptiles), *Zenaida auriculata*, *Pseudoseisura lophotes* (aves) *Graomys griseoflavus*, *Akodon molinae* (mamíferos).

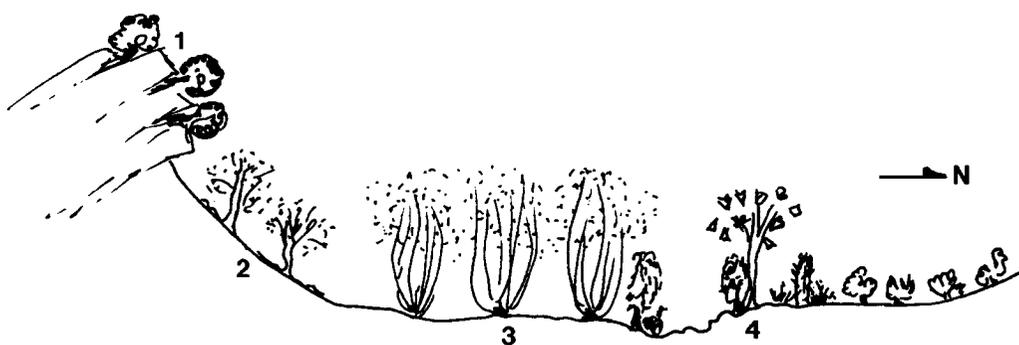


Figura 6. Aspecto fisonómico en proximidades del cerro Divisadero. Largo. 1. *Dolichlasium lagascae*, 2. *Cercidium praecox*, 3. *Larrea divaricata*, 4. *Proustia cuneifolia*.

Existe un modelado tectónico que permite aflorar prácticamente completas las series triásicas y terciarias. Estos materiales han sido remodelados por erosión hídrica.

La ubicación del área facilita la realización de estudios de manejo de cuencas aluvionales.

RESERVA FLORÍSTICA Y FAUNÍSTICA TELTECA

Ley 5061 del 26 de noviembre de 1985

Superficie: 20.400 ha.

Ubicación: 32°23'27" Lat.S. y 68°01'30" Long.W.

Fisonómicamente es un bosque muy abierto con arbustos, con un estrato herbáceo escaso, en suelos arenosos (Figura 7).

La flora pertenece a la provincia fitogeográfica del Monte, destacándose especies como *Prosopis flexuosa* var. *flexuosa*, *Capparis atamisquea*, *Bulnesia retama*, *Larrea divaricata*, *Prosopanche americana*, *Geoffroea decorticans*, entre otras. Se observa la penetración de elementos del Chaco: *Mimosa ephedroides*, *Mimozyanthus carinatus*, *Commelina erecta* var. *hamifila*, etc.



Figura 7. Perfil fisonómico en proximidades puesto Telteca. 1. *Panicum urvilleanum*, 2. *Geoffroea decorticans*, 3. *Prosopis flexuosa*.

Desde el punto de vista faunístico se encuentran especies del Monte: *Teius teyou*, *Bothrops newwiedi diporus* y *Chelonoidis chilensis* (reptiles), *Athene cunicularia*, *Rhinocrypta lanceolata* (aves) y *Dusicyon griseus*, *Puma concolor* y *Conepatus chinga* (mamíferos). Entre los elementos del Chaco se destacan *Chunga burmeisteri* y el muy escaso *Pecari tajacu*.

El modelado responde a formaciones medanosas eólicas de hasta 15 m de altura, que alternan con intermedanos medianamente salinos.

RESERVA ECOLÓGICA ÑACUÑÁN

Ley 2821 del 19 de julio de 1971

Ubicación 34°03 S- 68°58 N

Superficie: 12.880 ha.

Precipitación media anual: 326 mm.

Fisionómicamente presenta dos tipos de vegetación: un bosque abierto de Algarrobo característico de la llanura este, y una estepa arbustiva de altura variable rica en herbáceas. Existen también médanos fósiles (Figura 8).

La flora es típicamente del Monte, con dominancia de *Prosopis flexuosa*, *Geoffroea decorticans*, *Bulnesia retama*, *Lycium chilense*, *Condalia microphylla*, *Atriplex lampa*, *Tricomaria usillo*, *Trichloris crinita*, *Setaria leucopila*, *Aristida mendocina*, *Sporobolus cryptandrus*, entre otras.

La fauna tiene como representantes más conspicuos, *Pleurodema nebulosa* (anfibio), *Liolaemus darwini*, *Tupinambis rufescens* (reptiles), *Eudromia elegans*, *Poospiza ornata*, *Spiziapteryx circumcinctus* (aves) y *Thylamys pusilla* y *Ctenomys eremophilus* (mamíferos), entre otros.

Geomorfológicamente es una planicie suavemente ondulada con un modelado superficial eólico e hídrico, dando origen a cadenas de médanos (fijos), depresiones y cursos de agua temporarios. Los suelos de origen eólico, profundos y homogéneos, son predominantemente arenosos.

En 1986 se incorpora a la Red Mundial de Reservas de Biósfera (MAB), de UNESCO.

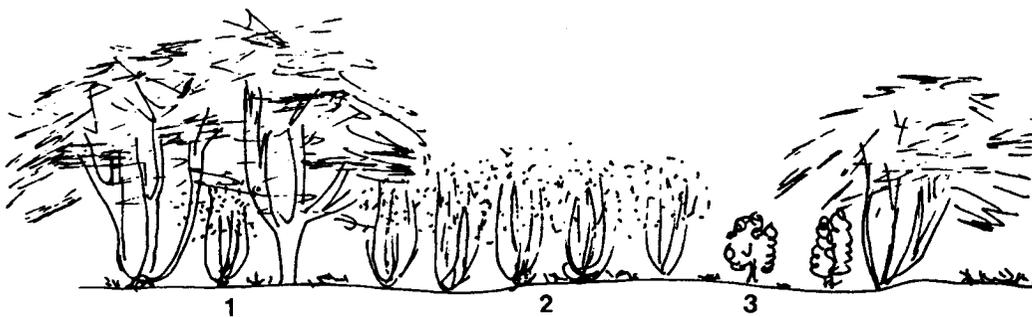


Figura 8. Esquema de la fisonomía general del área. 1. *Prosopis flexuosa*, 2. *Larrea cuneifolia*, 3. *Atriplex lampa*.

RESERVA MUNICIPAL LAGUNAS EL TRAPAL

Ordenanza Municipal 1994 del 21 de noviembre de 1994 (de acuerdo con Ord. 1607/91), Municipalidad de General Alvear.

Superficie: 143,2 ha.

Precipitación media anual: 297 mm

Dos fisonomías dominan el paisaje, una de matorral xérico, semicerrado, en suelo arenarcillosos salinos y otra de bosques asociada a depresiones intermédanos y en riberas de las lagunas (Figura 9).

Florísticamente prevalecen elementos del Monte, con ingresiones de algunos patagónicos. Entre las especies más conspicuas se pueden mencionar *Cyclolepis genistoides*, *Atriplex crenatifolia*, *Baccharis spartioides*, *Lycium chilense* var. *minutifolium*, *Junellia seriphioides*, etc. En el estrato arbóreo *Tamarix gallica*, *Geoffroea decorticans* y *Prosopis flexuosa*, que forman rodales boscosos de pequeña extensión. En la vegetación lacustre son comunes *Phragmites australis*, *Typha domingensis*, *Baccharis juncea*, *Schenoplectus olneyi*, *Chara* aff. *gracilis*, etc.

Entre la fauna se puede citar *Bufo arenarum* (anfibio), *Liolaemus gracilis* (reptiles), *Dolichotis patagonum*, *Myocastor coipus* (mamíferos). La avifauna es la que reviste mayor importancia, entre otras *Fulica* spp., *Podiceps rolland*, *Rallus sanguinolentus* e *Hymenops perspicillata*.

El modelado responde principalmente a procesos de erosión hídrica, paleocauces del Atuel que alimentan lagunas, con estructura meandriformes tipo Oxbow. Entre los meandros se encuentran médanos de origen eólico.

Esta área protege el ecosistema denominado Bañados del Atuel, que integra parte de los humedales de Mendoza. Estos, integrados entre otros por Bañados del Atuel, Laguna Llacanelo, Lag. del Diamante, Lag. Blanca, Lag. de Horcones, etc. constituyen sitios importantes en las rutas migratorias de una rica avifauna.

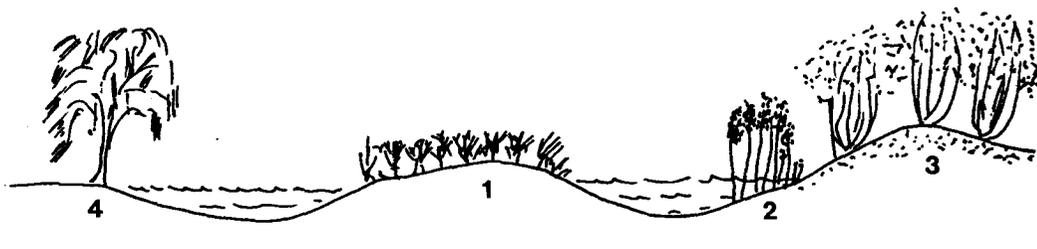


Figura 9. Esquema fisonómico en laguna El Trapal. 1. *Psila spartioides*, 2. *Typha dominguensis*, 3. *Larrea divaricata*, 4. *Tamarix gallica*.

