

MINE WATER. GRANADA, SPAIN. 1985

GEOFLUIDOLOGÍA DEL VALLE SALADO Y SU INCIDENCIA
EN LA EXPLOTACIÓN POTÁSICA

G. ARRIETA FERNANDEZ Y J.L. MIEZA RAMOS
UNION EXPLOSIVOS RIO TINTO, S.A.-MINAS DE CARDONA

RESUMEN

El estudio de las escorrentías superficiales y de las corrientes subterráneas de agua que circulan por encima de una explotación minera, es de vital importancia debido a la gran incidencia que éstas pueden producir, máxime cuando la cobertura del yacimiento esté constituida por materiales salinos.

Esto nos lleva a realizar el estudio de la geofluidología del valle salado de Cardona, que constituye la cobertura de una mina.

Los puntos negros en esta materia son:

- (a) Presencia del río Cardoner.
- (b) Contacto carnalítico-margoso del flanco Sur.
- (c) Arroyo salado.

El apartado (a) condiciona la explotación de forma que no es aconsejable acercarse a la vertical de dicho río ya que éste pasa por encima del floramiento salino, simplemente protegido por el cuaternario del propio cauce fluvial.

El contacto carnalítico-margoso del flanco Sur del yacimiento constituye un sistema kárstico producido por la solubilidad diferencial de los diferentes cloruros que integran la serie evaporítica, confiririéndole su relieve característico. A lo largo de este estudio veremos gracias a una detenida campaña de geofísica eléctrica que la profundidad de la zona afectada por la circulación de las aguas subterráneas es importante.

En cuanto al arroyo salado pensamos que su influencia es menor debido a que su caudal es pequeño y a que la saturación de sus aguas es grande.

Tendremos ocasión de comprobar a lo largo de este estudio que el valle salado ha sufrido una gran alteración en los últimos quince años debido al asiento del terreno producido por el socavamiento de los cauces subterráneos.

Cardona que tiene una pluviometría de 50 días anuales de lluvia por término medio, con un total aproximado de 500 litros por metro cuadrado, posee una gran evapotranspiración por lo que hay que pensar que las aguas que puedan incidir en las labores mineras son las debidas a circulación subterránea en el karst mencionado anteriormente. En este estudio habrá ocasión de comprobar todo merced al desarrollo de un balance hidrogeológico en el que se han utilizado los datos climatológicos recogidos en el laboratorio de la empresa Unión Explosivos Río Tinto.

I.- Climatología.-

El balance hidrogeológico del Valle Salado se ha efectuado partiendo de los datos meteorológicos del laboratorio de Unión Explosivos Río Tinto, en su factoría de Cardona. Los datos están referidos desde el año 1.956 hasta la actualidad.

Todo fenómeno cíclico del agua está implicado por la fórmula del balance hidrológico que es:

$$P = E + R + I$$

siendo :

P = precipitación

E = evapotranspiración

R = aguas de arroyada

I = infiltración.

Con los datos correspondientes a la pluviometría de Cardona hemos confeccionado la curva pluviométrica. En lo referente a la evapotranspiración hemos utilizado los datos suministrados por el evaporómetro que existe en el laboratorio de la fábrica de U.E.R.T. de Cardona.

Las conclusiones primeras que podemos extraer son que los meses menos lluviosos son Enero y Febrero, siendo los más abundantes en lluvia los de Mayo y Septiembre.

El módulo pluviométrico anual de Cardona es de 471 litros; teniendo aproximadamente 50 días de lluvia al año. Se puede decir pues que llueve copiosamente en pocas ocasiones. El módulo pluviométrico nos indica que Cardona está cercano a la media de lluvia nacional.

Una vez representados tanto la curva pluviométrica como la de evapotranspiración se superponen. Llamaremos P a la curva pluviométrica y Ep a la curva de evapotranspiración. Vemos que $E_p > P$ en todos los meses del año salvo Diciembre en que es casi igual. La evapotranspiración en el Valle Salado es pues enorme. Esto trae como consecuencia que el agua contenida en el terreno va disminuyendo.

