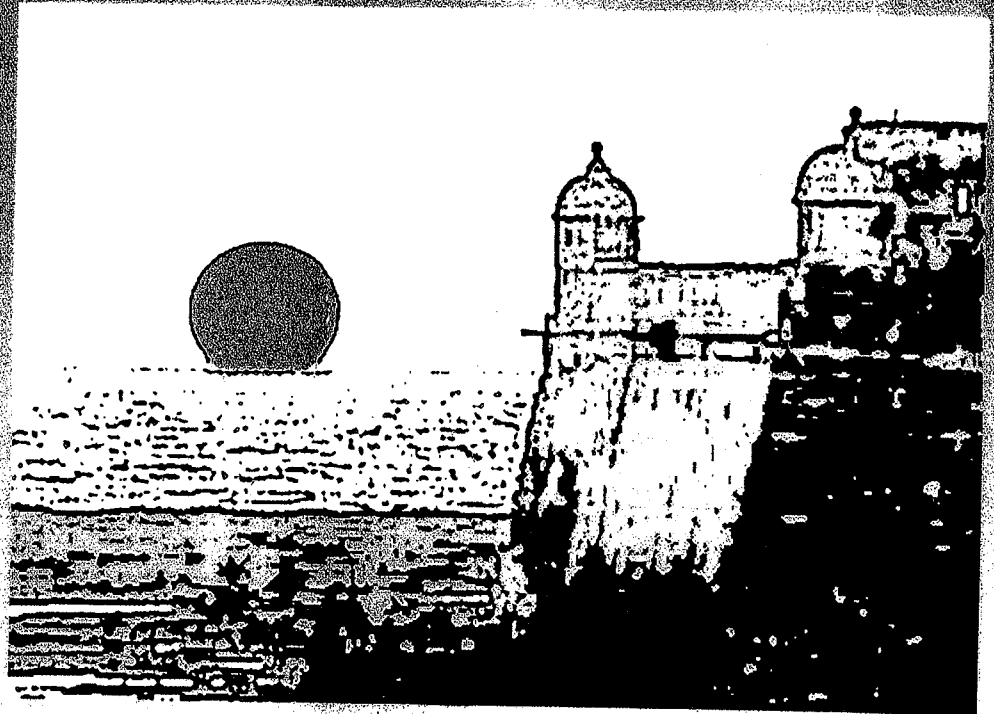


# El Agua en Andalucía Retos y avances en el inicio del milenio

TOMO I



MINISTERIO  
DE ECONOMÍA  
Y COMPETITIVIDAD



Instituto Geológico  
y Minero de España

El Agua en Andalucía  
Retos y avances en el inicio del milenio  
J.A. López-Geta, G. Ramos González, R. Fernández Rubio,  
D. Lorca Fernández eds. - Madrid: Instituto Geológico y  
Minero de España, 2012.  
ISBN: 978-84-7840-863-4

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor y editores.

---

© INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

www.igme.es  
Nº de registro: 016-0  
ISBN: 978-84-7840-863-4  
Deposito legal: M 32317-2012  
Impreso en España

Es una satisfacción  
nueva monografía  
convocada en la

Hablar de a  
sudores de sus h  
lo bueno y para  
también absoluto  
progreso... El ag  
más imprescindible  
vida y la vida de

Cuando el  
poníamos toda  
trascendencia y  
ninguna Comu  
semejante y, co  
multidisciplinar  
resaltar, que un  
simple recopilación  
muchos que dec  
manera, a los re

Y esto en  
veces preñadas  
y que son recur  
uso racional.

Podríamos  
meditarlas, son  
para legar a los  
hídrica. Todo e  
vida y de insp  
necesaria; que  
solidaridad y d

Cuando r  
hídrico, y segu  
fuentes, hasta  
pendientes de

## ÍNDICE

	Pág.
CONFERENCIA INAUGURAL	1
USO DEL ESPACIO SUBTERRÁNEO Y PROTECCIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO Gerardo Ramos González	3
<u>SESIÓN I.- AGUA Y ABASTECIMIENTO URBANO Y SANEAMIENTO</u>	25
Conferencia	
ASA-ANDALUCÍA COMO ASOCIACIÓN INTEGRADORA DE LOS SERVICIOS DEL CICLO URBANO DEL AGUA Jesús Maza Burgos	27
Ponencia	
EXPERIENCIAS EN LAS EMPRESAS GESTORAS DEL CICLO URBANO DEL AGUA EN LA APLICACIÓN DEL CANON DE VERTIDOS AUTONÓMICOS Federico Sánchez Aguilera	31
Ponencia	
REGLAMENTO ANDALUZ DEL SUMINISTRO DOMICILIARIO DE AGUA. PASADO, PRESENTE Y FUTURO José Vicente Colomina Berenguel	39
Ponencia	
CONTROL Y USO EFICIENTE DEL AGUA EN LAS REDES DE ABASTECIMIENTO Andrés García Hernández	59
Comunicaciones libres	
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS LIXIVIADOS GENERADOS EN UN HUMEDAL PARA EL SECADO DE FANGOS DURANTE SU PUESTA EN MARCHA Carlos Aragón Cruz, Isabel Martín García, Cristina Ávila Martín, Joan Ferrer Serrano, Juan José Salas Rodríguez	67