A través de la Ley 5761 del 3 de Octubre de 1991, se determina la **Zona Reserva Ambiental Urbana**, que pretende la protección ambiental del Gran Mendoza, mediante regulación del uso del suelo, siendo el ente de aplicación la Municipalidad de la ciudad Capital.

CONSIDERACIONES FINALES

El Estado viene cumpliendo las funciones de gestión y control del funcionamiento de las áreas protegidas. La demanda creciente de los recursos naturales lleva a plantear un nuevo enfoque en relación a su conservación, donde se coordine el papel de control del Estado sobre los recursos naturales con el beneficio del usufructo por parte de la actividad privada. Esta modalidad, de áreas protegidas mixtas, debería aplicarse en terrenos del sector privado que posean interés desde el punto de vista ambiental. Por ejemplo, los bosquesillos riparios de *Maytenus boaria*, de *Discaria trinervis* y de *Escallonia myrtoidea*, al pie de la vertiente oriental de los Andes mendocinos.

Para una efectiva conservación se requiere avanzar en el conocimiento del potencial de los recursos naturales, sumado a una amplia participación de la población local. Además se debe tener un planteo ético y moral ante la naturaleza, considerando que la supervivencia de la especie humana depende, en gran medida, de la conservación del resto de las especies y ecosistemas.

Las características prístinas o poco intervenidas de nuestras áreas protegidas constituyen un motivo de atracción para numerosas personas que buscan el contacto directo con la naturaleza.

BIBLIOGRAFÍA

- ADMINISTRACION DE PARQUES NACIONALES, 1991. El sistema nacional de áreas naturales protegidas de la República Argentina. Diagnóstico de su desarrollo institucional y patrimonio natural. 127 pág.
- BOO, E., 1993. En: LESA GRIFFITH, 1993: Por las sendas escondidas. Noticias WWF 21 marzo/abril, pág. 13.
- CANDIA, R., S. PUIG, A.D. DALMASSO, F. VIDELA Y E. MARTINEZ CARRETERO, 1993. Diseño del plan de manejo para la Reserva Provincial de La Payunia (Malargüe, Mendoza). Multequina 2: 5-87.

- CEBALLOS-LASCURAIN, H., 1993. en: Lesa Griffith, 1993: Por las sendas escondidas. Noticias WWF 21 marzo/abril, pág. 13.
- DIAZ GUZMAN, J., 1949. Indice general de leyes de la provincia 1896-1946. Ordenado por número y por materia. Mendoza.
- EZCURRA, E., 1983. Planificación del sistema de reservas biosféricas. En: La conservación de naturaleza, ciencia y sociedad. Investigaciones de Recursos Naturales XXI: 64-67.
- JAYAL N.D. Y V.J. LAUCHE, 1983. Legislación para Reservas biosféricas: experiencia de la India. En: La conservación de naturaleza, ciencia y sociedad. Investigaciones de Recursos Naturales XXI: 97-100.
- KIRWIN, J., 1994. Preservar la biodiversidad. Nuestro Planeta 6 (4): 4.
- MARTINEZ CARRETERO E. Y F. ROIG, 1994. *Asarina antirrhiniflora* (Scrophulariaceae), enredadera anfitropical de la Reserva Divisadero Largo, Mendoza. Multequina 3: 3-7.
- UICN, PNUMA y WWF, 1991. Cuidar la Tierra. Estrategia para el futuro de la vida. 258 pág.

El derecho ambiental y la ley general del ambiente de Mendoza

ALDO RODRIGUEZ SALAS

Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda. Gbno. de Mendoza

RESUMEN

Se presenta un análisis crítico del derecho ambiental de Mendoza. Para ello se lo plantea desde tres aspectos, el del sistema estatal y los principios de la política ambiental de Mendoza, del derecho ambiental y las relaciones de competencia entre la nación y las provincias y, finalmente, desde los contenidos de la Ley General del Ambiente.

La primera parte hace referencia a: El sistema estatal. Evolución. La crisis del modelo sectorial. Los principios de la Política ambiental mendocina.

La segunda parte trata el Derecho Ambiental. Concepto. Autonomía. La reforma de la Constitución Nacional y los presupuestos mínimos de protección ambiental. Consecuencias. Reparto de las competencias entre la Nación y las provincias.

La tercera parte se refiere a los contenidos de la Ley General del Ambiente. El Orden Público. Principios de Política Ambiental. El Consejo Provincial del Ambiente, La protección jurisdiccional de los intereses difusos, La Evaluación del Impacto Ambiental. Procedimientos especiales. Régimen de las audiencias públicas.

ABSTRACT

The environmental right and the general law of environment in Mendoza

This work presents a critical analysis of the environmental right in Mendoza, that is posed from three aspects: that of the state system and the principles of the Mendoza environmental policy, that of the environmental right and the competence relations between the nations and the provinces and, finally, from the contents of the General Law of the Environment.

The first part makes reference to the state system, its evolution, the crisis of the sectorial model, the principles of the Mendoza environmental policy.

The second part deals with the Environmental Right, its concept, the autonomy; the reform of the National Constitution and the minimum budgets for environmental protection, the consequences, and the distribution of the competences between the Nation and the provinces.

The third part is referred to the contents of the General Law of the Environment, the public order, the principles of the environmental policy, the Environment Provincial Council, the jurisdictional protection of diffuse interests, the evaluation of the environmental impact, special procedures and the regime of the public audiences.

PRIMERA PARTE

EL SISTEMA ESTATAL

El presente trabajo contiene un comentario de la Ley General del Ambiente N° 5961 de la Provincia de Mendoza. Sin embargo, el desarrollo del mismo está inmerso en una visión sistémica del Estado, en tanto organización por excelencia generadora de instituciones, reglas y leyes a partir de las cuales articula las relaciones entre los subsistemas económico, social y ecológico. Esas instituciones, entre las que se encuentran las ambientales, son las redes que sirven para enlazar y encauzar las relaciones de intercambio económico, social y político entre los subsistemas.

Esas relaciones son interactuantes, produciendo una retroalimentación entre economía, política y sociedad, de modo tal que el cambio en alguna de ellas afecta a las otras. En consecuencia, la norma jurídica del subsistema estatal reflejará estos cambios. Este dinamismo intrínseco justifica que se incluya una explicación sintética de la evolución jurídica de la cuestión ambiental.

EVOLUCIÓN EN MENDOZA. HACIA LA LEY GENERAL DEL AMBIENTE

Este aspecto continúa lo desarrollado en el prólogo e introducción del libro *Legislación Ambiental de Mendoza* (Rodríguez Salas, 1993).

- Antecedentes

La asunción de la política ambiental por parte del Estado mendocino no es un fenómeno aislado fruto de una coyuntura política. Su anticipación respecto a otras provincias e incluso a la Nación no fue un hecho accidental. Sino que es la consecuencia de un largo proceso cultural que encuentra en la historia provincial sus verdaderas bases.

A partir de sus principales ríos, se han formado los oasis irrigados- Oasis Norte, Central y Sur- en los que se desarrolla toda la vida productiva, social y política de los mendocinos. En el Oasis Norte solamente se concentra el 70% de la población (Dir. Est. e Inv. Econ., 1991). La cultura mendocina es una cultura del oasis y que exige una economía del recurso hídrico. No debe sorprender, entonces, que desde el siglo pasado haya comenzado a gestarse una sostenida política legal dirigida a la preservación y correcta administración de los recursos naturales, en especial el hídrico. La Ley General de Aguas del año 1884 fue la primera en su género en el país, y su vigencia actual demuestra el adelanto institucional que significó para la administración del recurso hídrico y el desarrollo de la economía provincial (Magnani, 1991).

La creación del Parque General San Martín - dispuesta por Ley 19 de 1896, entonces Parque del Oeste - constituye un ejemplo del empeño de aquella generación.

- Protección de los recursos naturales

Este modelo se desarrolló mediante una amplia legislación referida a cada uno de los recursos naturales. Se mencionan algunas de las leyes más representativas de este proceso:

AGUA. El recurso hídrico merece una especial regulación en nuestra provincia. Además de la mencionada Ley General de Aguas del año 1884, la Constitución Provincial de 1916 incorporó como órgano extra-poder al Departamento General de Irrigación responsabilizándolo de todos los asuntos concernientes a la irrigación de la provincia (art. 188 C.P.). Sin dudas que a este ente constitucional se le debe gran parte del desarrollo productivo provincial. La legislación hídrica se integra hoy con normas sobre aguas subterráneas (leyes 4035 y 4036) y legislación sobre usos especiales. La Ley 6044 de Reordenamiento Institucional de los servicios de agua potable y saneamiento contiene un título sobre preservación de la calidad del recurso hídrico provincial.

