PRINCIPE DE VIANA

(SUPLEMENTO DE CIENCIAS)

Año X Núm. 10

Suplemento anual 1990

PRINCIPE DE VIANA
Suplemento de Ciencias. Anual.

Edita:
GOBIERNO DE NAVARRA
DEPARTAMENTO DE EDUCACION Y CULTURA
DIRECCION GENERAL DE CULTURA - INSTITUCION
PRINCIPE DE VIANA

Consejo de Redacción:
DIRECTOR: Javier Echeverría Ezponda
Secretaria: M.ª Soledad Saracíbar

Redacción y Administración:
Institución Príncipe de Viana
C/ Ansoleaga, 10
Tel. 10 78 10
31001 PAMPLONA

Suscripciones:
GOBIERNO DE NAVARRA
Departamento de Presidencia
Sección de Publicaciones
Avda. de Carlos III el Noble, 2
Tel. 10 71 21
31002 PAMPLONA

El contenido de los artículos es de exclusiva responsabilidad de los autores.
Prohibida la reproducción total o parcial sin permiso expreso de la Editorial y, en cualquier caso, citando su procedencia.

© Institución Príncipe de Viana
D.L.: NA. 184/1969 – ISSN 0214-6622
Composición y montaje: COMETIP, S.L.
Impresión: CASTUERA, S.A. Torres de Elorz

PRINCIPE DE VIANA

SUMARIO

E. Barragán / P. Bescansa
Caracterización de suelos desarrollados en la formación magnesífera paleozoica del Pirineo navarro 5

Isaac Santesteban
Salinización de aguas en Navarra 15

Isaac Santesteban
Fenómenos fisioquímicos observados en Navarra 31

Javier Etayo
Ensayo de la vegetación liquénica epifítica del norte de Navarra .. 39

Javier Etayo
Consideraciones corológicas sobre la flora liquénica epifítica de Navarra 73

Esther Rebato / Javier Rosique
Una reflexión sobre las tendencias actuales en los estudios de Antropología Morfológica 95

Joseba Tobar-Arbulu
Toward a New Labor Theory of Value 105

Luis Herrera / Blanca Yoldi
Contribución al conocimiento de los coleópteros de Navarra (coleoptera, curculionidae) 119

Fermín María González García
Los mapas conceptuales de Novak: una técnica instruccional para la mejora de los procesos de enseñanza / aprendizaje de las Ciencias ... 133

Elsa M. Casanova
Carl R. Rogers: de la No-Directoriedad a la Educación Centrada en la Persona 157

Elsa M. Casanova
La interdisciplinariedad existente entre las Ciencias de la Educación y los demás saberes científicos 193

Antonio Gorri Goñi
Evaluación y diagnóstico de la inteligencia en estudiantes de Pamplona. Un estudio psicosocial 215

Andrés Garde / Francisco Uriz
Determinación cuantitativa de colesterol por el método test enzimático colorimétrico cholesterol (CHOD-PAP) «Control de Calidad» 259

J. L. Alfaro / J. L. Martínez / A. Camarero / M. T. López
Déficit de iodo y bocio endémico en el partido médico de Navascués 273

Año 10
Número 10
1990

Salinización de aguas en Navarra

ISAAC SANTESTEBAN*

1. INTRODUCCION

Uno de los fenómenos observados en los controles hidroquímicos que con periodicidad se lleva a cabo en la provincia de Navarra, es el aumento de cloruros en la cuenca de Pamplona y zonas de influencia que afectan lo mismo a las aguas subterráneas que superficiales.

Teniendo en cuenta los aspectos geológicos del conjunto, donde se aprecian destacadas las zonas diapíricas con terrenos salinos, como los del valle de Guesálaz, Valdeollo y Anoz, así como la zona de las minas de potasas y balsas salinas de Beriain, Salinas de Pamplona, Zolina, Salinas de Ibargoiti, etc. donde afloran al exterior varios yacimientos en contacto con aguas superficiales y subterráneas de manantiales y pozos, hemos creído oportuno el incrementar la red de observación en controles a la entrada y salida de la zona, teniendo en cuenta la base obtenida en diez años de experiencia en estos trabajos y donde hemos centralizado esta mayor observación en:

1.–Control estiaje y crecidas en manantiales importantes.

2.–Contros estiaje y crecidas en ríos superficiales.

3.–Control río Arga, influencia de la población, vertidos, basuras.

4.–Control aguas salinas de los diapiros.

5.–Control de temperaturas aguas subterráneas y superficiales.

6.–Control de la influencia industrial, polígono de Landaben y minas de sal.

Por otra parte dada la futurología de la zona donde existen grandes planes de saneamiento con redes de colectores, abastecimientos, por medio de la mancomunidad de aguas de la cuenca, instalación de la depuradora de Arazuri para eliminar el agua residual de Pamplona e influencia industrial, para un mejor aprovechamiento posterior de estas aguas en la vega del Arga entre Echauri y Puente la Reina, zonas que actualmente se encuentran al límite de su capacidad receptiva, hemos creído oportuno el reconsiderar ciertos aspectos geológicos que el terreno presenta, y que pueden influir directamente en esta problemática, como son:

1.–Estudio de las estructuras geológicas Alaiz-Perdón-Valle del Arga.

Estudio de las estructuras geológicas Andía-Salinas de Oro-Sarbil-Valle del Arga.

Si lo que queremos demostrar es el paso de agua a través de estas estructuras y en profundidad, puede haber o existir un solo acuífero de conjunto, entre parte de la sierra de Andía, diapiro de Salinas, falla de Sarbil hacia Ibero y Echauri, y paso de agua entre inyecciones de potasas en los arcos de Noain a través de los sondeos, en residuos líquidos saturados, en conexión con las estructuras del Perdón al valle del

* Responsable de la recogida de hidroquímica en el Departamento de Obras Públicas del Gobierno de Navarra en el período de realización del trabajo.