ASPECTOS HIDRÁULICOS DEL AGUA DE CONSUMO EN HUELVA, ESPAÑA  
Juan Carlos Cerón, María Mercedes López

EFFECTO DE LA PROLONGACIÓN DE LA PERMANENCIA DE DEPURACIÓN PROLONGADA  
Ramón Bouza-De, Rodríguez-García

EL ACUÍFERO DE HUELVA: UN CASO HISTÓRICO A ELABORAR  
Antonio Jesús García

APLICACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO URBANO  
Manuel Hódar Cordero, Espinar, Gema Alarcón

EXPLORACIÓN Y APLICACIÓN DE SISTEMAS SUPERFICIALES DE ABASTECIMIENTO EN QUIEBRAJANO  
Francisco Lechuga, López y Martín

PLAN DE CONTRAHECCIÓN DEL AGUA EN GRANADA  
Juan Antonio Lucena, Alcaín, Jesús Bea, y José Luis García

UNA VISIÓN ACTUAL DE LA GESTIÓN DE ABASTECIMIENTO URBANO SUBTERRÁNEO EN HUELVA  
Crisanto Martín, Quesada, Juan Aranda, Juan de Dios Ollid

EFFECTO DE LA PROLONGACIÓN DE LA PERMANENCIA DE DEPURACIÓN EN EL AGUA DE FÓSFORO EN HUELVA  
Álvaro Real, Ana Aragón

Pág. 1	<p><b>ASPECTOS HIDROGEOQUÍMICOS DE ELEMENTOS TRAZA EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO DE LA CIUDAD DE HUELVA (HUELVA, ESPAÑA)</b>  Juan Carlos Cerón, Ana María Sánchez de la Campa, Jesús de la Rosa, María Mercedes Baltazar Rojas y Juan Pedro Bolívar</p>	79
3  25	<p><b>EFFECTO DE LA PRESENCIA DE HHCB (Galaxolide ®) EN EL PROCESO DE DEPURACIÓN DE AGUAS RESIDUALES MEDIANTE AIREACIÓN PROLONGADA</b>  Ramón Bouza-Deaño, Manuel López-Sepúlveda y Mauricio Javier Rodríguez-García</p>	91
27	<p><b>EL ACUÍFERO DE LA SIERRA DE SAN CRISTÓBAL. ABASTECIMIENTO HISTÓRICO A EL PUERTO DE SANTA MARÍA Y CÁDIZ</b>  Antonio Jesús García Guerrero y Alejandro Carreras Costa</p>	99
31	<p><b>APLICACIÓN DE MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO MUNICIPAL DE AGUAS</b>  Manuel Hódar Correa, José Luís García García, Juan Antonio Luque Espinar, Gema Alcaín Martínez y Francisco Serrano Pertíñez</p>	111
39	<p><b>EXPLORACIÓN CONJUNTA DE AGUAS SUBTERRÁNEAS Y SUPERFICIALES EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN DEL VÍBORAS-QUIEBRAJANO</b>  Francisco Lechuga Arias, Juan de Dios Olid Melero, Javier Ballesteros López y Martín Ochoa Estévez</p>	123
59	<p><b>PLAN DE CONTROL DE CAPTACIONES DE LA PROVINCIA DE GRANADA</b>  Juan Antonio Luque, Juan Carlos Rubio, Crisanto Martín, Gema Alcaín, Jesús Beas, Manuel Hódar, Gerardo Ruiz, M<sup>a</sup> del Mar Villegas y José Luis García</p>	135
67	<p><b>UNA VISIÓN ACTUALIZADA DE LA SITUACIÓN DE LOS ABASTECIMIENTOS URBANOS MEDIANTE EL USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA PROVINCIA DE JAÉN</b>  Crisanto Martín Montañés, Juan Carlos Rubio Campos, Luís Hueso Quesada, Juan Antonio Luque Espinar, Miguel Rosales Peinado y Juan de Dios Olid Melero</p>	147
	<p><b>EFFECTO DE LA AIREACIÓN INTERMITENTE SOBRE LA ELIMINACIÓN DE FÓSFORO EN UN REACTOR BIOLÓGICO SECUENCIAL (SBR)</b>  Álvaro Real, Ana María García-Martínez, Juan Ramón Pidre y Carlos Aragón</p>	157