AIRE. La Ley provincial N° 5.100 adhirió a la Ley Nacional N° 20.284 de Preservación del Aire. Su autoridad de aplicación son los municipios. Sin embargo, corresponde al poder ejecutivo provincial establecer el Plan de Prevención de situaciones críticas de contaminación atmosférica. También debe el Ejecutivo determinar los niveles máximos de

emisión de los distintos tipos de fuentes fijas y los plazos para que los responsables se adecuen a esos niveles de emisión. Está reglamentada por decreto 2.404/89. Con respecto a las fuentes móviles corresponde a la autoridad nacional establecer los niveles de emisión. Por su parte la Ley 6.082 de Tránsito y Transporte tiene entre sus objetivos la reducción de la contaminación del aire.

FORESTAL. La Ley provincial N° 2.088 adhiere a la Ley Nacional 13.273 y sus modificatorias sobre riqueza forestal. La autoridad local competente es la Dirección de Recursos Naturales Renovables. Por otra parte, la Ley 2.376 regula la protección del arbolado público. Dispone que pertenecen al dominio público de la provincia la totalidad de los árboles que vegeten fuera de los límites de las propiedades particulares. Establece que los municipios (y demás autoridades estatales con injerencia en el tema) atenderán lo atinente al cuidado y conservación, (la ley orgánica de municipalidades en el artículo 78 - modificación de la Ley 5.721- reafirma esta distribución de competencias), siendo la autoridad de aplicación en todos los demás aspectos, fundamentalmente en cuanto a la corta y erradicación, la Dirección de Recursos Naturales Renovables.

Otras normas son la Ley 4.406 que declara bosque protector a todo monte natural que vegete en terrenos del dominio público; la Ley 4.468 que implementa el subsidio forestal; la Ley 5.753 que establece el plan forestal provincial y la Ley 5.733 que impone el inventario forestal.

FAUNA. La provincia adhiere por ley provincial N° 4.602, a la Ley Nacional 22.421, que declara de interés público la protección, conservación, repoblamiento, protección del habitat, de la fauna silvestre que habite temporal o permanentemente el territorio nacional. La ley provincial es reglamentada por Decreto 1.998/82, que prohíbe la caza de animales silvestres, el tránsito y comercio de cueros y subproductos, con excepción de las especies que expresamente se autoricen por la autoridad de aplicación. Reviste este carácter la Dirección de Recursos Naturales Renovables. Por su parte el Decreto-Ley 4.428/80 regula la pesca.

SUELOS. Por Decreto- Ley 4597/81 se adhirió a la Ley Nacional N° 22.428 sobre Conservación de Suelos. Se declara de interés general la acción privada y pública tendiente a la conservación y recuperación de la capacidad productiva de los suelos. Es de carácter promocional.

La Ley 4.341 y sus modificatorias regulan los loteos y el fraccionamiento de terrenos urbanos y suburbanos. A su vez el uso, fraccionamiento y ocupación del suelo de la zona urbana y periurbana del oeste del Gran Mendoza, se rigen por las leyes 4.886 y sus modificatorias, siendo autoridad de aplicación los municipios del área, en coordinación con el Consejo de Loteos y el Organismo Consultor de la Zona Oeste del Gran Mendoza .

- La crisis de la política sectorial. La asunción de la política ambiental

La protección sectorial, que se concentraba en forma aislada en cada uno de los recursos naturales, no fue suficiente para afrontar los nuevos problemas ambientales. La globalidad, complejidad y dinamismo de las cuestiones ambientales terminaron por agotar el modelo recursista y los efectos de la degradación y del deterioro ambiental comenzaron a ser cada vez más evidentes en Mendoza.

La contaminación hídrica, tanto del agua subterránea como superficial; la degradación de los suelos; la depredación de la flora y de la fauna; la falta de reposición forestal; las explotaciones mineras de alto impacto ambiental - petrolera y uranífera-; el deterioro escénico de las áreas de secano, la contaminación del aire, provocada tanto por las fuentes fijas como móviles; la ausencia de un tratamiento adecuado de los residuos urbanos y los problemas derivados de la ausencia o agotamiento de los sistemas de tratamiento de efluentes cloacales, entre otras causas, comenzaron a deteriorar la calidad de vida ciudadana.

- *PRINCIPIOS DE LA POLÍTICA AMBIENTAL MENDOCINA*

La formulación y desarrollo de la moderna legislación ambiental mendocina, de la que la Ley General constituye su manifestación distintiva, se realizó sobre la base de princi-

pios políticos que permitieron conservar una unidad de criterio no obstante la diversidad de las materias jurídicas abordadas.

1- Prevención: En el pasado, la legislación con efecto ambiental actuaba únicamente sobre las consecuencias de la contaminación y del deterioro ambiental. Es decir, se trataba de normas que se dictaban cuando la contaminación se había producido. Así, la reforestación, la recuperación de los suelos, la restauración de los hábitats naturales, constituían sus expresiones más conocidas. Si bien se acepta la necesidad de restablecer el ambiente deteriorado, hoy se sabe con certeza que muchas veces es imposible recuperarlo o, en el mejor de los casos, que sus costos son de tal envergadura que la sociedad debe asumirlo por varias generaciones. Por eso el principio rector de la legislación ambiental debe ser actuar sobre las causas del deterioro, previniendo los efectos de la obras y actividades humanas. Se entiende que ésta es la manera fundamental de preservar el ambiente. El título V de la Ley 5961 consagra la evaluación del impacto ambiental, tanto a nivel provincial como municipal. La misma ley establece el amparo ambiental a fin de que se puedan prevenir efectos nocivos a partir de la intervención judicial.

2- Participación: La calidad de vida es un concepto subjetivo que está integrado por consideraciones históricas, culturales y sociales propias de cada pueblo. Por eso, la protección y mejoramiento del ambiente requiere de la consulta permanente a la población, a fin de conocer sus aspiraciones y experiencias, sumando así el esfuerzo comunitario en la gestión ambiental. En Mendoza el Estado ha incorporado la participación comunitaria en el proceso de toma de decisión a través del Consejo Provincial del Ambiente y las Audiencias Públicas. Los programas de educación ambiental constituyen un factor de realimentación permanente del sistema.

3- Cooperación técnica: La cooperación técnica es consustancial a la problemática ambiental. La nueva visión de interdependencia con la que se estudia la realidad exige un esfuerzo interdisciplinario que busque en los aportes de las distintas especialidades científicas la solución a los problemas ambientales. La legislación recepta la necesidad del ajuste técnico en el proceso de toma de decisión.

4- Coordinación política: Ninguna política ambiental puede desarrollarse en nuestro país en forma independiente, aislada del resto de las provincias. Las provincias tienen la necesidad de integrarse, aún cuando conservan un amplio poder sobre el ambiente. El Consejo Federal de Medio Ambiente (COFEMA) es la respuesta institucional a esta necesidad. Este organismo ha sido reconocido por el Gobierno Central en el Pacto Federal Ambiental. Igualmente se debe mencionar el Pacto Legislativo Ambiental del Nuevo Cuyo que vincula a las legislaturas de las provincias que lo integran (ratificado por Ley N° 5.963) y el proceso del Parlamento Ecológico Nacional (ratificado por Ley N° 6.162).

SEGUNDA PARTE

DERECHO AMBIENTAL

Concepto

El derecho ambiental incide sobre las conductas individuales y sociales para prevenir y remediar las perturbaciones que alteran el equilibrio ambiental. El fin del Derecho ambiental, dice Amílcar Moyano (1990), es resguardar el equilibrio dinámico en el que la naturaleza y la cultura existen. La nota característica de este derecho, agrega, es la nueva visión de interdependencia con que se percibe y explica la vida, en un desarrollo sostenido sin comprometer el futuro y en consideración de las necesidades presentes.

La norma ambiental en sentido estricto está orientada al entorno como un conjunto global, tomando en cuenta los ecosistemas integralmente. La comprensión del entorno, según Cano (1974), originó la elaboración de principios científicos y de técnicas para el manejo integrado de los diversos elementos constituyentes del ambiente humano, en tanto conjunto y universalidad, y no como antes sólo en función de cada una de sus partes componentes o de los usos de éstas. La aplicación de tales principios al orden físico y

social originó la necesidad de trasladarlos al campo jurídico y la de adoptar o reformular normas legales y nuevas estructuras administrativas para posibilitar su implementación. Esas normas legales y la doctrina que les es correlativa, son las que constituyen el derecho ambiental». Por eso se sostiene que el derecho ambiental es diferente de todos los demás, en cuanto su objeto es global y holístico.

Los llamados códigos de fondo, Civil, Penal, Comercial, de Minería, del Trabajo y Seguridad Social, tienen normas con efectos ambientales. Por ejemplo, son conocidas las normas civiles del artículo 2618, que establecen la acción por molestias intolerables, y del 2499 segundo párrafo, que impuso la acción de daño temido. Si bien algunos autores han intentado atribuirles una proyección ambiental amplísima, lo cierto es que por origen o por práctica están circunscriptos a un limitado ámbito de las relaciones de vecindad (Bustamante Alsina, 1994).