SUMARIO

Arga, así como por el otro lado a través de la falla de Belascoain que la une con el diapiro antes citado de Salinas de Oro, siendo demostrativo en unos índices muy sospechosos, el gran aumento de cloruros de sodio y potasio, en los análisis anómalos en el río Arga, entre las estaciones de Ororbia y Puente la Reina, donde un aspecto importante puede ser el flujo existente en el río por el aporte probable del Río Salado y la escorrentía superficial del lado del Perdón en Larraya y Arraiza, así como el flujo subterráneo al paso de la falla en Zabalza.

Una red de mayor detalle es necesario el montar, dado la importancia del tema.

2. INFORME HIDROQUIMICO [1]

Considerando el aumento de los índices de cloruros de la cuenca de Pamplona y zonas de influencia sobre la misma en estos últimos diez años, hemos cotejado los análisis que se poseen de los años 1975-76 y compararlos con los de 1985-86, dando este detalle en una serie de puntos que pueden ser representativos del agua subterránea, para después pasar a los cauces superficiales, ríos que cruzan la cuenca de Pamplona y son influenciados por aspectos, como el aumento de población e industria.

2.1. Aguas subterráneas

Es necesario destacar que las aguas de los macizos calizos al atravesar los terrenos diapíricos, bien sean en cauces superficiales como el del manantial de Arteta, con influencia de la balsa de Urcelay sobre el manantial y las salinas, o en progresión subterránea como las del sur del macizo de Andía, que penetran en profundidad a través de contactos de las fallas con los materiales del Keuper en la zona de Salinas de Oro, cuya manifestación importante son, la balsa de Pozuberri, 100 metros de diámetro por 17 de profundidad, en el norte y la de las Sanguijuelas más al sur, toman temperatura y concentración en sales, continuando la primera a través de la falla de Sarbil hacia los puntos de surgencia de Echauri e Ibero y siguiendo hacia el sur por marcada estructura entre materiales calizos, rumbo hacia Belascoain, donde es cortada en parte por el río Arga. En su parte sur la balsa de las Sanguijuelas da un aporte regular en flujo subterráneo de aguas al río Salado, como se percibe en los hundimientos de campos, con aparición de algunas balsas en las cercanías de la explotación de las saleras.

2.1.0. Manantial de Arteta

En una primera fase ha tenido un control periódico mensual, habiendo pasado a un control trimestral como los demás grandes manantiales, al haber observado pequeños cambios estacionales producidos por las fuertes variaciones de caudal, que sin embargo observado a un período largo de diez años, tenemos para la misma climatología:

Indices con variaciones apreciables	1976	1985	Aumento	Disminuye
6.–Residuo seco	171	205	1,19	
7.–Cloruros	2,8	6,6	2,35	
9.–Nitratos	4,5	2,7		1,8
10.–Nitritos	0,62	0,009		0,01
37.–Sodio	2	4,6	2,3	
42.–Bicarbonatos	174	203	1,16	
45.–Conductividad	260	394	1,51	

1. Realizado con el respaldo del Laboratorio Químico de Navarra.

SUMARIO

Indices con variaciones apreciables	1976	1985	Aumento	Disminuye
Balsa de Urcelay (zona de influencia)				
6.–Residuo seco	403	1.025	2,54	
7.–Cloruros	90,9	382	4,19	
8.–Sulfatos	51,2	126	2,47	
9.–Nitratos	6	0,00		6
10.–Nitritos	0,016	0,0007		0,009
11.–Calcio	79	113	1,43	
12.–Magnesio	7	14,1	2	
15.–Materia orgánica	1,51	5,25	3,47	
26.–Dureza total	22,6	34,2	1,51	
37.–Sodio	66,5	248	3,75	
38.–Potasio	1,4	3,21	4,5	
42.–Bicarbonatos	201	267	1,32	
45.–Conductividad	620	2.060	3,32	
Diapiro de Ollo-Salinas de Arteta				
6.–Residuo seco	115.273	256.648	2,20	
7.–Cloruros	67.450	150.600	2,23	
8.–Sulfatos	3.009	5.547	1,84	
11.–Calcio	427,4	712,7	1,66	
12.–Magnesio	541	888, 7	1,64	
37.–Sodio	43.000	97.600	2,26	
38.–Potasio	725	1.300	1,79	
43.–Amoniaco	–	1,65	1,65	
45.–Conductividad	141.000	183.400	1,30	

2.1.1. *Manantial de Ibero*

5.–Reacción pH	8,05	7,55		
6.–Residuo seco	1.035	2.866	2,76	
7.–Cloruros	457,95	1.449	3,16	
8.–Sulfatos	36	247	6,86	
9.–Nitratos	0,00	2,3	2,3	
10.–Nitritos	0,00	0,014	0,014	
11.–Calcio	101,18	276,3	2,73	
12.–Magnesio	21,14	77,7	3,67	
15.–Materia orgánica	0,16	4,06		
26.–Dureza	34,40	101	2,93	
37.–Sodio	280	667	2,38	
38.–Potasio	5,05	21	4,1	
42.–Bicarbonatos	268,40	234		1,14
45.–Conductividad	1.800	5.185	2,88	
Salinas de Oro (zona de influencia extracción)				
5.–Reacción pH	7,57	6,55		1,02
6.–Residuo seco	259.528	270.938	1,04	
7.–Cloruros	151.900	158.700	1,04	
8.–Sulfatos	4.815	6.422	1,33	
15.–Materia orgánica	234	108		2,16
37.–Sodio	100.000	102.800	1,02	
38.–Potasio	720	980	1,36	
43.–Amoniaco	7,60	5,35		1,42
45.–Conductividad	150.000	275.000	1,83	

SUMARIO

Indices con variaciones apreciables	1976	1985	Aumento	Disminuye
Pozuberri-Salinas de Oro				
8.–Sulfatos	12	5,8		2,06
9.–Nitratos	1	0,5		2
10.–Nitritos	0,005	1,8		
11.–Calcio	30,40	49,88	1,63	
12.–Magnesio	17,51	1,4		12
15.–Materia orgánica	0,90	5,54		
37.–Sodio	6,25	2		3,12
43.–Amoniaco	0,00	0,28		