INFLUENCIA DEL RÉGIMEN DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE FILTROS INTERMITENTES DE ARENA EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES Juan José Salas Rodríguez, Ramón Bouza Deaño y Álvaro Real Jiménez	169	Montoya Mayor y  AGUA Y PRODUCC PERSPECTIVAS Rodrigo Morillo-V Omaña
<u>SESIÓN II.- AGUA Y PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS</u>	177	<u>SESIÓN III.- AGUA</u>
Conferencia		Conferencia
AGUA Y PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS Andrés del Campo García	179	LA ENERGÍA GEO INAGOTABLE BAJ Carlos López Jime
Comunicaciones libres		Comunicaciones l
PRODUCCIÓN PISCÍCOLA EN ESPAÑA Salvador Cárdenas y Ezequiel Revilla	203	PROYECTO RÍO T Sergio Arenas Coi Segovia, Ignacio V
REUTILIZACIÓN DE AGUAS INDUSTRIALES DEPURADAS Y REGENARADAS PROCEDENTES DEL PROCESADO DE LA ACEITUNA DE MESA PARA USO AGRÍCOLA EN EL RIEGO DEL OLIVAR Pedro Ismael Cruces Camacho	209	SISTEMA DE TRA MINERO DE COBI Juan Carlos Baqu Daniel Montueng
EL CULTIVO DEL GOLF. LA COSECHA DEL OCIO Marco Martín Cabrero y Ángel Serrano García	221	METABOLISMO I CONTEXTUALIZA COBRE "LAS CRU María Jesús Beltr
PROBLEMÁTICA DE LOS LODOS DE DEPURADORAS Y RESIDUOS DE CULTIVOS ENERGÉTICOS. ENSAYOS DE CODIGESTIÓN DE LODOS CON PELLETS DE COSETAS DE REMOLACHAS PRETRATADAS Rocío Montañés, Rosario Solera y Montserrat Pérez	227	BIOMONITORIZA CON CORBICULA Estefanía Bonnai Casillas, José Mig
EFFECTOS DE LA MODERNIZACIÓN DE REGADÍOS EN EL USO DEL AGUA Y DE LA ENERGÍA EN COMUNIDADES DE REGANTES DE ANDALUCÍA I. Fernández, P. Montesinos, J.A. Rodríguez Díaz, E. Camacho, J. Berbel	235	ASPECTOS HIDR (HUELVA, ESPAÑA Juan Carlos Ceró Teresa Valente y
IMPACTO EN LA DEMANDA DE AGUA COMO CONSECUENCIA DE LA VOLATILIDAD DE LOS MERCADOS AGRARIOS Carlos Gutiérrez-Martín y Julio Berbel Vecino	247	ALGUNOS ASPEC TRATAMIENTO I LA MORA (HUEL Juan Carlos Ceró
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, CLASIFICACIÓN Y VALORACIÓN NUTRITIVA DE LAS AGUAS MINERALES NATURALES ENVASADAS DE ANDALUCÍA Francisco Gutiérrez Reguera, Inmaculada Seijo Delgado, Rocío	259	

	Montoya Mayor y Miguel Ternero Rodríguez	
169	AGUA Y PRODUCCIÓN DE AZÚCAR EN ESPAÑA. SITUACIÓN Y PERSPECTIVAS Rodrigo Morillo-Velarde, José Antonio Centeno y José Manuel Omaña	273
177	<u>SESIÓN III.- AGUA, ENERGÍA Y MINAS</u>	283
	Conferencia	
179	LA ENERGÍA GEOTÉRMICA: UN RECURSO ENERGÉTICO INAGOTABLE BAJO NUESTROS PIES Carlos López Jimeno	285
203	Comunicaciones libres	
	PROYECTO RÍO TINTO: GESTIÓN INTEGRAL DEL AGUA Sergio Arenas Corujo, Susana de Elío de Bengy, Daniel Fernández Segovia, Ignacio Vélez Pérez	315
209	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS ASOCIADO AL DRENAJE MINERO DE COBRE LAS CRUCES Juan Carlos Baquero Úbeda, Juan Manuel Marti, Jesús Jimenez, Daniel Montuenga y Carlos Jesús Vázquez	327
221	METABOLISMO INTEGRADO DEL AGUA. UN ANÁLISIS CONTEXTUALIZADO DE LOS FLUJOS HÍDRICOS DE LA MINA DE COBRE "LAS CRUCES" (SEVILLA) María Jesús Beltrán y Esther Velázquez	337
227	BIOMONITORIZACIÓN DE METALES DE PROCEDENCIA MINERA CON CORBICULA FLUMINEA Estefanía Bonnail Miguel, Aguasanta M. Sarmiento, T. Ángel del Valls Casillas, José Miguel Nieto Liñán	347
235	ASPECTOS HIDROQUÍMICOS DE LAS AGUAS DEL RÍO COBICA (HUELVA, ESPAÑA) Juan Carlos Cerón, José Antonio Grande, María Luisa de la Torre, Teresa Valente y María Santisteban	357
247	ALGUNOS ASPECTOS HIDROQUÍMICOS Y BIOLÓGICOS DEL TRATAMIENTO PASIVO DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA, CUEVA DE LA MORA (HUELVA, ESPAÑA) Juan Carlos Cerón, Rafael Pérez-López, Julio Castillo, Manuel Olías y	369