Los presupuestos mínimos de protección ambiental en la cláusula constitucional. Una nueva distribución de competencias

- Objetivos

El artículo 41 de la Constitución Nacional establece que corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales.

Esta norma, que sin duda provocará un profundo cambio en el derecho ambiental mendocino, tiene los siguientes objetivos:

1- Asegurar homogeneidad normativa en toda la Nación, eliminando las asimetrías institucionales.

2- Impedir el surgimiento de áreas de depredación como ventaja competitiva entre las provincias, a partir de la atracción de inversiones a costa de la degradación, o de la no regulación, o de la no aplicación de la legislación vigente.

3- Permitir a las autoridades locales el tratamiento especializado de cada ecosistema.

4- Garantizar a los habitantes del país una protección común del derecho que se le reconoce en el artículo 41 de la Constitución Nacional.

- Aproximación

Los presupuestos mínimos del mencionado artículo 41 no son de cualquier clase. La constitución es clara cuando especifica que se trata de presupuestos mínimos de protección ambiental. Por lo que en esta primera aproximación podrían definirse como *aquellas normas que además de conceder una tutela ambiental uniforme, tienen por objeto imponer un mínimo de protección ambiental*. Sólo así se corresponderían a la declaración inicial de dicho artículo 41, que reconoce a todos los habitantes el derecho a un ambiente sano y equilibrado, apto para el desarrollo social.

Desde una perspectiva sustantiva, los presupuestos mínimos de protección se deben dirigir al aseguramiento de las condiciones para mantener el equilibrio ecológico o la capacidad de carga de los ecosistemas. La ley mexicana de equilibrio ecológico y protección del ambiente ecológico de 1988 define el equilibrio ecológico como la «relación de interdependencia que hace posible la existencia, transformación y desarrollo del hombre y de los demás seres vivos». La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (1991) ha desarrollado el concepto de capacidad de carga de los ecosistemas definiéndolo como «la capacidad de un ecosistema para sustentar organismos sanos y mantener al mismo tiempo su productividad, adaptabilidad y capacidad de renovación». Constituyendo esta capacidad el «máximo impacto que el planeta o cualquier ecosistema determinado puede soportar».

- Competencia provincial

Estos presupuestos mínimos deben permitir a las provincias incorporar exigencias de protección, adecuadas a las particularidades de sus ecosistemas. Los convencionales, cuando usaron el concepto «mínimo», en vez de básico, como lo hace la Constitución española (fuente de nuestra norma), dispusieron que no podían incorporarse regulaciones tan detalladas que estrecharan el margen de competencia complementaria provincial. Por eso Quiroga Lavié (1996) dice que «... dictar bases no puede significar la regulación

completa de la materia, sino los objetivos que el legislador quiere proteger (los fines y no los medios), el piso o el techo de algún tipo de producción de recursos, o alternativas válidas, entre las cuales puede el legislador provincial elegir la más conveniente a sus necesidades. Pero si el Congreso no dicta bases, sino una regulación completa de la materia, deberá impugnar la constitucionalidad de la ley nacional, tanto como cuando sea la provincia la que se excede en el ejercicio de la complementación».

No obstante lo expresado la Ley 24.585, que incorporó la evaluación de impacto ambiental al Código de Minería, adoptó el criterio de que la competencia nacional en la materia minera es integral, incluso respecto a la protección del ambiente en el ejercicio de esta actividad. En consecuencia, las provincias no podrían complementar la legislación nacional, habida cuenta de la especialidad de la materia minera. Asiste a favor de esta posición el concepto de que el Código de Minería siempre contuvo regulaciones integrales de fondo y de forma. En contra de esta solución está confundir un recurso natural, el recurso minero, con el ambiente que lo contiene. Sin embargo, este problema puede resultar superado, ya que la misma Ley 24.585 dispone que la protección del ambiente en la actividad minera quedará sometida a las normas que oportunamente se establezcan en ejercicio del artículo 41 de la Constitución Nacional.

TERCERA PARTE

LEY GENERAL DEL AMBIENTE

A) Aspectos generales

Esta ley es la más importante norma ambiental vigente y es fruto del encuentro de iniciativas legislativas del Poder Ejecutivo - Evaluación del Impacto Ambiental, Protección Jurisdiccional del Ambiente y Consejo Provincial del Ambiente - y del legislativo, la que contiene las instituciones básicas de la política ambiental provincial.

B) El orden público ambiental. Ambito de aplicación (Título I)

En la tesis del orden público ambiental sostenida por Cano (1979), implica que el interés público comprometido en la preservación del equilibrio ecológico puede y debe ser defendido por la autoridad administrativa, por los agentes fiscales y aún de oficio por los jueces. La Ley General del Ambiente está diseñada bajo este concepto.

Al respecto, Margariños de Mello (1992) citado por Jorge Kors, cuando caracteriza al derecho ambiental, expresa que «... todo lo relacionado con el medio ambiente interesa vitalmente a la especie humana, o sea a la sociedad, o sea, a todos los individuos, sean o no conscientes de ello. La materia es, por consiguiente, de orden público por definición, cualquiera sea la importancia cuantitativa del acto singular de que se trate».

La Ley General del Ambiente declara en el artículo 1º que la misma tiene por objeto la preservación del ambiente en todo el territorio de la provincia de Mendoza, a los fines de resguardar el equilibrio ecológico y el desarrollo sustentable, siendo sus normas de orden público.

Asimismo declara de interés provincial las acciones y actividades destinadas a la preservación, conservación, defensa y mejoramiento de los ambientes urbanos, agropecuarios y naturales y todos sus elementos constitutivos (art. 2).

Su ámbito de aplicación comprende:

- a. El ordenamiento territorial y la planificación de los procesos de urbanización, poblamiento, industrialización, explotación minera y agrícola-ganadera y expansión de fronteras productivas, en función de los valores del ambiente;
- b. La utilización racional del suelo, atmósfera, agua, flora, fauna, gea, paisaje, fuentes energéticas y demás recursos naturales en función de los valores del ambiente;
- c. La creación, protección, defensa y mantenimiento de áreas y monumentos naturales, refugios de vida silvestre, reservas forestales, faunísticas y de uso múltiple, cuencas hídricas protegidas, áreas verdes de asentamiento humano y/o cualquier otro espacio que, conteniendo suelos y/o masas de agua con flora y fauna nativas, seminativas o exóti-

cas y/o estructuras geológicas, elementos culturales o paisajes, merezca ser sujeto a un régimen de especial gestión y administración;

d. La orientación, fomento y desarrollo de iniciativas públicas y privadas que estimulen la participación ciudadana en las cuestiones relacionadas con el ambiente;

e. La orientación, fomento y desarrollo de estudios e investigaciones ambientales;

f. El control, reducción o eliminación de factores, procesos, actividades o componentes del medio que ocasionen o puedan ocasionar perjuicios al ambiente, a la vida del hombre y a los demás seres vivos;

g. La coordinación de las obras y acciones de la administración pública y de los particulares en cuanto tengan vinculación con el ambiente;

h. La orientación, fomento y desarrollo de procesos educativos y culturales a fin de promover la preservación, conservación, defensa y mejoramiento del ambiente;

i. Toda otra actividad que se considere necesaria para el logro de los objetivos fijados por la ley.

C) Sus principios, el plan y el informe ambiental (Título II)

-a) La Ley N° 5961 contiene principios de política ambiental que se imponen al Poder Ejecutivo y a los municipios. Se establece en el artículo 5° que los mismos garantizarán en la ejecución de sus actos de gobierno y de la política económica y social los siguientes principios:

a. El uso y aprovechamiento del ambiente y de los recursos naturales deben ser realizados de forma tal de no producir consecuencias dañosas para las generaciones presentes y futuras;

b. Los ecosistemas y sus elementos integrantes deben ser utilizados de un modo integral, armónico y equilibrado -teniendo en cuenta la interrelación e interdependencia de sus factores- y asegurando un desarrollo óptimo y sustentable;

c. El ordenamiento normativo principal y municipal y los actos administrativos deberán ser aplicados con criterio ambientalista, conforme con los fines y objetivos de la presente ley;

d. Los organismos públicos deberán utilizar un enfoque científico inter y multidisciplinario al desarrollar actividades que, directa e indirectamente, puedan impactar al medio ambiente;

e. Los habitantes de la provincia de Mendoza tienen derecho a gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado.

-b) Respecto a la instrumentación y operación de los principios políticos antes mencionados contiene la ley dos herramientas globales y sistémicas: el Plan Ambiental y el Informe Ambiental.