2.1.2 *Manantial de Echauri.–Pozo Grande*

Indices con variaciones apreciables	1975-76	1985-86	Aumento	Disminuye
5.–Reacción pH	7,30	7,67		
6.–Residuo seco	678	1.439	2,12	
7.–Cloruros	232	684	2,94	
8.–Sulfatos	32,25	116	3,59	
11.–Calcio	98	220	2,24	
12.–Magnesio	18,2	48,9	2,68	
13.–Materia orgánica	0,14	1,8		
26.–Dureza	32	75	2,34	
37.–Sodio	142,5	238	1,67	
38.–Potasio	1,8	4,5	2,5	
42.–Bicarbonatos	286,4	235		1,21
45.–Conductividad	1.100	2.810	2,55	

2.1.3. *Manantial de Belascoain, balneario antiguo*

5.–Reacción pH	8,10	7,61		
6.–Residuo seco	1.092	1.690	1,54	
7.–Cloruros	467,90	796	1,70	
8.–Sulfatos	51	135	2,64	
9.–Nitratos	0,00	2,1		
11.–Calcio	102	166	1,62	
12.–Magnesio	29,79	51,3	1,72	
15.–Materia orgánica	0,15	1,83		
26.–Dureza	38,40	68,70	1,78	
37.–Sodio	287,50	390	1,35	
38.–Potasio	2,70	3,40	1,25	
42.–Bicarbonatos	298,90	267		1,11
45.–Conductividad	1.900	3.265	1,71	

2.1.4. *Manantiales varios*

Fuente de las Huertas. Ibero. Año 1975		Fuente de Vidaurreta. Año 1975	
4.–Turbidez	2	Turbidez	2,8
5.–Reacción pH	7,90	Reacción pH	8,05
6.–Residuo seco	1.436	Residuo seco	1.080
7.–Cloruros	686	Cloruros	432
8.–Sulfatos	8,50	Sulfatos	95
9.–Nitratos	3	Nitratos	0,00
11.–Calcio	118	Calcio	99,60
12.–Magnesio	24,90	Magnesio	28,83

SUMARIO

Fuente de las Huertas. Ibero. Año 1975		Fuente de Vidaurreta. Año 1975	
15.–Materia orgánica	0,96	Materia orgánica	1,12
26.–Dureza	40,40	Dureza	37,20
37.–Sodio	455	Sodio	267,50
38.–Potasio	7	Potasio	2,70
42.–Bicarbonatos	265	Bicarbonatos	305
45.–Conductividad	2.200	Conductividad	1.700

2.1.5. Análisis comparativos y trabajos especiales

La tendencia general es de un aumento de los índices, más elevado en la zona de Ibero, Echauri y Belascoain, que en caso de abastecimiento han deteriorado la calidad del agua, con materia orgánica, nitratos y nitritos, que en el caso de Arteta, manantial que abastece de agua potable a Pamplona, ha aumentado la turbiedad, un poco la dureza, al aumentar la proporción de calcio-magnesio, el sodio en proporción doble, disminuyendo la materia orgánica, nitratos y nitritos, como norma en estos últimos años.

Considerando el problema más importante en el caso de Ibero, ya que las proporciones de aumento son mayores, hemos efectuado una serie de observaciones de detalle, al mismo tiempo que se han ejecutado diversas operaciones como la limpieza del sondeo situado en las cercanías del manantial y el control periódico de las surgencias, intensificando las visitas y aumentando la red de observaciones.

Un resumen de los trabajos realizados son:

Recogida de los análisis químicos efectuados entre 1976 y 1986, incluyéndolos en un cuadro comparativo donde se expresa la evolución tenida por los diferentes parámetros, con un total de 60 análisis y 1.080 parámetros.

Plasmar en un gráfico la evolución de los cloruros, sodio, sulfatos, y potasio, como índices más llamativos de los análisis anteriores, incluyendo en el tiempo las fechas de ciertos fenómenos meteorológicos como crecidas de agua, fechas de algunos movimientos sísmicos, perforaciones, bombeos y operaciones de limpieza en el sondeo, situado a 300 metros de distancia del manantial.

En esta continua observación las anomalías detectadas han sido:

25/11/78.–Aumento a 1.340 mmg. los cloruros, siendo lo normal 815.

6/12/80.–Aumento a 1.132 mmg. los cloruros, siendo lo normal 800.

22/04/81.–Aumento a 1.154 mmg. los cloruros, siendo lo normal 681.

21/05/81.–Perforación sondeo P-2 en Ibero, dura hasta el 31-08-81.

30/09/81.–Acidificación sondeo P-2, desaparición de la fauna en el estanque de Ibero.

22/05/82.–Segundo movimiento sísmico en la zona, asentamiento.

22/06/82.–Tercer movimiento sísmico en la zona, asentamiento.

08/03/83.–Aumento a 1.214 mmg. los cloruros, que siguen manteniéndose altos.

04/05/83.–Aumento a 1.297 mmg. los cloruros, que siguen manteniéndose altos.

28/07/83.–Aumento a 1.343 mmg. los cloruros, que siguen manteniéndose altos.

26/08/83.–Grandes crecidas, coinciden con inundación en Guipúzcoa.

28/04/84.–Aumento a 1.344 mmg. los cloruros, que continúan aumentando.

22/06/84.–Cuarto movimiento sísmico.

24/07/84.–Aumentan los cloruros a 1.441 mmg.

31/07/84.–Aumentan los cloruros a 1.640 mmg.

09/11/84.,–Gran crecida en Arteta con inundación, con mínimos de disolución.

12/11/84.–Mínimos en Ibero con 626 mmg. de cloruros.

SUMARIO

10/12/84.–Aumento a 1.750 mmg. de cloruros.

1985.–Máximos en nueve meses hasta Septiembre.

14/01/86.–Mínimo correspondiente a crecida de Arteta.

19/03/86.–Aumentan los cloruros de nuevo a 1.160 mmg.