José Miguel Nieto			MANANTIA PERSPECTIV
EL AGUA EN EL SECTOR ELÉCTRICO Manuel Doblado Arrayás y Juan José Pacios Fernández	381		Roberto Por Francisco Ja
CONTEXTO GEOLÓGICO Y ESPELEOLÓGICO DE LA CUEVA NAVARRO IV (CANTIL DE LA ARAÑA, MÁLAGA) Rafael Fernández Rubio, David Lorca Fernández, Ángel T. Cruz Rueda y Ana M. Márquez Alcántara	393		LA PROTEC LA EXTRAC Gerardo Ra
CONTEXTO HIDROGEOLÓGICO Y KARSTOLÓGICO DE LA CUEVA NAVARRO IV (CANTIL DE LA ARAÑA, MÁLAGA) Rafael Fernández Rubio, David Lorca Fernández, Ángel T. Cruz Rueda y Ana M. Márquez Alcántara	405		LOS RECUR Sara Robles
SOBRE LA HIDROQUÍMICA DE CAUCES AFECTADOS POR DRENAJE ÁCIDO DE MINA: LA CUENCA DEL RÍO OLIVARGAS (HUELVA, ESPAÑA) Laura Galván, Juan Carlos Cerón y Manuel Olías	417		VARIACIÓN GRANDE A T (JAÉN) Diego Rojas, Kohfahl, Jav
ESTIMACIÓN DE LA CARGA CONTAMINANTE POR DRENAJE ÁCIDO DE MINAS EN LA CUENCA DEL RÍO ODIEL Laura Galván, Manuel Olías, Juan Carlos Cerón y Rubén Fernández de Villarán	427		ESTUDIO PR DE LA FAJA María Santis Teresa Vale
CARACTERIZACIÓN HIDROQUÍMICA DE UN EFLUENTE MINERO EN LA FAJA PIRÍTICA IBÉRICA José Antonio Grande, María Luisa de la Torre, Teresa Valente, Juan Carlos Cerón, María Santisteban, José Paulino Fernández, Eva Pérez	439		CONTRASTE ENTRE LOS María Luisa Teresa Vale
VERTIDOS A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS PROCEDENTES DE CENTRALES TERMOSOLARES Julio López-Gutiérrez, Miguel Mejías y Samuel Moraleda	449		ESTUDIO DE PROFUNDID DRENAJE ÁC Teresa Vale Paulino Ferr
SISTEMA DE TRATAMIENTO PASIVO PARA DRENAJE ACIDO DE MINA CON ALTAS CONCENTRACIONES METÁLICAS EN LA FAJA PIRÍTICA IBÉRICA Francisco Macías Suárez, Manuel Antonio Caraballo Monge, José Miguel Nieto Liñán y Carlos Ayora Ibáñez	465		SESIÓN IV.- Conferencia
AVES ACUÁTICAS Y HUMEDALES ARTIFICIALES CREADOS EN HUECOS DE EXPLOTACIONES MINERAS Pilar Orche Amaré y Fco. Javier González Márquez	477		CARACTERI ANDALUCES HUMEDALE CAÓTICO SU Bartolomé A
METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO HIDROGEOLÓGICO DE UN	491		Conferencia