El primero está consagrado en el artículo 6° que se transcribe textualmente: «El Poder Ejecutivo, por intermedio del Ministerio de Medio Ambiente, Urbanismo y Vivienda- y en coordinación con los municipios, elaborará un Plan Ambiental, el que contendrá, como mínimo:

a. Aplicación de los principios de política ambiental fijados por esta ley;

b. Ordenamiento ecológico del territorio provincial, de acuerdo con:

1. Características ambientales de cada ecosistema;

2. Grado de degradación y desequilibrio ecológico por efecto de las actividades humanas y naturales;

3. Vocación en razón de los recursos naturales existentes, asentamientos humanos y actividades económicas desarrolladas;

4. Potencial impacto ambiental por desarrollo de nuevas actividades productivas.

c. Programas de estudio e investigación científica y educativa a desarrollarse en el ámbito de la Administración Pública o mediante convenios con entidades nacionales o extranjeras, públicas o privadas, estatales o no;

d. Diseño de pautas dirigidas al aprovechamiento de los recursos naturales, conforme a un uso integral, armónico y coordinado de los mismos;

e. Implementación de un banco de datos y de un sistema de información y vigilancia

permanente de los ecosistemas, los elementos que lo integran y su equilibrio, actualizado en forma permanente;

f. Elaboración de programas de censo, recuperación y preservación de especies animales y vegetales en peligro de extinción;

g. Elaboración de programas de lucha contra la contaminación y degradación del ambiente y de los distintos recursos naturales».

La misma ley ha previsto la forma de revisar y supervisar la marcha de la política ambiental y del Plan Ambiental mediante el Informe Ambiental Anual. Así, el Poder Ejecutivo, por intermedio del Ministerio del Ambiente y en coordinación con los organismos pertinentes, deberá elevar anualmente a la H. Legislatura un Informe Ambiental, el cual contendrá los siguientes aspectos, entre otros:

a. Estado general de los ecosistemas, ambientes naturales, agropecuarios y urbanos y su equilibrio ecológico;

b. Situación de los recursos naturales, renovables o no, potencialidad productiva, grado de degradación o contaminación y perspectivas futuras;

c. Desarrollo del Plan Ambiental y de los distintos programas en ejecución;

d. Evaluación crítica de lo actuado, enmiendas a efectuar y propuestas de solución (art. 7º).

El artículo 8º dispone que el informe ambiental deberá ser difundido y publicado para conocimiento de la opinión pública.

Finalmente mencionamos que ambos instrumentos están reglamentados por Decreto provincial N° 266/95, el cual vinculó el Plan Ambiental al compromiso asumido en Río de Janeiro por la Nación Argentina, como por los demás países del mundo, en el Programa 21, de elaborar proyectos locales por cada Estado o Provincia (cap. 28, punto 28.1 part. III).

D) El Consejo Provincial del Ambiente (CPA) (Título III)

Creado originariamente por Decreto N° 2.357/90, es incorporado textualmente a la Ley General del Ambiente en su título III. El Consejo es un órgano asesor del Poder Ejecutivo y funciona en el ámbito del Ministerio de Ambiente, Urbanismo y Vivienda (art. 9º). Es el espacio de articulación entre la gestión pública y las iniciativas sociales. Se caracteriza fundamentalmente por estar integrado por instituciones privadas o públicas no dependientes del ministerio respectivo. En la práctica, este rasgo distintivo se ha perfeccionado más. Las instituciones estatales que lo forman son eminentemente académicas o científicas. Cuando resulta necesario para el esclarecimiento de algún tema se convoca al área gubernamental correspondiente. El resultado es que las instituciones sociales desarrollan su actividad asesora libre de cualquier influencia o presión institucional, en un clima de cooperación.

a. Organización: El reglamento interno aprobado por las propias instituciones interesadas en formar parte del C.P.A. le da la siguiente organización administrativa: una Asamblea General, un Comité Coordinador, comisiones y una Secretaría Administrativa. Esta última la ejerce el Ministerio del Ambiente que, como corresponde en su concepción ampliamente participativa, tiene voz pero no voto en las deliberaciones. A su vez, el Comité Coordinador es el órgano permanente de trabajo, está conformado por ocho sectores sociales representados por dos instituciones cada uno. Los representantes son elegidos por el mismo sector al que pertenecen, en forma democrática.

b. Funciones: Asesorar al Poder Ejecutivo, al Ministerio de Ambiente o a las autoridades que lo requieran, emitir opinión sobre los problemas del medio ambiente, conformar comisiones para la elaboración de propuestas o tratamiento de temas específicos, incentivar y desarrollar la investigación y la difusión de los conocimientos sobre el medio ambiente.

E) La Protección jurisdiccional de los intereses difusos (Título IV)

-1) El derecho a un ambiente sano y equilibrado

El derecho de todo habitante a un ambiente sano y equilibrado, apto para el desarrollo humano, es un derecho natural protegido, reconocido expresamente en la reciente reforma de la Constitución Nacional en el artículo 41. Sin embargo, aún antes, la doctrina y la jurisprudencia lo consideraban entre los derechos no enumerados de la Constitución

Nacional, de ahí que la Ley 5961 también dispusiera su reconocimiento y garantía. Así, el artículo 5º inciso e) expresa que «Los habitantes de la Provincia de Mendoza tienen derecho a gozar de un ambiente sano y ecológicamente equilibrado» (art. 5º inciso e).

Pero la verdadera importancia de este derecho y la instrumentación procesal de su defensa reside en que los intereses relacionados con la preservación del ambiente se caracterizan por pertenecer a una pluralidad indeterminada de sujetos (por ejemplo, a todos o a muchos nos interesa preservar el Parque Provincial Aconcagua). Por eso son llamados difusos, porque aparecen «fragmentados a veces en cientos, miles o millones de pseudos-legitimados activos, los que a la par gozan de una «difusa» actitud para activar el engranaje de la justicia (Morello, *et al.*, 1982).

Esta característica hizo que aparecieran como fácilmente vulnerables, ya que la concepción jurídica clásica exige a los interesados una lesión concreta, individual a su patrimonio personal. Solución jurídica anquilosada en la famosa trilogía de Jellinek del derecho subjetivo, el interés legítimo y el interés simple (Lopez Alfonsín, 1993).

Posición que obstaculizaba el logro de la justicia, al no comprender la magnitud de los intereses perjudicados y las consecuencias negativas para la comunidad que produce el daño ambiental.

-2) La acción de amparo ambiental

Es la acción de amparo la que, a partir de casos resonantes, como el de las toninas o el de la Laguna de Llanquanelo (MMAUyV, 1991) se constituyó en la vía operativa destinada a realizar la defensa del derecho humano a un ambiente sano y equilibrado. Esta acción, por su celeridad y eficacia, es el instrumento más adecuado para la defensa del ambiente. La Constitución Nacional en su artículo 43 consagra esta vía procesal de defensa para todos los habitantes de la Nación.

El texto constitucional expresa en su primer párrafo: «Toda persona puede interponer acción expedita y de amparo siempre que no exista otro medio judicial más idóneo, contra todo acto u omisión de autoridades públicas o de particulares, que en forma actual o inminente lesione, restrinja, altere o amenace, con arbitrariedad o ilegalidad manifiesta, derechos o garantías reconocidos por esta Constitución, un tratado o una ley. En el caso el juez podrá declarar la inconstitucionalidad de la norma en que se funde el acto u omisión lesivas».

En el segundo párrafo indica quiénes pueden accionar: «Podrán interponer esta acción contra cualquier forma de discriminación y en lo relativo a los derechos que protegen al ambiente, ...el afectado, el defensor del pueblo y las asociaciones que propendan a esos fines, registrados conforme a la ley, la que determinará los requisitos y forma de su organización».

La reglamentación procesal del amparo ambiental reconocido por la Constitución Nacional corresponde a cada provincia, con sujeción a las condiciones mínimas establecidas por la Carta Magna. Por lo que en Mendoza deberá estarse a la reglamentación contenida en la Ley General del Ambiente incorporando los requisitos constitucionales del amparo ambiental.

La Ley 5961 lo regula así:

- Legítima activamente para interponerlo a las autoridades provinciales o municipales (esta es una ampliación notable respecto de los legitimados por la Constitución Nacional), el Fiscal de Estado y a las agrupaciones privadas legalmente reconocidas, constituidas para la defensa de los intereses colectivos (art.20). Debe incorporarse como legitimado, por imperio de la Constitución Nacional, al afectado. Sobre los alcances de quienes deben ser considerados afectados existe una división doctrinaria. Una posición entiende que lo es tan sólo el que puede invocar un daño diferenciado, esto es, un agravio concreto (Barrá, 1994); otra posición entiende que en virtud de que todos los habitantes tienen el deber de preservar el ambiente, existe un correlativo derecho de todos para estar legitimado en su defensa (Cano, 1983). Finalmente, una posición intermedia, entiende que es una acción de clase y que debe el afectado acreditar pertenecer al grupo o sector que puede ver actual, o potencialmente vulnerado, su derecho al medio ambiente (Quiroga Lavié, 1996).

Con respecto al Fiscal de Estado, encargado de defender el patrimonio del fisco (art. 177º, Constitución de Mendoza), la ley adopta una interpretación actualizada de su rol institucional. Así, Bernardo Krause (1988) sostiene que «El medio ambiente es un bien para la complacencia común convirtiéndose transitivamente en un bien público del Estado».

Las organizaciones no gubernamentales deben, además, tener una antigüedad no menor a un año y ser adecuadamente representativas del grupo o categoría de interesados. Su legitimación legal no hace más que reconocer y ordenar el protagonismo comunitario en la defensa del ambiente. Aquí la ley se ajusta al proyecto de Morello y Stiglitz (1985). La Constitución Nacional exige el requisito del registro, no previsto en la legislación mendocina anterior. No obstante se entiende que hasta tanto no se reglamente no puede ser considerado como condición de admisibilidad de esta acción.