13/09/86.–Se mantienen en más de 1.530 mmg. y continúan aumentando hasta el fin del año.

2.1.5.0 Termometrías.–Se está efectuando un estudio termométrico estacional del conjunto de las aguas, lo mismo subterráneas que superficiales, desde el origen en el karst de Andía, en las zonas diapíricas y en las surgencias y pozos, sondeos, encontrando diferencias entre los siete grados de la balsa de Pozuberri, los 9,50 del manantial de Arteta, los 18 a 20° de Ibero y Echauri y los 26 grados de Belascoain.

2.1.5. Limpiezas.–Se ha efectuado una limpieza en el sondeo P-2 de Ibero que ha demostrado la existencia de una fuerte contaminación en su fondo, al quedar el agua con un pH de 5,38, con grandes concentraciones de hierro por desgaste de la tubería y gran proporción de sales. El detalle de la operación fue la extracción de varias capas de materiales que han sido analizadas y que figuran en un informe químico donde una parte del mismo detallamos:

Material marrón, 94 mmg. litro materia orgánica, 484 de hierro y 3976 de cloruros.

Material negro, 161 mmg. litro materia orgánica, 1.522 de hierro y 5750 de cloruros.

Material gris, 78,4 mmg. litro materia orgánica, 482 de hierro y 2182 de cloruros.

Material marrón, 146,4 mmg. litro materia orgánica, 742 de hierro y 3834 de cloruros.

Material gris, 4,4 mmg. litro materia orgánica, 0,20 de hierro y 1409 de cloruros.

El espesor de los materiales disueltos fue de 1,80 metros, que al estar por bajo del nivel del manantial no le afectan en gran medida, aunque en los descensos al extraer agua en el sondeo, desciende el flujo del manantial; posteriormente fue efectuada una coloración sin resultados positivos a pesar de la poca distancia, motivado por los materiales existentes en el recorrido, al fijar el colorante y reducirlo, según las probetas que fueron extraídas del sondeo.

2.1.6. Análisis geológicos

Siguiendo con el interrogante de cuál es el origen del aumento de la salinidad de las aguas que se observa a partir de 1978 en crecidas esporádicas y que se mantienen con posterioridad en índices más largos y con mayor concentración, hemos efectuado numerosas consultas en las zonas de los diápiros y pueden ser los asentamientos de sus fondos con hundimientos por paso constante del agua sobre materiales blandos y de mucha solubilidad, los que motivan unas mayores concentraciones, que generalmente se producen en los estiajes. Así en el diapiro de Salinas de Oro se visita Pozuberri agua con poca mineralización situada al borde del diapiro y a 800 metros de nivel, balsa de las Sanguijuelas con más concentración que la anterior, debido al desmoronamiento de borde en el terreno salino, vergencia subterránea hacia el río Salado como lo atestiguan los hundimientos de campos, dando forma de dolinas a lo largo del límite sur, con afloramiento y almacenaje cerca de la extracción de las salinas, sin embargo en la parte norte el agua penetra en profundidad recorriendo entre las calizas en su límite, toda la falla de Sarbil, para continuar hacia su surgencia en Echauri e Ibero, y recorriendo parte por el mismo borde del diapiro a buscar al otro lado del puerto, la falla de Belascoain, ganando en profundidad lo que aumenta en temperatura 6 grados con la anterior y aumentando los sulfatos por estar en contacto con los materiales del terciario. Por otra parte es comenzada una prospec-

SUMARIO

ción sobre las estructuras generales del Perdón y Alaiz, visitándose los siguientes puntos:

Situación de las balsas de Zolina, Beriain y Salinas de Pamplona con respecto a estructuras.

Inyecciones de potasas, residuos salinos en sondeos de Arcos de Noain.

Seguimiento de la falla del Perdón a través de Esparza, Zariquiegui, Astrain, Undiano, Ubani, Zabalza, Echarri.

Seguimiento de la falla de Sarbil entre Munárriz, entrada en el diapiro de Salinas de Oro, canteras de Echauri hasta Ibero.

Continuación de la falla por el puerto de Echauri a encontrar la falla de Belascoain.

Prospección sobre el eje Zabalza-Echarri-Belascoain sobre el aluvial del Arga y alrededores.

2.1.7 Influencia minera y respaldo hidroquímico

Conociendo la problemática de la eliminación de residuos que tiene Potasas de Navarra, que ha solucionado en parte con la inyección que efectúa a través de cuatro sondeos en la zona antes citada de Noain, en las cercanías de la factoría, hemos visitado el lugar de inyección interesándonos por la extensión del aluvial del río Elorz en esta zona, datos de profundidad a que se efectúa la inyección, cantidades, características de los sondeos del macizo de Alaiz en cuanto a karstificación y profundidad de desarrollo, aspectos sobre análisis químicos de las balsas y que resumimos:

Balsa de Beriain Año 1984		Balsa de Zolina Año 1984	
6.–Residuo seco	320.159	6.–Residuo seco	192.709
7.–Cloruros	185.198	7.–Cloruros	105.364
8.–Sulfatos	7.753	8.–Sulfatos	9.531
9.–Nitratos	7,5	9.–Nitratos	7,7
10.–Nitritos	0,322	10.–Nitritos	1,53
11.–Calcio	828	11.–Calcio	1.705
12.–Magnesio	8.459	12.–Magnesio	6.751
15.–Materia orgánica	242	15.–Materia orgánica	132,4
26.–Dureza	3.696	26.–Dureza	3.203
37.–Sodio	91.400	37.–Sodio	43.000
42.–Bicarbonatos	221	42.–Bicarbonatos	198
43.–Amoniaco	17	43.–Amoniaco	12
45.–Conductividad	185.300	45.–Conductividad	149.300

Conociendo aproximadamente las características químicas de los residuos líquidos que transportan por tubería a Zolina y considerando la más cercana la de Beriain, de mayor concentración 320 gramos por litro, podemos analizar mediante un cálculo el volumen aproximado del material inyectado, considerando que actualmente un par de bombeos son los que se emplean para la inyección, funcionando con un caudal aproximado también a los 30 a 35 litros por segundo y dando por fecha inicial según nuestros conocimientos año 1966. Nos sitúan en un volumen de 1.103.760 metros cúbicos anuales que en veinte años superan los 22 millones de metros cúbicos, el equivalente aproximado al embalse que abastece de agua a Pamplona, en Eugui.