381	MANANTIAL MINEROMEDICINAL EN ZONA COSTERA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA FUENTE SANTA Roberto Poncela Poncela, Elzbieta Skupien Balon, Francisco Javier Martín Castro, Mercedes Rodríguez López	
393	LA PROTECCIÓN DEL DOMINIO PÚBLICO HIDRÁULICO FRENTE A LA EXTRACCIÓN DE GAS NO CONVENCIONAL Gerardo Ramos González	501
405	LOS RECURSOS GEOTÉRMICOS EN ANDALUCÍA Sara Robles Fernández y José Sánchez Guzmán	513
417	VARIACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DEL RÍO GRANDE A TRAVÉS DEL DISTRITO MINERO DE LA CAROLINA (JAÉN) Diego Rojas, María del Carmen Hidalgo, José Benavente, Claus Kohfahl, Javier Rey y Julián Martínez	525
427	ESTUDIO PRELIMINAR DE LA AFECCIÓN POR AMD EN EMBALSES DE LA FAJA PIRÍTICA IBÉRICA María Santisteban, Jose Antonio Grande, Maria Luisa de la Torre, Teresa Valente, José Paulino Fernández, Juan Carlos Cerón	535
439	CONTRASTE ESTADÍSTICO DE PARÁMETROS CONTAMINANTES ENTRE LOS RIOS TINTO Y ODIEL María Luisa de la Torre, José Antonio Grande, María Santisteban, Teresa Valente, Juan Carlos Cerón	547
449	ESTUDIO DE LAS VARIACIONES HIDROQUÍMICAS EN PROFUNDIDAD EN UN EMBALSE AFECTADO POR PROCESOS DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA Teresa Valente, Jose Antonio Grande, Maria Luisa de la Torre, José Paulino Fernández, Juan Carlos Cerón, Maria Santisteban	557
465	<u>SESIÓN IV.- AGUA, MEDIOAMBIENTE Y PATRIMONIO</u> Conferencia	567
477	CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA E HIDROGELÓGICA DE HUMEDALES ANDALUCES PARA SU ADECUADA GESTIÓN Y PROTECCIÓN. LOS HUMEDALES KÁRSTICOS EVAPORÍTICOS ASOCIADOS AL COMPLEJO CAÓTICO SUBBÉTICO Bartolomé Andreo Navarro	569
491	Conferencia	



<p>LA CALIDAD COMO FACTOR EN LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO DEL  <b>AGUA</b>          Ángel Vadillo Pérez</p>	583
<p>Comunicaciones libres</p>	
<p>APLICACIÓN DE LAS TIG AL ESTUDIO DE DON JUAN GAVALA SOBRE          EL PROCESO DE COLMATACIÓN DE UN ESPACIO HISTÓRICO: EL  <i>LACUS LIGUSTINUS</i>          Ángel David Bastos Zarandieta</p>	595
<p>EL AGUA EN EL PATRIMONIO HISTÓRICO: MOLINOS HIDRÁULICOS          EN EL CURSO BAJO DEL RÍO GUADALETE EN LA BAJA EDAD MEDIA          (siglos XIII-XVI)          Jesús Bolaños Rodríguez</p>	605
<p>10 PROPUESTAS PARA EL ESTUARIO DEL GUADALQUIVIR          Juan José Carmona Moreno, Eva Hernández Herrero y Felipe          Fuentelsaz Santos</p>	617
<p>PROYECTO DE INVESTIGACIÓN "LA PUEBLA DE LOS INFANTES Y          SUS FUENTES": VALOR HISTÓRICO Y ANTROPOLÓGICO          Francisco Carmona Montoro, Concepción Morente Díaz y José          Vargas Fresno</p>	627
<p>EL RECURSO DE LA ETNOGRAFÍA EN LA PUESTA EN VALOR DE          MANANTIALES ANDALUCES: EL CASO DE LAS SIERRAS DE          CAZORLA Y SEGURA CON EL LIBRO <i>LA SIERRA DEL AGUA</i>          Antonio Castillo y David Oya</p>	639
<p>PATRIMONIO HIDRÁULICO ROMANO DEL <i>CONVENTUS</i>  <i>HISPALENSIS</i>. PROPUESTA DE CATALOGACIÓN          María del Mar Castro García</p>	647
<p>PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA DE ESTIMACIÓN DEL          IMPACTO DE LOS INCENDIOS FORESTALES SOBRE LOS ACUÍFEROS          Y LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS          Juan José Durán Valsero y Alfredo García de Domingo</p>	657
<p>MANANTIALES Y FUENTES DE LA PROVINCIA DE CÁDIZ EN EL          CATÁLOGO <i>WWW.CONOCETUSFUENTES.COM</i>          Virginia María Robles-Arenas, Luís Sánchez-Díaz, José María          Fernández-Palacios y Antonio Castillo</p>	667