En este sentido, la responsabilidad social en la defensa del ambiente es la característica esencial de la Ley 5961, responsabilidad que se institucionaliza en el Consejo Provincial del Ambiente que ella crea (art. 9º) y en las Audiencias Públicas que establece en el procedimiento de Evaluación del Impacto Ambiental (art. 31). De esta forma, cuando deposita en las organizaciones no gubernamentales la legitimación procesal para la acción ambiental, completa el marco jurídico que les otorga en la tarea de preservar el ambiente.

Las personas individualmente consideradas, revistan o no el carácter de afectadas, pueden movilizar este instrumento procesal a través de la Denuncia Ambiental ante el Fiscal de Estado. A tal fin, deben presentarse ante este funcionario quien, previa evaluación ambiental del Ministerio de Ambiente, debe interponer, si corresponde, la acción de amparo ambiental en un plazo máximo de diez días (art. 23 y siguientes).

Como ya se expresó, la aplicación del principio del orden público inspira las disposiciones que establecen que en caso de denegarse la legitimación del accionante por el juez, éste puede ordenar el impulso por el Ministerio Público cuando resulte verosímil la existencia de la agresión al ambiente (art. 22), la inclusión de la medida cautelar innovativa, en virtud de la cual el juez puede ordenar de oficio o a pedido del accionante las medidas que sean necesarias o convenientes para hacer cesar los perjuicios o el peligro de daño al ambiente, pudiendo fijar o no contracautela a cargo del accionante (art. 21).

-3) Las modalidades para accionar

Para el Derecho Ambiental la entidad del daño tiene características particulares que exigen una adecuación de los principios generales de la responsabilidad civil: la falta de precisión espacial (se afectan intereses difusos) y de límite temporal (ya que se compromete el desarrollo futuro por un tiempo indeterminado) exigen una consideración menos resarcitoria y más preventiva del daño. Así, la posibilidad de agredir el desarrollo no sólo de las generaciones presentes sino de las generaciones futuras impone el principio de la prevención del daño.

En este sentido, la Ley 5961, en el artículo 17, concede dos acciones:

- a) La acción de protección para la prevención de un daño grave e inminente o la cesación de perjuicios actuales susceptibles de prolongarse;
- b) La acción de reparación de los daños colectivos para la reposición de las cosas al estado anterior al menoscabo.

-4) La calidad de vida en el derecho ambiental

El derecho ambiental no agota su función con el aseguramiento de las condiciones esenciales para el mantenimiento de la vida (de la existencia), sino que también se preocupa del bienestar subjetivo del hombre (la calidad o el modo de ser de esa existencia) (Eser, 1985).

En este sentido, la Ley 5961 en lo concerniente a la acción judicial contiene un concepto amplio, brindando protección a los bienes culturales, históricos, paisajísticos, artísticos, estéticos, urbanísticos, arquitectónicos y de todos aquellos otros necesarios para salvaguardar la calidad de vida social (artículo 16 incisos a) y b).

F) La evaluación del Impacto ambiental (Título V)

a) Antecedentes

La Evaluación del Impacto Ambiental (EIA), tiene una dimensión política trascendente al constituir un elemento democratizador y preventivo del proceso de formación de la decisión política. Es definido por la misma ley provincial como el procedimiento administrativo destinado a identificar e interpretar, así como a prevenir, las consecuencias o efectos que proyectos públicos o privados, pueden causar en el ambiente (art. 26, Ley 5961). «Lejos de ser un freno al desarrollo, supone y garantiza una visión más completa e integrada de las acciones sobre el ambiente y una mayor responsabilidad social en los proyectos». Su finalidad es prevenir en sus orígenes las causas del deterioro ambiental, a fin de evitar ulteriores y más costosas políticas de reparación o restauración (Nieto Nuñez, 1993).

Si bien hay antecedentes parciales y aislados de su aplicación, la utilización generalizada de este procedimiento se estableció por primera vez en la Ley de Política Ambiental de los Estados Unidos en el año 1970. En Europa ha sido impulsado por diversas iniciativas nacionales, pero recién alcanzó su generalización y regulación jurídica con el pronunciamiento de la comunidad europea materializado en la Directiva 85/337/CEE-1985, que dio un plazo de tres años a los estados miembros para que lo implementaran. En América Latina, México, Colombia, Venezuela, Chile y Brasil, entre otros países, contemplan este procedimiento. Su aplicación fue asumida como un compromiso por los gobiernos del mundo en el principio 17 de la Declaración de Río, en el año 1992.

Argentina es una federación en la que las provincias tienen autonomía para darse sus propias instituciones. Mendoza, ha regulado la EIA junto con la provincia de Córdoba (Ley Nº 7343/85 y decreto Nº 3290/90), Tierra del Fuego (Ley Nº 55 y decreto Nº 1333/93), Río Negro (Ley Nº 2342 y decreto Nº (1511/92), del Neuquén (Decreto Nº 1686/89), Formosa (Ley Nº 1060), Tucumán (Ley Nº 6523), San Juan (Ley Nº 6571) y Buenos Aires (Ley Nº 11.723). La ley sanjuanina tiene la característica de ser análoga a la norma mendocina, lo que constituye una ventaja para alcanzar la eficacia en los procesos de integración regional.

b) Autoridades competentes

El procedimiento de Evaluación de Impacto Ambiental en la Provincia de Mendoza se impone tanto a proyectos públicos como privados, sin conceder entonces ningún privilegio a la Administración Pública. La Ley Nº 5961 distribuye la competencia para entender en el procedimiento respectivo y emitir la Declaración de Impacto Ambiental entre el Ministerio de Ambiente y los Municipios, según sea la clasificación del proyecto a evaluar. En efecto, la ley trae un Anexo que clasifica los proyectos en dos subgrupos. En el primer subgrupo, enumera los proyectos cuya incidencia ambiental trasciende la órbita municipal y que son atribuidos a la autoridad ambiental provincial, esto es, al Ministerio del Ambiente. Por ejemplo, integran este grupo de proyectos, entre otros, la construcción de embalses, presas y diques; de rutas y autopistas; la extracción minera a cielo abierto; la conducción y tratamiento de aguas; el emplazamientos de centros turísticos o deportivos en alta montaña, la localización de parques industriales, etcétera.

En el segundo subgrupo, la ley enumera los proyectos que son de competencia de la autoridad municipal a través de su Departamento Ejecutivo municipal. Menciona la ley, entre otros, a los nuevos barrios, cementerios, intervenciones edilicias, emplazamiento de centros turísticos, deportivos y balnearios, etcétera; pero esta enumeración no es cerrada, ya que la ley aclara que los municipios pueden incorporar otros proyectos. En consecuencia, el trámite de los proyectos de competencia municipal debe ser implementado por el propio municipio, ajustado a la Ley Nº 5961. Al otorgarse tan importante y extensa competencia al municipio, se logra la inmediatez entre el problema ambiental y la autoridad responsable de resolverlo. El Decreto Nº 605/95 invita a los municipios de la provincia a adherir al Decreto reglamentario del procedimiento Nº 2109/94 o a dictar uno similar.

No obstante lo expresado, hay un caso que debe ser interpretado adicionalmente. Entre los proyectos sometidos a EIA en Mendoza están todas aquellas actividades que puedan afectar directa o indirectamente el equilibrio ecológico de dos o más jurisdicciones (Anexo, I, inc. 12). El Decreto reglamentario Nº 2109/94 especifica que se entenderá

que las obras o actividades comprendidas en el proyecto pueden previsiblemente alterar el equilibrio ecológico, cuando estas puedan superar la capacidad de carga del ecosistema (art. 9º). Se reitera el concepto elaborado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza que la define como «la capacidad de un ecosistema para sustentar organismos sanos y mantener al mismo tiempo su productividad, adaptabilidad y capacidad de renovación».

c) Las etapas del procedimiento

Tiene cuatro etapas esenciales:

1. La presentación del estudio ambiental que la ley denomina: Manifestación General de Impacto Ambiental (sigue la denominación de la ley mejicana del año 1988) y que es responsabilidad del proponente del proyecto,

2. El Dictamen Técnico producido por una entidad independiente a la autoridad de aplicación,

3. La Audiencia Pública de los potenciales afectados del proyecto, como de las organizaciones no gubernamentales e interesados en general, y

4. La Declaración de Impacto Ambiental (DIA), que es la resolución de la autoridad (Ministerio o Municipio, según sea la clasificación del proyecto) que determina la conveniencia o no de realizar el proyecto y, en su caso, las condiciones a las que deberá sujetarse.

Cada una de estas etapas genera a su vez una actividad complementaria destinada a perfeccionar el procedimiento. Por su importancia, la segunda y tercera merecen una explicación adicional.