La inyección se hace a cierta profundidad en las calizas que en la carretera de Campanas se encuentran entre los 900 a los 1.000 metros de profundidad y que en una extensión de unos diez kilómetros con fuerte buzamiento desde las faldas de la sierra de Alaiz toman dirección norte. ¿Cuál es la capacidad de escape hacia los aluviales teniendo en cuenta la conexión con la falla del Perdón, lugar cercano al emplazamiento del yacimiento de potasas y de las cercanías de las galerías de extracción?

SUMARIO

Considerando que el coeficiente de karstificación sea grande, aumentado por la circulación entre fisuras y el ataque de los materiales salinos, considerando por otra parte la extensión de estos materiales en unos 100 kilómetros y 200 metros de espesor y con un uno por mil de coeficiente de huecos, nos daría una cifra de unos 20 millones de metros cúbicos imposible de contener el volumen de inyección, más los flujos producidos por las aportaciones metereológicas, que harían que en los sondeos el nivel freático se instalara cerca de la superficie, poniendo en contacto a los aluviales del Elorz inmediato y del Arga, a través de las estructuras.

Por tanto la base que poseemos es insuficiente, al no conocer los niveles del agua estacional en los sondeos, sin embargo recogiendo la posibilidad de relación de los cambios observados en la hidroquímica del río Arga en los análisis mensuales, consideramos importante el incluir algunos, en el trayecto de la falla del Perdón, primer elemento estructural a estudio:

Salinas de Pamplona, fuente Andorriaga. 1975		Salinas de Pamplona, fuente Andoñaga. 1972	
6.–Residuo seco	5.079	6.–Residuo seco	4.773
7.–Cloruros	2.720	7.–Cloruros	2.584
8.–Sulfatos	254	8.–Sulfatos	185
9.–Nitratos	7	9.–Nitratos	0,15
10.–Nitritos	0,02	10.–Nitritos	0,005
11.–Calcio	568,50	11.–Calcio	496
12.–Magnesio	87	12.–Magnesio	14,60
13.–Materia orgánica	1,20	13.–Materia orgánica	2,10
26.–Dureza	179	26.–Dureza	130
37.–Sodio	1.075	37.–Sodio	1.300
38.–Potasio	68	38.–Potasio	91
42.–Bicarbonatos	198	42.–Bicarbonatos	201
45.–Conductividad	5.800	45.–Conductividad	8.100

Estos datos corresponden a agua subterránea al comienzo de la falla, incluyendo también los datos correspondientes a la fuente 4339 de Astrain, con 1.516 mmg. de sulfatos, la 4332 de Undiano con índice destacado de sulfatos en 1.454 mmg., la 4337 de Larraya con 160 mmg. de sodio y 15 de potasio, la 4306 de Zabalza, donde el sodio y el potasio se igualan en 10 unidades, todas ellas al centro de la falla y muy poco representativas de un problema de contaminación química. Sin embargo son de tener en cuenta que los aluviales y glacis con gran abundancia de agua pueden estar en contacto con estas estructuras, como son los desagües en las corrientes superficiales de Undiano-Larraya, las anteriores de la zona de Zariquiegui o las más próximas que pasan entre Ubani y Arraiza, características que aún no se conocen al no tener recogidas muestras. Como final de la falla son incluidos los análisis que anteriormente hemos citado de Vidaurreta y Belascoain que se sitúan en las riberas del río Arga y que por su temperatura y composición podrían proceder de la falla profunda en contacto con los materiales salinos próximos del diapiro de Salinas de Oro y que son cortados en parte a la cota 380 metros de nivel por el río, entre éstos y aguas arriba hemos citado también el de la fuente de las Huertas de Ibero de características más acusadas en cuanto a los cloruros y menor proporción de sulfatos dado que su recorrido subterráneo es distinto.

2.1.8. Conclusiones hidrogeológicas

Como conclusión más importante por este lado, es que la falla del Perdón puede estar en contacto con los materiales del aluvial de la terraza del Arga, ya que las estructuras atraviesan el río en profundidad en los puntos siguientes:

Conexión directa en las cercanías de Zabalza-Vidaurreta, Zabalza-Echarri y Za-

SUMARIO

balza-Belascoain, en estructuras claras y perdidas en el aluvial, y cuyos afloramientos conocidos son los manantiales de Vidaurreta y Belascoain, pero, que pueden existir otros en el lecho del río que hay que detectar.

A través de los materiales aluviales o glacis en contacto con las estructuras, tal son las aguas de Larraya, Ubani, Arraiza y Vidaurreta-Echarri, considerando el nivel que alcanzan los sondeos en el aluvial del río Elorz que puede estar entre los 380 metros y los 400, como lo atestiguan los alrededores de los mismos. Por otra parte este río que desagua en el Arga grandes cantidades de sal, tiene que tomar en este punto un gran incremento, ya que anteriormente desde Monreal no toma un índice elevado.

2.2. *Aguas superficiales*

Es importante el reflejar un análisis diferencial entre las estaciones correspondientes al río Arga antes de Pamplona, la influencia del río Ulzama en Villava, la situación de Pamplona y su evolución en estos diez últimos años, con el deterioro de las aguas en la estación de la Biurdana, la salinización y vertidos del río Elorz y Sadar, la influencia de la industria con el polígono de Landaben, los vertidos de los colectores reflejados en la estación de Ororbia, así como el paso hacia zonas de regadío donde la presencia del río Araquil y la influencia del diapiro de Salinas de Oro a través de los manantiales de Ibero, Echauri y Belascoain, aparte de los aspectos ya tratados anteriormente, hacen que en Puente la Reina se mantengan o aumenten los cloruros.