PLUVIOMETRIA DE CARDUNA

A Ñ O S	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	Ni	D	TOTALES
1956	31,2	5,0	110,8	42,7	89,1	54,4	12,2	46,6	63,9	32,7	43,1	12,8	544,5
1957	-	18,9	12,7	92,5	95,7	83,6	33,9	79,3	90,6	44,1	17,5	24,4	593,2
1958	26,9	-	26,4	21,7	25,9	12,2	35,1	59,7	7,5	22,5	35,2	106,7	379,9
1959	-	86,2	86,4	24,2	139,9	36,5	37,8	86,4	178,6	77,2	26,1	24,7	804,1
1960	34,4	25,4	68,2	12,2	9,8	50,9	78,8	40,7	63,3	96,6	36,4	44,7	560,9
1961	14,4	-	14,1	22,2	29,5	99,6	-	47,3	80,9	37,6	86,2	19,4	446,3
1962	46,6	34,9	28	75,6	42,9	33,7	19	22,8	60,3	61,1	114,2	-	539,2
1963	52,3	19,8	-	84,0	43,1	59,6	58,1	-	-	5,5	49,4	24	395,7
1964	1,8	59,0	20,4	18,6	81,9	42,3	80,6	17,5	29,4	11,6	56,4	52,5	472,0
1965	14,5	21,8	44,3	5,8	28	0,5	102,3	169,6	121,4	150,2	22,7	271,1	952,2
1966	15,6	-	7,5	25,1	41,1	17	47,1	21,6	14,1	40,2	13,2	-	242,5
1967	-	26,7	30,0	93,8	20,6	-	-	18,8	11,3	71,6	9,4	-	282,3
1968	-	3,8	15	37,6	23,4	125,4	1,7	59	21,4	14,1	101,6	25	428
1969	2,8	24	84,4	149,9	69,4	13	37	36	57	55	52	-	580,5
1970	23	-	13	8	74	-	44	1	24	86	11	29	341
1971	-	6,7	17	105	50	15	18,2	7,1	60,2	14	31,1	160,9	485,2
1972	37,8	47,4	28,7	42,3	100,7	66,2	28,3	37,5	105,7	28,1	31,9	-	554,6
1973	6,6	0,7	6	35	6,7	31,5	14,4	30	12,3	-	11	73,6	227,8
1974	9,4	8	66,1	14,9	20,4	12,9	7,5	-	81,7	58,3	11,7	-	290,9
1975	27	5,8	15	19,7	114	112,5	-	96,5	63,8	5,2	0,7	35,4	495,6
1976	3,7	10,9	6,3	90,2	38	46,3	14,8	96,6	108	40,8	12,1	36,3	504
1977	38,7	-	20,3	81,5	163,7	44,1	34,3	20	49,6	62	-	-	514,2
1978	12,6	26,1	28,3	60,7	43,7	49,6	8,1	-	-	13,8	-	22,8	265,7
1979	144,8	13	44,9	16,8	25,1	108	6,3	7,5	53,9	168,4	1,4	10	600,1
1980	16,2	11,1	17,7	35,6	51,6	26,1	20,7	4,1	10,9	7,7	49,3	3,7	254,7
1981	2,6	16,8	19,3	24,7	18,0	34,9	29,6	23,2	88,3	11,8	-	76,4	346
1982	52,1	83,0	74,9	30,4	21,3	74,9	26,6	60,5	57,9	55,0	107,7	-	644,8
1983	-	38,4	2,6	17,7	0,7	43,4	0,3	79,1	28	50,5	120,3	33,7	414,9
1984	-	32,4	87,5	46,9	101,1	28,7	1,1	24,8	21,4	8,9	152,8	-	505,8
	21,2	21,5	34,3	46,0	54,1	46,5	27,5	41,1	53,9	45,7	41,5	37,4	471,2

BALANCE HIDROLÓGICO DE CARDOÑA

	E	F	M	A	My	J	Jl	A	S	O	N	D
PLUVIOMETRIA	21,2	21,5	34,3	46,0	54,1	46,5	27,5	41,1	59,9	45,7	41,5	37,4
EVAPORACION POTENCIAL	36	50	100	123,3	163,6	154,8	184,1	189,3	123,8	80,2	49,7	35,6
P-Ep	-14,8	-28,5	-65,7	-77,3	-109,5	-108,3	-156,6	-148,2	-69,9	-34,5	-8,2	1,8
PERDIDA POTENCIAL DE AGUA ACUMULADA	14,8	43,3	109	186,3	295,8	404,1	560,7	708,9	778,8	813,3	821,5	0
AGUA ALMACENADA EN EL TERRENO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8
CAMBIO DE HUMEDAD EN EL SUELO	-1,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,8
EVAPORACION REAL Ep	23	21,5	34,3	46	54,1	46,5	27,5	41,1	59,9	45,7	41,5	37,4
DEFICIT DE HUMEDAD Ep - Ep	13	28,5	65,7	77,3	109,5	108,3	156,6	148,2	69,9	34,5	8,2	0