La ley establece que la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) sin Audiencia Pública ni Dictamen Técnico es nula. Con respecto a la participación pública, Mateo (1992) la califica como la fase más importante del procedimiento de EIA ya que integra al proceso de toma de decisión, las opiniones y puntos de vistas de los eventuales afectados e interesados. La audiencia debe ser convocada mediante edictos (dos) que se publican en los diarios de circulación masiva. Este derecho a participar es garantizado con un sistema de información pública sobre el proyecto. El proponente está obligado a publicar por medio de la prensa una síntesis de la Manifestación de Impacto Ambiental, asimismo cualquier interesado puede conocer el estado de las actuaciones administrativa y requerir la información disponible. Se consagra la transparencia informativa. Sin perjuicio de lo expresado, como sostiene Mateo (1992), esto no quiere decir que forzosamente deban prevalecer los criterios expresados en la consulta, pues la autoridad siempre deberá dirigir su decisión a la satisfacción de intereses colectivos más amplios, que aquellos que representan intereses puramente individuales.

El Dictamen Técnico es otra garantía del procedimiento, ya que debe ser producido por una institución independiente a la autoridad de aplicación y que no haya asesorado al proponente del proyecto. Normalmente se tratará de una universidad o de un centro de investigación. Su objeto es revisar y analizar la documentación suministrada desde una perspectiva técnico-científica. La elección de los consultores por parte de la autoridad de aplicación se organiza a partir de la conformación de un registro público, pudiendo inscribirse quienes cumplan determinados requisitos legales. Su regulación surge de la Resolución Nº 22/95 del Ministerio del Ambiente.

El procedimiento concluye con la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) que es una resolución ministerial o del departamento ejecutivo municipal, según corresponda. A partir de la consideración de los antecedentes producidos durante el procedimiento estas entidades pueden resolver en tres sentidos:

1- autorizar la realización del proyecto tal como fue presentado;

2- autorizarlo pero condicionado al cumplimiento de las instrucciones que se establezcan como resultado de las observaciones técnicas y de las consultas públicas, y

3- negar la autorización para que se ejecute el proyecto.

El decreto permite una excepción al procedimiento comentado cuando los proyectos que corresponde evaluar a la provincia no provoquen impacto ambiental significativo o de magnitud interjurisdiccional (art. 9º y 10). En tal caso debe tramitarse la excepción

presentando un Aviso de Proyecto con los requisitos que exige la reglamentación (art. 11) y en el que se pruebe el carácter excepcional del proyecto. Necesariamente, previo a la resolución, se deberá obtener un Dictamen técnico, con las mismas condiciones del procedimiento ordinario.

Asimismo la autoridad puede ordenar la paralización o demolición de las obras ejecutadas sin DIA. Es un acierto de la ley establecer esto como una posibilidad y no como un deber, ya que en todos los casos para su procedencia debería considerarse la razonabilidad de la medida, evaluando sus costos ecológicos, sociales y económicos. También la ley establece la prohibición de conceder autorizaciones administrativas y/o la ejecución de actividades que no cumplan con la DIA.

d) Vigilancia

El decreto reglamentario dispone que el seguimiento y control de la DIA corresponde a los organismos sectoriales competentes. Sin embargo el ministerio puede efectuar las inspecciones necesarias para verificar el cumplimiento de sus disposiciones. En este contexto puede establecer auditorías ambientales a las empresas. También en caso que se adoptaren nuevas normas de calidad debe emplazar al emprendimiento a ajustarse a las mismas.

e) Evaluación permanente

En este título el decreto reglamentario de la EIA busca realizar exámenes correctivos de las actividades ya existentes, cuando a criterio de la autoridad las mismas se hayan vuelto riesgosas para el ambiente. En tal caso se emplaza a sus responsables para que presenten un Informe de Partida. Este informe es un documento en el que se hace constar, con carácter de declaración jurada, los aspectos más relevantes de la actividad sujeta a examen y las medidas previstas para reducir, eliminar o compensar los efectos ambientales negativos.

Presentado el mismo, la autoridad, en base a sus propios procesos técnicos, emplazará a los responsables a prever y disponer la aplicación de las medidas correctoras o protectoras. De no ser posible la corrección podrá disponer la paralización de la actividad, la clausura o, en su caso, la demolición de la obra causante del daño ambiental. Sin embargo esta disposición exige armonizar la preservación del ambiente con las necesidades del desarrollo económico social de la provincia (art. 25 *in fine*).

f) Régimen sancionatorio. Medidas complementarias

Las infracciones al procedimiento de EIA son sancionadas con las penas que establece la Ley 5961 en el artículo 39.

Pero las medidas complementarias son las verdaderamente operativas para hacer cesar los efectos de cualquier infracción. En efecto, el artículo 38 dispone que el Ministerio podrá ordenar la paralización de las obras o actividades efectuadas sin la DIA. Asimismo, establece que podrá disponer la demolición o destrucción de las obras realizadas en infracción, siendo los costos y gastos a cargo del infractor.

g) Procedimientos especializados

El Decreto N° 437/93, modificado por Decreto N° 691/93, reglamenta la aplicación del Título V de la Ley 5.961, referido a la evaluación del impacto ambiental, en las actividades de producción de hidrocarburos prevista en el Anexo 1, punto 1, inciso 5° de la ley, adoptando con carácter de reglamento específico para la Protección Ambiental en el ámbito de la producción de hidrocarburos en la Provincia de Mendoza, las normas del Anexo I de la Resolución 105/92 (Normas y Procedimientos que regulan la protección ambiental durante las Operaciones de Exploración y Explotación de Hidrocarburos) de la Secretaría de Energía de la Nación, con las adecuaciones legales y de procedimiento que él mismo establece.

A los efectos de esta reglamentación, el documento denominado Estudio Ambiental Previo (EAP) de la norma nacional adoptada, se lo entiende como la Manifestación General del Impacto Ambiental exigida por el artículo 29 de la Ley N° 5.961. La autoridad de aplicación, cuando las características de la obra o actividad lo hagan necesario, podrá requerir nuevos datos o precisiones, que se presentarán en un documento denominado Manifestación Específica de Impacto Ambiental.

El EAP, sea en las etapas de exploración o explotación, deberá ser presentado ante el Ministerio de Ambiente a fin de imprimirle el procedimiento de los Arts. 29, 30 y concordantes de la Ley N° 5.961. El procedimiento debe complementarse con las regulaciones del Decreto N° 2.109/94.

- También debe mencionarse como procedimientos especiales de la EIA, los establecidos en la Ley 5917 de adhesión a la Ley Nacional 24.051 de Residuos Peligrosos en lo concerniente a la instalación de Plantas de Tratamiento de Residuos Peligrosos (art. 34) y los exigidos por la Ley 6045 de Areas Naturales Protegidas (art. 59 inciso b).

- En materia minera, la Ley Nacional 24.585 incluyó en el Código de Minería de la Nación el procedimiento de evaluación de impacto ambiental para esa actividad, al que la provincia deberá ajustarse en lo sucesivo.

G) Regulación legal de las audiencias públicas

En el informe del Banco Mundial sobre la Contaminación Ambiental en la Argentina (1995), en el cual se exhiben los profundos problemas ambientales del país, se destaca, como un ejemplo positivo a seguir, la inclusión de las audiencias públicas como acto obligatorio en el proceso de evaluación del impacto ambiental en la Provincia de Mendoza.

Las mismas han sido reglamentadas mediante la Resolución N° 109/96 del Ministerio de Ambiente y Obras Públicas que establece el trámite de las audiencias públicas sobre temas ambientales. Es decir, si bien es de aplicación directa al procedimiento de EIA, también es de aplicación supletoria a toda otra consulta que sobre la materia ambiental se realice por ese Ministerio. Se consagran así las reglas que garantizarán el logro de los objetivos de la participación social en defensa del ambiente. Esta resolución ha tomado en consideración los antecedentes de todas las audiencias públicas celebradas hasta el presente. Asimismo ha tenido en cuenta la normativa general sobre audiencias públicas establecida por el Ente Nacional Regulador de la Electricidad. También sigue el proyecto que específicamente sobre la materia ambiental elaboraron Sabsay y Tarak (1995).

La reglamentación define a la audiencia pública como la instancia administrativa a la que debe recurrir el proponente de un proyecto de obra o actividad sometido a la evaluación del impacto ambiental para efectuar una consulta al público interesado. Considera que público es toda persona física o jurídica que invoque un derecho subjetivo o un interés legítimo o difuso, incluyendo las organizaciones ambientalistas, comunitarias, de usuarios, como también instituciones académicas, científicas o tecnológicas. Para la norma reviste carácter de interesado toda persona que se crea eventualmente perjudicada o beneficiada por el proyecto.

La reglamentación establece que el fin de la audiencia pública es lograr que la autoridad ambiental, a través de una comunicación fluida, ordenada y productiva entre el proponente del proyecto, especialistas y múltiples integrantes del público, recepte la información, opiniones u objeciones en torno al proyecto. Estas, debidamente consideradas contribuirán a la decisión a adoptar, ya sea el otorgamiento, modificación o denegación de la autorización para ejecutar el proyecto. Se precisa que las opiniones no tienen efecto vinculante, pero la autoridad debe tomarlas en cuenta para emitir la decisión y en caso de que las desestime, debe fundamentar tal actitud.