2.2.1. *Estación de Huarte Pamplona*

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
1.–Reacción pH	8,20	8,25	0,05	
2.–Residuo seco	121	121	–	–
3.–Dureza	10,8	10,8	–	–
4.–Calcio	28,6	27,6		1
5.–Magnesio	8,7	9,4	0,70	
6.–Sulfatos	10,8	9,4		0,40
7.–Cloruros	2,8	7,6	4,80	
8.–Carbonatos	0,00	0,00	–	–
9.–Bicarbonatos	122	116		6
10.–Materia orgánica	2,90	2,08		0,88
11.–Nitratos	4,5	1,5		3
12.–Nitritos	0,01	0,02	0,01	
13.–Amoniaco	0,10	0,16	0,06	
14.–Conductividad	205	239	34	
15.–Sodio	3,5	4,3	0,80	
16.–Potasio	0,8	0,9	0,10	
17.–Turbidez	3,6	1,5		2,10

2.2.2. *Estación río Ulzama-Villava*

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
1.–Reacción pH	7,85	7,97	0,12	
2.–Residuo seco	264	261		3
3.–Dureza	19,2	19,8	0,6	
4.–Calcio	65,1	65,3	0,2	
5.–Magnesio	6,8	8,4	1,6	

SUMARIO

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
6.–Sulfatos	34,5	18,6		15,90
7.–Cloruros	24,1	27,3	3,2	
8.–Carbonatos	0,00	0,00	–	–
9.–Bicarbonatos	195	214	19	
10.–Materia orgánica	3,42	6,08	2,66	
11.–Nitratos	9,3	1,1		8,20
12.–Nitritos	0,04	0,03		0,01
13.–Amoniaco	1,10	0,52		0,58
14.–Conductividad	460	536	76	
15.–Sodio	21,5	26	5,5	
16.–Potasio	4,3	4,1		0,20
17.–Turbidez	6	2,2		3,80

2.2.3. *Estación río Arga en la Biurdana*

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
1.–Reacción pH	8,05	8,14	0,09	
2.–Residuo seco	191	170		21
3.–Dureza	14,4	14,2		0,2
4.–Calcio	41,3	40,6		0,7
5.–Magnesio	9,7	9,8	0,10	
6.–Sulfatos	17,8	14,9		2,9
7.–Cloruros	9,9	14,2	4,3	
8.–Carbonatos	0,00	0,00	–	–
9.–Bicarbonatos	168	152		16
10.–Materia orgánica	2,90	3,44	0,54	
11.–Nitratos	14,5	1,7		12,80
12.–Nitritos	0,09	0,18	0,09	
13.–Amoniaco	0,30	0,40	0,10	
14.–Conductividad	290	338	48	
15.–Sodio	11,5	2		9,5
16.–Potasio	2,2	2		0,2
17.–Turbidez	3,6	7	3,4	

2.2.3. *Estación río Elorz*

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
1.–Reacción pH	7,80	7,80	–	–
2.–Residuo seco	5.987	3.872		2.115
3.–Dureza	106	72,3		23,7
4.–Calcio	160,3	147,8		12,5
5.–Magnesio	158,3	85,9		72,4
6.–Sulfatos	219,3	124		95,3
7.–Cloruros	3.266	2.061		1.205
8.–Carbonatos	0,00	0,00	–	–
9.–Bicarbonatos	268	449	181	
10.–Materia orgánica	9,86	14,88	5,02	
11.–Nitratos	31,5	1,7		2,98
12.–Nitritos	0,24	0,03		0,21
13.–Amoniaco	0,00	36,25	36,25	

SUMARIO

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
14.–Conductividad	8.800	6.725		2.075
15.–Sodio	1.600	1.000		600
16.–Potasio	417,5	214		203
17.–Turbidez	4,4	5,5	1,1	

2.2.4. *Estación río Arga en Ororbia*

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
1.–Reacción pH	7,60	7,75	0,15	
2.–Residuo seco	626	555		71
3.–Dureza	22,	19,7		2,3
4.–Calcio	65,1	57,5		7,6
5.–Magnesio	13,5	13		0,5
6.–Sulfatos	95,1	76,1		19
7.–Cloruros	155,50	116		39,50
8.–Carbonatos	0,00	0,00	–	–
9.–Bicarbonatos	281	319	38	
10.–Materia orgánica	22,72	39,04	16,32	
11.–Nitratos	0,00	1,3	1,3	
12.–Nitritos	0,03	0,09	0,06	
13.–Amoniaco	31,5	42,50	11	
14.–Conductividad	1.000	1.156	156	
15.–Sodio	130	105		25
16.–Potasio	26,5	19		7,5
17.–Turbidez	16	100	84	

2.2.5. *Río Araquil en Asiain*

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
1.–Reacción pH	8,4	8,19		0,21
2.–Residuo seco	291	302	11	
3.–Dureza	18	19,4	1,4	
4.–Calcio	63,5	63,8	0,3	
5.–Magnesio	4,8	8,4	3,6	
6.–Sulfatos	31	21		10
7.–Cloruros	51,1	68,1	17	
8.–Carbonatos	0,00	0,00	–	–
9.–Bicarbonatos	183	191	8	
10.–Materia orgánica	3,42	3,76	0,34	
11.–Nitratos	8,5	0,8		7,7
12.–Nitritos	0,04	0,01		0,03
13.–Amoniaco	0,00	0,23	0,23	
14.–Conductividad	455	623	168	
15.–Sodio	37	41	4	
16.–Potasio	2,9	2,7		0,02
17.–Turbidez	111	5		6

2.2.6. *Río Salado en Estenoz*

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
1.–Reacción pH	7,95	8,50	0,55	
2.–Residuo seco	52.111	59.554	1,14	