583	<p>APLICACIÓN DE BIOESTIMULANTES ORGÁNICOS OBTENIDOS POR PROCESOS ENZIMÁTICOS COMO TRATAMIENTO DE SUELOS CONTAMINADOS CON <math>\gamma</math>-HEXACLOROCICLOHEXANO: EFECTOS BIOQUÍMICOS</p> <p>Ana María García-Martínez, Ana Isabel Díaz, Bruno Rodríguez-Morgado, Manuel Tejada, Juan Parrado</p>	677
595	<p>EVALUACIÓN Y OPERACIÓN DEL RIEGO DE LAS ZONAS AJARDINADAS DEL PARQUE CIENTÍFICO-TECNOLÓGICO RABANALES 21, CÓRDOBA</p> <p>María Garrido Lázaro, Fernando de la Casa Reina y José Roldán Cañas</p>	689
605	<p>CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL ACUÍFERO DE LA SIERRA DE LA ALFAGUARA (GRANADA) A PARTIR DE SUS RESPUESTAS NATURALES</p> <p>Pablo Jiménez Gavilán, Bartolomé Andreo y Francisco Carrasco</p>	701
617	<p>CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA Y PROPUESTA DE PROTECCIÓN DE MANANTIALES Y ÁREAS GANADORAS EN CAUCES (LIH) EN LA DDHH DE LAS CUENCAS MEDITERRÁNEAS ANDALUZAS</p>	713
627	<p>Jorge Jiménez-Sánchez, Juan Carlos Rubio-Campos, Luis Miguel Hueso-Quesada, África De la Hera-Portillo, José M<sup>o</sup> Fernández-Palacios Carmona y Mercedes García-Padilla</p>	
639	<p>CATALOGACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y ZONIFICACIÓN HIDROGEOLÓGICA PARA LA CONSERVACIÓN DE MANANTIALES Y ÁREAS GANADORAS DE CAUCES (LIH) EN ANDALUCÍA (1<sup>a</sup> FASE)</p>	725
647	<p>Jorge Jiménez-Sánchez, Juan Carlos Rubio-Campos, Crisanto Martín-Montañés, Luis Miguel Hueso-Quesada, María Estirado-Oliet, J.M. Fernández-Palacios Carmona y María Isabel Cañizares-García</p>	
657	<p>APROXIMACIÓN A LA HIDROGEOLOGÍA DEL PARQUE NATURAL SIERRA DE ANDÚJAR (JAÉN)</p> <p>Crisanto Martín Montañés, Juan Carlos Rubio Campos, Ricardo Salas Martín, Juan Antonio López Geta, José María Fernández-Palacios Carmona y Mercedes García Padilla</p>	737
667	<p>IMPORTANCIA DE LA CUARCITA ARMORICANA COMO ACUÍFERO EN EL PARQUE NATURAL DE DESPEÑAPERROS</p> <p>Crisanto Martín Montañés, Juan Carlos Rubio Campos, Ricardo Salas Martín, Juan Antonio López Geta, José María Fernández-Palacios Carmona y Juan José Gay Torres</p>	749

LA INTERVENCIÓN ROMANA SOBRE LOS MEDIOS RIBEREÑOS. APROXIMACIÓN AL ESTERO DE HASTA REGIA (JEREZ DE LA FRONTERA, CÁDIZ) Daniel J. Martín-Arroyo Sánchez	761	María Fariña Ma EL CURSO BAJO NUEVOS ENFOQ José María Sánch Emiliano Mellad Abrio
EVALUACIÓN DE LA RECARGA EN MÁRMOLES DE LA SIERRA DE ARACENA (HUELVA): COMPARACIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS Sergio Martos-Rosillo, Miguel Rodríguez-Rodríguez, Francisco Moral Martos	773	ESTUDIO DE LA SUBTERRÁNEAS MARCO DE LA D Begoña Urresti, I
LA DIVULGACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. UN EJEMPLO APLICABLE A ANDALUCÍA Rosa María Mateos, Inmaculada García-Moreno, Concepción González-Casasnovas y Pilar Mateos	785	SESIÓN V.- PLAN Conferencia
MEDIOAMBIENTE, PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA Y CONFLICTOS DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO CASTRIL (GRANADA) Francisco Moral Martos	795	ANÁLISIS DE LA LA POLÍTICA DE SOSTENIBILIDAD Agustín Argüelle Comunicaciones
ESTIMACIÓN DE LA VULNERABILIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS A LA CONTAMINACIÓN POR APLICACIÓN DE LODOS DE DEPURADORA. ANÁLISIS COMPARATIVO EN UN MODELO EXPERIMENTAL Luis Moreno, M <sup>a</sup> Emilia Jiménez, Almudena de la Losa y Silvino Castaño	807	LOS BANCOS PÚBLICITARIOS Y LIMITACIONES DE AGUA María Jesús Beltr
ELEMENTOS TRAZA EN AGUAS SUPERFICIALES DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS TINTO Y ODIEL NO AFECTADAS POR DRENAJE ÁCIDO DE MINAS Manuel Olías, Aguasanta Miguel Sarmiento, Raquel Vega, Carlos Ruiz- Cánovas, Laura Galván y José Miguel Nieto	819	ESTADO ACTUAL DE LOS RÍOS (CÁDIZ) Alejandro Carrer Ignacio Rosso Pé
HOMBRE Y AGUA EN LAS MARISMAS DE DOÑANA: USOS Y TRADICIONES. Antonio Rodríguez-Ramírez y Carmen Contreras Romero	829	USO ILEGAL DEL AGUA José Carmor Valentín Santo
EL PROYECTO <i>CONOCE TUS FUENTES</i> : CUATRO AÑOS DANDO A CONOCER LOS MANANTIALES Y FUENTES DE ANDALUCÍA Luís Sánchez-Díaz, Virginia María Robles-Arenas, Antonio Castillo y José María Fernández-Palacios	839	ESTADO ACTUAL DEL RÍO SERRAN Alejandro Carrer Antonio Romano
PLAN DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICA Y MEJORA AMBIENTAL DEL ARROYO SALADO DE ESPERA (CÁDIZ) José María Sánchez García, Francisco Javier García-Hernanz, José	849	