Se distinguen en la norma claramente dos etapas. La primera se inicia con la convocatoria de la audiencia y tiene por objeto la preparación con la debida anticipación de los aspectos necesarios para el logro de los objetivos y fines de la misma. La segunda regula la participación de los distintos interesados durante su desarrollo.

La convocatoria de la audiencia tiene lugar una vez que el trámite para obtener la DIA se encuentra con todos los dictámenes y antecedentes exigidos. La difusión de la convocatoria se hace mediante la publicación en un diario de amplia circulación.

La audiencia pública está precedida de una etapa preparatoria en la que se designa a uno o más instructores que tienen la responsabilidad de realizar imparcialmente todos los trámites previos para la eficaz realización de la misma. En esta etapa, los interesados deben inscribirse ante el instructor, como así también proponer la prueba de testigos y peritos.

La Audiencia Pública es presidida por el Ministro del Ambiente pudiendo delegar esa función en el Instructor.

H) Educación ambiental (Título V)

La ley culmina con la educación ambiental. Establece que el Poder Ejecutivo, a través de los organismos gubernamentales competentes, incluirá la educación ambiental en los planes y programas de estudio de todos los niveles de la educación obligatoria y sistemática de la provincia de Mendoza.

Para esta ley, la educación ambiental persigue:

- a. La enseñanza y práctica de las normas de conducta y convivencia, con sus fundamentos éticos y científicos, que formen en el educando una conciencia de su responsabilidad frente al prójimo,
- b. La formación de ciudadanos conscientes e integrados al ambiente y sus problemas asociados,
- c. Lograr en el educando una clara percepción de lo que es el ambiente, considerado globalmente, y de la estrecha y permanente interdependencia entre el medio natural y el cultural,
- d. La captación de los problemas ambientales provocados por causas naturales o derivadas de las actividades humanas,
- e. La asunción de las responsabilidades relativas a la conservación, defensa y mejoramiento del medio ambiente,
- f. La apreciación de la necesidad de una ética del medio ambiente compatible con los objetivos de todas las actividades que afecten tanto a los recursos naturales como a los asentamientos humanos,
- g. El conocimiento científico de los procesos naturales que mantienen el equilibrio e interacciones de los ecosistemas,
- h. La capacitación de los educadores de todos los niveles.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRA, R., 1994. Revista La Ley. -E: 1087.
- BUSTAMANTE ALSINA, J., 1994. Responsabilidad civil por daño ambiental. Revista La Ley, 1-8-94.
- CANO, G., 1974. Introducción al Derecho ambiental argentino. Revista La Ley, T. 154: 914.
- CANO, G., 1978. Derecho, Política y Administración ambientales. Ed. Depalma, Bs As.
- CANO, G., 1979. El orden público ambiental. Revista La Ley, -A: 224.
- CANO, G., 1983. Revista La Ley. -D: 568.
- DIR. EST. INV. ECON., 1991. Esto es Mendoza.
- ESER, A., 1985. Derecho Ecológico. Revista del derecho público, vol III y IV.
- KORS, J., 1992. Nuevas tecnologías y Derecho ambiental. Revista del Derecho Industrial 41: 400.
- KRAUSE, B., 1988. El Fiscal de Estado y el Patrimonio Ambiental. Jurisprudencia Ambiental -I: 786.
- LOPEZ ALFONSIN, M., 1993. El Amparo Colectivo y la Tutela Jurisdiccional del Medio Ambiente. Revista El Derecho, 11-2-93.
- MAGNANI, C., 1991. Administración de las Aguas en la Provincia de Mendoza, inédito.
- MARTIN MATEO, R., 1992. Tratado de Derecho Ambiental, Vol. 1, Ed. Trivium, Madrid.
- MINIST. MED. AMB., 1991. Jurisprudencia Ambiental.
- MORELLO, A., J. HITTERS Y R. BERIZANCE, 1982. La Defensa de los Intereses Difusos. Jurisprudencia Ambiental -IV: 700.
- MORELLO, A. y G. STIGLITZ, 1985. Hacia un ordenamiento de la tutela jurisdiccional de los intereses difusos. Jurisprudencia Ambiental IV: 651.
- MOYANO, A., 1990. Acciones de preservación y desarrollo del patrimonio ambiental. Ed. Idearium, Mendoza.
- NIETO NUÑEZ, S., 1993. La Ley del Solar Común. Ed. Colex, Madrid, 163 pág.
- QUIROGA LAVIE, H., 1996. La Protección del Ambiente en la reforma de la Constitución Nacional. Revista La Ley, 18-3-96.

RODRIGUEZ SALAS, A., 1993. en: Legislación Ambiental de Mendoza. Ed. Idearium, Mendoza, 444 pp.
SABSAY, D. y P. TARAK, 1995. La Participación Vecinal y la Gestión del Medio Ambiente. FARN.
UICN-PNUMA-WWF, 1991. Cuidar la tierra. Estrategia para el futuro de la vida. 258 pág.

INDICE

Prólogo	5
ALVAREZ, A. Estudios de contaminación del agua subterránea, salinización de acuíferos y contenido de arsénico, flúor y nitrato en la zona norte de la provincia de Mendoza..	29
CHAMBOULEYRON, J., A. MORÁBITO Y R.M. BUSTOS Control de la calidad del agua, eficiencia de riego y participación de los usuarios en el manejo. La contaminación del agua de riego en Mendoza, Argentina	63
DALMASSO, A., E. MARTÍNEZ CARRETERO, F. VIDELA Y M. DE LUGAN Las áreas protegidas de Mendoza. Su relación con la conservación	267
DENITA, V.A. Degradación biológica de fenoles en efluentes industriales y en aguas estripeadas de refinerías de petróleo	115
DÍAZ, H. Filtración de fluidos de terminación y reparación de pozos y su implicancia ambiental	131
FUENTES BERAZATEGUI, J.N. Y M.I. MECA Red de vigilancia epidemiológica del ambiente hídrico de la provincia de Mendoza, en relación con el cólera	119
LUNA, S.M., R. MIERAS, A. CÁCERES Y G.A. DANITZ Contaminación sonora en el microcentro de Mendoza	263
MARTÍNEZ CARRETERO, E. Y A.D. DALMASSO Observaciones sobre la vegetación en áreas de piletas con aguas coproducidas, Barrancas, Mendoza	137
MASOTTA, H., R.R. HUDSON Y G. IBÁÑEZ Teledetección de la salinidad y revenimiento en áreas irrigadas del departamento General Alvear, Mendoza	145
MIERAS, R.P. Y S.M. LUNA Contaminación atmosférica en Mendoza. Análisis de veinticinco años de muestreo.	249
NORTE, F. Condiciones meteorológicas favorables a la contaminación atmosférica en Mendoza	197
ORTÍZ MALDONADO, G. Los niveles freáticos en la Zona Norte de la provincia de Mendoza	57

PULIAFITO, S.E., J.L. PULIAFITO, J.C. BEHLER Y P. ALONSO La calidad del aire en Mendoza. Contaminación y efectos sobre la salud	207
RODRÍGUEZ, R. Estudio de la contaminación del agua subterránea por efectos de los efluentes industriales	45
RODRÍGUEZ SALAS, A. El derecho ambiental y la ley general del ambiente de Mendoza	277
ROIG, V., M. ZÁRATE, C. TELLO Y S. GRECO Identificación de basurales en el oasis norte de Mendoza. Influencia sobre el ambiente	185
RUBIO, O. Residuos sólidos urbanos de la provincia de Mendoza	175
RUIZ, J.J., P. DANITZ Y G. DANITZ Contaminación atmosférica en el Gran Mendoza. Análisis y conclusiones de 8 años de muestreos (1970/77)	243
SMIT, P. Contaminación radiactiva en Mendoza. Caso Malargüe	153
SMIT, P. Colas de mineral y vías de transferencia de la contaminación en el área del Com- plejo Fabril Malargüe, Mendoza	159
SMIT, P. Energía Nuclear. Perspectivas y futuro	169
SOBRINO, J. Y J.A. VIVAS Grado de afectación del recurso hídrico por el reúso de efluentes	89
TOMELLINI, G., B. DONATTI, O. LUCONI, F. PARERA Y R. CARRIÓN Contenidos de Uranio natural y Radio-226 en aguas de Mendoza	107
VARGAS ARANIBAR, A. Contaminación de las aguas subterráneas	7
VILLEGAS, C.O. Consideraciones sobre la producción de desechos en tareas de exploración pe- trolera	193
WUILLOUD, C. La práctica de defensa contra las heladas, la contaminación ambiental y nuevas tecnologías	255
ZOIA, O. Y G. FASCILO Contaminación hídrica industrial de Mendoza	99



Se terminó de imprimir el 15 octubre de 1996, en los talleres gráficos de INCA Editorial Cooperativa de Trabajo Ltda., Ituzaingó 3073 de la ciudad de Mendoza, República Argentina, donde también se realizó su diseño, preimpresión digital, fotocromía y encuadernación.