SUMARIO

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
3.–Dureza	238	298,8	1,25	
4.–Calcio	745,9	914,3	1,22	
5.–Magnesio	120,6	170,7	1,41	
6.–Sulfatos	2.200	2.454	1,11	
7.–Cloruros	29.642	33.770	1,14	
8.–Carbonatos	9	47	5,22	
9.–Bicarbonatos	189	29		6,51
10.–Materia orgánica	27,7	54,44	2	
11.–Nitratos	4,5	11,3	2,51	
12.–Nitritos	0,07	4,51	64	
13.–Amoniaco	0,00	0,83	0,83	
14.–Conductividad	60.500	61.500	1,01	
15.–Sodio	19.125	21.880	1,14	
16.–Potasio	197,5	280	1,42	
17.–Turbidez	2,8	2,6		1,07

2.2.7. *Río Arga en Puente la Reina*

	24-9-75	20-8-86	Aumenta	Disminuye
1.–Reacción pH	8,05	7,63		0,38
2.–Residuo seco	594	827	233	
3.–Dureza	23,2	34,1	10,9	
4.–Calcio	71,4	99,9	28,5	
5.–Magnesio	12,5	22,2	9,7	
6.–Sulfatos	55,2	62,5	7,3	
7.–Cloruros	164,7	300	135,3	
8.–Carbonatos	0,00	0,00	–	–
9.–Bicarbonatos	223	310	87	
10.–Materia orgánica	5,69	12,80	7,11	
11.–Nitratos	68	1,8		66,2
12.–Nitritos	0,82	0,02		0,80
13.–Amoniaco	10,20	27	16,80	
14.–Conductividad	1.020	1.597	577	
15.–Sodio	96	165	69	
16.–Potasio	14,8	13		1,8
17.–Turbidez	3,8	5,5	1,7	

2.2.8. *Estudio comparativo estaciones*

Parámetros	Huarte	Villava	Biurdana	Elorz	Ororbia	Asiain	Puente	Salado
1.–Reacción pH	0,05	0,12	0,09	–	0,15	0,21	–0,38	0,55
2.–Residuo seco	–	–3	–21	–2115	–71	3	233	1,14
3.–Dureza	–	0,60	–0,20	–23,7	–2,3	1,4	10,9	1,25
4.–Calcio	–1	0,20	–0,70	–12,5	–7,6	0,30	28,5	1,22
5.–Magnesio	0,70	–0,40	0,10	12,5	–0,50	3,60	9,70	1,41
6.–Sulfatos	0,40	–15,90	–2,90	–95,30	–19	10	7,3	1,11
7.–Cloruros	4,80	3,20	4,30	–1205	39,50	17	135,3	1,14
8.–Carbonatos	–	–	–	–	–	–	–	5,22
9.–Bicarbonatos	6	19	–16	181	38	8	87	–6,51
10.–Materia orgánica	0,88	2,66	0,54	5,07	16,32	0,34	7,11	2
11.–Nitratos	–3	–8,20	–12,80	–29,80	–1,3	–7,7	–66,2	2,51
12.–Nitritos	0,01	–0,01	0,09	–0,21	0,06	–0,03	–0,80	64

SUMARIO

Parámetros	Huarte	Villava	Biurdana	Elorz	Ororbia	Asiain	Puente	Salado
13.–Amoniaco	0,06	0,58	0,10	36,25	11	0,23	16,80	0,83
14.–Conductividad	34	76	48	–2075	156	168	577	1,01
15.–Sodio	0,80	4,5	–9,5	–600	–25	4	69	1,14
16.–Potasio	0,10	–0,20	–0,20	–203	–7,1	–0,02	–1,8	1,42
17.–Turbidez	–2,10	–3,80	3,4	1,1	84	–6	1,7	–1,7
	Aum.	Aum.	Aum.	Dism.	Aum.	Aum.	Aum.	Aum/unid.

2.2.9. *Conclusiones*

Sin terminar de efectuar las observaciones de detalle, con la recogida hidroquímica adecuada, la situación puntual del tema, podemos determinar:

La gran salinización existente en el río Elorz en estos últimos años y que actualmente tiende a disminuir, según se observa en los índices.

La influencia de la zona de salinas de Arteta no afecta en gran medida al río Araquil.

La cuenca del río Robo en el sur es absorbida sin aumentar sus índices, por el río Arga en Puente.

Aumento de los índices de cloruros en el río Arga en Puente la Reina, así como la materia orgánica, cuyo punto más alto lo tiene en Ororbia, dada la cercanía a Pamplona que es la que lo produce.

Como característica general aumentan los índices químicos en residuo, dureza, calcio, magnesio, sulfatos, cloruros, bicarbonatos, materia orgánica, amoniaco, conductividad y turbidez, disminuyendo el pH, nitratos, nitritos y potasio, debido al empleo menor de estos abonos.

Es necesario completar el trabajo con un análisis de los cauces superficiales de la región cercana a las minas en Undiano, Ubani, Arraiza, hacia el río Arga, así como el muestreo de detalle cercano a las estructuras que cruzan el cauce, para demostrar el flujo subterráneo existente.

SUMARIO

3. INFLUENCIA DE LA POBLACION

La incidencia de la ciudad de Pamplona se manifiesta en un doble aspecto, en principio por el vertido al río de una cantidad de agua residual que en estiaje puede ser doble de la que lleva en su lecho y que es detectada en la estación de Ororbia, después del desagüe de los colectores, por otra parte considerando que en este punto se encuentra también recogidas las aguas que proceden del polígono industrial de Landaben, las aguas salinas del río Elorz junto a su afluente el Sadar, tenemos por resultado un aumento de la materia orgánica que tiene su máximo esplendor en este punto, estando completamente contaminada hacia Puente la Reina, a pesar de recibir caudales muy importantes como el río Araquil con índices mucho más bajos. El mayor índice de consumo del ciudadano, donde una propaganda televisiva de toda clase de productos para la limpieza, detergentes, vertidos de todo tipo incluyendo los industriales, da lugar a que el río tome unos caracteres alarmantes con la descomposición de sus aguas a partir de Ororbia, que son autodepuradas en su recorrido hacia el Ebro, consiguiendo fuertes descensos en sus índices bacteriológicos y químicos.