	María Fariña Mara, Manuel Curros Criado, Emiliano Mellado Álvarez	
761	EL CURSO BAJO DEL RÍO GUADALETE: DIAGNÓSTICO ACTUAL Y NUEVOS ENFOQUES PARA SU RESTAURACIÓN José María Sánchez García, Francisco Javier García-Hernanz, Emiliano Mellado Álvarez, Luis Linares García) y Antonio Figueroa Abrio	855
773	ESTUDIO DE LA CONTAMINACIÓN POR PLAGUICIDAS EN AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA CUENCA DEL RÍO GUADALHORCE EN EL MARCO DE LA DIRECTIVA 2006/118/CE Begoña Urresti, Iñaki Vadillo, Ignacio Morell y Francisco Carrasco	863
785		
795	<u>SESIÓN V.- PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN HÍDRICA</u> Conferencia	875
807	ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN DE UNA CUENCA DESDE LA POLÍTICA DE OFERTA HASTA EL LÍMITE DE LA SOSTENIBILIDAD. CASO DEL GUADALQUIVIR Agustín Argüelles	877
	Comunicaciones libres	
819	LOS BANCOS PÚBLICOS DEL AGUA EN ANDALUCÍA. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL USO DE LOS MERCADOS PARA LA ASIGNACIÓN DE AGUA María Jesús Beltrán	889
829	ESTADO ACTUAL Y ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO A BORNOS (CÁDIZ) Alejandro Carreras Costa, Antonio Jesús García Guerrero y José Ignacio Rosso Pérez	901
839	USO ILEGAL DEL AGUA: DOÑANA COMO CASO DE ESTUDIO Juan José Carmona Moreno, Eva Hernández Herrero y Felipe Fuentelsaz Santos	911
849	ESTADO ACTUAL Y ALTERNATIVAS PARA EL ABASTECIMIENTO A PUERTO SERRANO (CÁDIZ) Alejandro Carreras Costa, Antonio Jesús García Guerrero y María Dolores Romano Camargo	923

LOS PROGRAMAS DE MEDIDAS EN LOS NUEVOS PLANES HIDROLÓGICOS DE LA CUENCA Loreto Fernández Ruiz	933
ANÁLISIS DE LAS PERCEPCIONES DE AGRICULTORES Y REGANTES SOBRE MERCADOS DE AGUA EN LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR Giacomo Giannoccaro, Verónica Pedraza y Julio Berbel	945
SIMULACIÓN DE LA GESTIÓN CONJUNTA DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEOS EN LA LOMA DE ÚBEDA Juan de Dios Gómez Gómez y Antonio González Ramón	957
APROXIMACIÓN A LA CARACTERIZACIÓN HIDROGEOLÓGICA DE LA RELACIÓN HUMEDAL-ACUÍFERO EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR Africa de la Hera Portillo y José Manuel Murillo Díaz	971
APOYO A LA IMPLEMENTACIÓN DE LA DIRECTIVA DE PROTECCIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS. DETERMINACIÓN DE TENDENCIAS Y DE PUNTOS DE PARTIDA PARA LA INVERSIÓN DE TENDENCIAS DEL GUADALQUIVIR Jorge Jiménez-Sánchez, Juan Antonio Luque-Espinar y Juan Grima- Olmedo	983
LA GESTIÓN DEL AGUA EN ANDALUCÍA, UN RETO Y UNA OPORTUNIDAD PARA EL DESARROLLO Francisco J. Lechuga Arias, Juan de Dios Olid Melero, Javier Ballesteros López	995
LA SATISFACCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA EN ANDALUCÍA TRAS LA DIRECTIVA MARCO Juan López Martos, M <sup>a</sup> Teresa Sánchez Martínez, Noelina Rodríguez Ferrero y Manuel Salas Velasco	1005
ACTUALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA HIDROGEOLÓGICA DE LA CUENCA DEL RÍO GUADALQUIVIR COMO BASE PARA LA APLICACIÓN DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA Juan Antonio Luque, Antonio González, Juan Carlos Rubio, Víctor Cifuentes, Agustín Argüelles, Jesús Yesares, Gerardo Ruiz, Crisanto Martín, Sergio Martos, Miguel Martín-Machuca	1029
PROPUESTA DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN DE LOS ABASTECIMIENTOS DE LA PROVINCIA DE JAÉN Juan Antonio Luque, Crisanto Martín, Juan Carlos Rubio, Juan José	1037