Pérdida potencial de agua acumulada.-

El mes de Julio es el que registra la mayor pérdida de agua, siendo en Noviembre cuando menos agua se pierde. En Diciembre es el único mes en que el terreno no pierde.

Agua almacenada en el terreno.-

En Diciembre hemos dicho que es el único mes en que hay agua almacenada siendo esta de 1,89. Este agua almacenada es la cantidad máxima, suponemos pues que se llega a la saturación en Diciembre con 1,89. Partiendo pues de la saturación y aplicando la fórmula de THORNTHWAITE

$$R = R_o \times e^{-\frac{\sum n}{R_o}}$$

siendo

$$\sum n = \text{pérdida potencial de agua acumulada.}$$

$$R_o = \text{retención a saturación}$$

para Enero

$$R = 0,000751$$

y de aquí al resto del año disminuye. Se puede decir que el terreno no acumula nada de agua.

Cambio de humedad del suelo.-

En realidad el suelo no cambia su humedad ya que en Enero, está ya seco.

Evapotranspiración real.-

Coincide con las precipitaciones al no haber cambio de humedad.

Déficit de humedad.-

Es la cantidad de agua que necesitaría el terreno para saturarse, sería la diferencia entre la evapotranspiración real y la potencial como la evapotranspiración real coincide con las precipitaciones, el déficit de humedad sería idéntico a la pérdida de agua del terreno.

Se puede concluir que el suelo está prácticamente seco, salvo en Diciembre que es también el mes en que las precipitaciones superan a la evaporación, la evapotranspiración real coincide con las precipitaciones ya que todo el agua que cae se evapora.

2.- Observaciones sobre la circulación de aguas en el exterior y su posible incidencia en la explotación.-

2.1.- Arroyo Salado.-

Este arroyo tiene su nacimiento en la Bofia de Sal Roja. Esta actúa como un colador de todas las aguas que caen en la misma. Prácticamente dada la naturaleza de sal desnuda no existe evaporación, con lo que podemos considerar que todo el agua caída se canaliza hacia el Forat Micó. Al salir del Forat Micó corre durante un pequeño trecho hasta ocultarse al pie de la Montaña de Sal. A partir de ese momento se oculta hasta su desembocadura pasado San Onofre.

2.2.- Galería de la montaña.-

La galería de la montaña recibe el aporte de aguas provinientes de unas areniscas que afloran en la Montaña de Sal y que conducen sus aguas hasta la galería. Se trata de aguas dulces como han demostrado los reiterados análisis efectuados. De todos modos estos aportes no son importantes ya que en superficie no existe cuenca de recepción.

Debido a esas filtraciones se originó una galería debajo de la actual. Dicho socavón ha sido taponado y rellenado, no habiéndose observado actualmente ninguna variación de importancia en el mismo.

Existe asimismo un coladero que comunica con el exterior y que recoge agua de lluvia hacia la galería de la montaña.

En las inmediaciones del Pozo María Teresa se observa un goteo de agua dulce.

Todas estas aguas son recogidas en una fosa y desaguadas al exterior.

2.3.- Manantial al pie de la terrera vieja.-

Esta surgencia de agua proviene en su mayor parte de los desagües de la Colonia Arqués. Se trata pues de aguas dulces ya que su paso a través de la terrera apenas si puede saturarla.

2.4.- Pozo del Duque y borde sur del diapiro.-

El pozo del Duque se taponó pero los constantes movimientos del terreno pueden haber originado la entrada de aguas. Del mismo modo todo el borde sur del diapiro está lleno de bofias, que aunque hayan formado un karst colgado en su mayoría algunas de ellas, pueden tener su circulación hacia el Arroyo Salado o alguno de sus afluentes.