En el aspecto industrial existen los vertidos de toda clase de productos empleados en los procesos de fabricación metalúrgica, química, como tratado de materiales en decapados, cromados, con vertido de aceites, ácidos, restos de cianuros debidamente tratados, galvanoplastia, derivados del carbono... etc.

Un análisis de detalle del aumento de los cloruros en el recorrido entre Ororbia y

Puente la Reina, considerando al río Araquil que porta un volumen del 40 por ciento en Ibero y cuyos índices en cloruros son muy inferiores, caudal que recibe el Arga a dos kilómetros de Ororbia, tendría que dar un resultado de una baja en cloruros, aumentando posteriormente un poco por la aportación de los manantiales más abajo. Un detalle de un análisis recogido en 21 de octubre del 86 nos da el siguiente resultado aclaratorio:

	Cloruros	Sodio	Potasio	Caudal
Río Arga en Ororbia	276 mmg.	195 mmg.	36 mmg.	36,44 metros cúbicos
Río Araquil Asiain-Ibero	59 mmg.	44 mmg.	4,3 mmg.	20,27 metros cúbicos
Río Arga en Puente la Reina	478 mmg.	320 mmg.	62 mmg.	56,71 metros cúbicos

Los aumentos producidos por las aguas de los manantiales de Ibero, Echauri y Belascoain suponen unos 500 litros por segundo que harían aumentar algo el índice de los cloruros al tener una media de unos 1.000 mmg. litro, cuyo detalle puede ser para la misma época:

	Cloruros	Sodio	Potasio
Manantial de Ibero	1.552	586	18
Manantial de Echauri	700	238	4,5
Manantial de Belascoain	796	390	3,4

Considerando por tanto un aporte de 500 litros a la resultante en Ibero de la unión de los dos ríos unos 56,21 metros cúbicos y que en resultados químicos son cinco veces inferiores, tienen que rebajar los cloruros alrededor de los 100 mmg. litro y sin embargo en Puente la Reina llegan a los 478. No puede ser por tanto que los manantiales con un caudal cien veces inferior aunque con concentración superior den este resultado.

Otro ejemplo lo tenemos el 29-3-78, de cuyo análisis entresacamos:

Caudal del Arga en Puente 51,23 m.^{3}s., índice de sodio 235 mmg.

Caudal del Araquil Asiain 19,50 m.^{3}s., índice de sodio 11 mmg.

Caudal del Arga en Ororbia 31,23 m.^{3}s., índice de sodio 74 mmg.

Manantiales 1 m.^{3}s., índice de sodio 290 mmg.

Por tanto 31.230 litros del Arga con 74 mmg. de sodio, al unirse al Araquil en una proporción de 19.500 litros con una concentración de 11 mmg. de sodio, la media resultante tiene que estar en relación al porcentaje en volumen, que estarían en el 58% del caudal y el 0,0235% de sodio en el Arga y el 39% del caudal y el 0,011% de sodio en el Araquil, cálculo aproximado que daría una muestra después de la confluencia con un menor índice de sodio y que podría acercarse a los 60 mmg. litro, y que posteriormente al recibir el caudal de los manantiales, es decir los 1.000 litros (caudal alto) con 290 mmg. de sodio, haría subir algo a la mezcla cuyo caudal es 50 veces inferior y cinco veces superior en sodio, por tanto podría estar en los 100 mmg. El muestreo de detalle en la zona nos dirá con precisión estos datos ya que existen en los fenómenos de mezclas en el terreno, numerosos factores que pueden incrementar o disminuir unos resultados como aportes subterráneos que no se conozcan, escorentía superficial o los fenómenos propios de mezclas químicas entre los distintos parámetros, donde las concentraciones químicas hacen que se disparen los resultados.

INCIDENCIA ECONOMICA

El estado actual del río Arga motiva serias preocupaciones a las autoridades navarras, al punto de que el deterioro de las aguas ha dado motivo al proyecto de

SUMARIO

instalación de una gran depuradora, que puede subsanar la contaminación producida por Pamplona, cuyos colectores coinciden a la salida de la ciudad, junto a los ríos Elorz y cinturón industrial. Apoyados en esta magna obra de saneamiento existe una planificación y ubicación nueva de la red de colectores, así como un plan de abastecimiento regulados por la sociedad creada de mancomunidad de la cuenca de Pamplona. Sin embargo, es de considerar que la salinidad de aguas de la comarca no podrá solucionarse totalmente con la instalación de la depuradora, ya que las especiales características del medio geológico del conjunto, no se ha tenido en cuenta y una parte importante del incremento de los cloruros en el río se efectúa entre Ibero y Puente de la Reina, a través de las estructuras ya referenciadas como son:

1.–Falla de Sarbil con los manantiales de Ibero, Echauri y Belascoain.

2.–Los aportes por cauces superficiales entre Larraya y Arraiza en la margen izquierda.

3.–El posible flujo subterráneo a ambos lados del río a la altura de Zabalza de Echauri de la falla del Perdón y del diapiro de Salinas de Oro en terrenos próximos a Belascoain.

4.–Los materiales de las escombreras de Arguiñáriz que dan aguas de escorrentia en las precipitaciones con incidencia negativa en el río Arga.

Por otra parte en este trabajo se quiere demostrar la existencia de un flujo en las crecidas entre las inyecciones de Potasas de Navarra en el tratamiento que efectúan a los residuos y que pueden afectar a la circulación del Arga al incidir en las subidas de nivel a la cota 380 metros y, al incrementarlo las aguas de precipitación.

Consideramos este aspecto tan importante hacia el futuro que el asentamiento general de la zona está en juego, ya que el situar en conductos preferenciales del karst a una unidad artificial de gran volumen, existen unidades gravitacionales importantes en desequilibrio, producidas por las zonas de huecos importantes como son la red de galerías de minas de potasa, con resultados imprevisibles ya detectadas sospechosamente en los movimientos sísmicos observados en la comarca en el año 1983 y que requerirían una consulta técnica a los órganos competentes en la materia.