2.5.- Valle Salado en general.-

Independientemente de las bofias y sumideros el propio valle es un gran colector de aguas. La cota del río Cardoner es 376. Esta cota debe señalar la mínima cota de circulación, activa de la capa freática. Quizás incluso sea inferior a esto como demuestra el borboteo de

agua salada comprobado en el lecho del cauce del río. De todos modos el límite superior de circulación colgada es muy inferior como demuestra la presencia de barro en las cotas 336 del sondeo 2 bis y 340 del sondeo 1 ter.

Por otra parte la geofísica eléctrica ha determinado zonas de disolución a los 80 e incluso 100 metros por debajo de esa cota del Cardoner. Es por ello que la cota inferior de circulación de aguas colgadas sea inferior al lecho superficial del río Cardoner. Cabe pensar debido a la extraordinaria solubilidad de los materiales salinos que el aporte cuaternario de materiales de acarreo que se encuentra en el lecho del río sea enorme. El hundimiento sistemático de la carretera - así lo confirma. Debemos pues tener por debajo del río una dolina aún más profunda que la Bofia grande de la Sal Roja rellena de sedimentos aluviales aportados por el río.

3.- Exploración geofísica en el Valle Salado.-

Hasta la fecha se han realizado en el Valle Salado ocho estudios de geofísica durante los años 1.970, 1.974, 1.977, 1.978, 1.979, 1.981, 1.983 y 1.984.

El estudio realizado en 1.971 fue muy completo efectuándose 48 S.E.V y 7 calicatas transversales a la dirección del anticlinal de Cardona; del mismo modo se efectuó a lo largo de los dos primeros tramos de la rampa una calicata eléctrica que nos permitió obtener un perfil de resistividad de la misma.

En los siguientes años se han confirmado parte esas medidas y se ha estudiado la evolución experimentada por las mismas.

Con todos estos datos hemos elaborado una serie de planos que se adjuntan.

A partir de los datos de las calicatas eléctricas hemos elaborado un mapa de isorresistividades que nos ha conducido al plano hidrogeológico que se detalla. En el se toma los siguientes límites de resistividad.

Sal diluida	$\rho_a < 10 \sim m$
Sal muy alterada	$10 < \rho_a < 40$
Sal alterada	$40 < \rho_a < 200$
Sal compacta	$\rho_a > 200$

Basándonos en estos límites hemos definido una serie de zonas que se detallan en el mapa. Se deduce inmediatamente que existe una concordancia entre el relieve estructural y las líneas de isorresistividad.

Vemos según esto, que la parte menos húmeda corresponde con la cresta del anticlinal.

Influye asimismo en la disposición de las zonas húmedas el relieve topográfico. El valle salado está dividido en dos subvalles y las zonas húmedas se adaptan a los mismos.

Por otra parte otra zona de humedad nos viene dada por la presencia de la falla de Cardona, confirmando que aunque los estratos de cobertera sean muy impermeables, las zonas de facturación son indudables pasos de agua.

A partir de los S.E.V. distribuidos a lo largo del valle hemos confeccionado asimismo el plano de isobatas de la sal compacta.

Como plano de referencia hemos utilizado la cota 376 del río Cardener.

Es de gran utilidad pues nos indica la cuenca de recepción de las aguas subterráneas e indirectamente el desplazamiento de la escorrentía subterránea.

Por otro lado hemos realizado un perfil hidrológico a lo largo de los dos primeros tramos de la rampa, utilizando para lograr una total uniformidad, la misma definición de límites de resistividad aparente, que para el mapa hidrogeológico del valle.

CONCLUSIONES.-

Se puede concluir de todo esto, que el terreno del valle salado es muy impermeable y que tan sólo las zonas facturadas y tectónizadas pueden presentar peligro de infiltración.

El clima de Cardona es de una pluviosidad normal siendo destacable la evapotranspiración que consigue que el suelo del valle permanezca seco prácticamente todo el año.

Una campaña geofísica geoelectrica es un instrumento eficaz para detectar el peligro que puedan significar las escorrentías superficiales sobre las labores mineras.

La consideración a que nos ha llevado este estudio es que el desarrollo del karst salino del valle salado no tiene influencia sobre las labores mineras actuales, sin embargo un desarrollo de labores mineras en la zona Sur, debería tener en cuenta la gran profundidad de disolución de dicho karst, evitando realizar labores por encima del nivel 700, referido a la cota del pozo Alberto.