Gay y Miguel

PROTECCIÓN  
DEMARCACIÓN  
Juna Antonio  
Rubio y Fran

PROPUESTA  
ABASTECIMI  
Juan Antonio  
y Jesús Beas

CONTROL DE  
INSTALACION  
Crisanto Mart  
Rubio Campo

PROCESO DE  
IDENTIFICAC  
ACTUACIONE  
DEMARCACIÓ  
Raquel Morale  
Ruiz

ORIGEN Y EVOL  
"BALSA DEL S  
María M. Orte

ACTUALIZACI  
Pilar Paneque

ANÁLISIS DE I  
DEL CONSUMO  
Verónica Pedr

EL AGUA SUBT  
APLICACIÓN A  
GUADALQUIVI  
José María Per  
Hernández

REFLEXIONES  
DEPÓSITOS AN  
Luis Rico Bens

	Gay y Miguel Rosales	
933	PROTECCIÓN DE LAS AGUAS DE ABASTECIMIENTO URBANO DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR Juan Antonio Luque, Carlos Martínez, Alberto Jiménez, Juan Carlos Rubio y Francisco Carrasco	1047
945	PROPUESTA DE PERÍMETROS DE PROTECCIÓN DE LOS ABASTECIMIENTOS DE LA PROVINCIA DE GRANADA Juan Antonio Luque, Juan Carlos Rubio, Tomás Peinado, Gema Alcaín y Jesús Beas	1059
957	CONTROL DE EXTRACCIONES Y OPTIMIZACIÓN DE INSTALACIONES EN LOS MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE JAÉN Crisanto Martín Montañés, Juan Antonio Luque Espinar, Juan Carlos Rubio Campos, Juan José Gay Torres y Juan de Dios Olid Melero	1071
971	PROCESO DE SELECCIÓN DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA E IDENTIFICACIÓN DE ACTUACIONES DE RECARGA: EL CATÁLOGO DE ACTUACIONES DE RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR Raquel Morales García, Juan Antonio López Geta y Loreto Fernández Ruiz	1081
983	ORIGEN Y EVACUACIÓN DE LAS AGUAS ACUMULADAS EN LA "BALSA DEL SAPO", T.M. EL EJIDO (ALMERÍA) María M. Ortega Carreras, Fernando Rivas Martínez	1093
995	ACTUALIZACIÓN DEL DEBATE DE LAS SEQUÍAS EN ANDALUCÍA Pilar Paneque Salgado	1103
1005	ANÁLISIS DE LOS FACTORES CONDICIONANTES DE LA EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN LA CUENCA DEL GUADALQUIVIR Verónica Pedraza, Giacomo Giannoccaro y Julio Berbel	1117
1029	EL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA GESTIÓN DE LAS SEQUÍAS. APLICACIÓN A LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR José María Pernía Llera, Silvino Castaño Castaño, José María Ruiz Hernández	1129
1037	REFLEXIONES SOBRE EL DISEÑO DE TANQUES DE TORMENTA Y DEPÓSITOS ANTI-DSU (DESCARGA DE SISTEMAS UNITARIOS) Luis Rico Bensusan	1145

PROBLEMAS HIDROGEOLÓGICOS EN EMBALSES. CASOS DE ESTUDIO EN ANDALUCÍA Verónica Ruiz-Ortiz, Santiago García-López, Manuel Olías, José Luis Molina	1157	Igúzquiza, Ma Chica-Rivas
ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LA EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD Y EL ANÁLISIS DE PRESIONES EN LAS MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA DE LA CUENCA DEL RÍO GUADALHORCE (MÁLAGA, ESPAÑA) Damián Sánchez-García y Francisco Carrasco	1169	VARIACIONES AGUAS SUBTE FRONTERA (U Carmen Corad Diana Álvarez-
EVOLUCIÓN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALETE Y BARBATE EN EL MARCO DE LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA José Luis Torreblanca Sojo, Damián Sánchez García, Isaac Pérez Ramos, Manuel López Rodríguez e Ildefonso Ortega Calderón	1181	ANÁLISIS MOF TRIDIMENSIOI Juan José Durá Lopera, Jesús C Juan Antonio L Carolina Guard
<u>SESIÓN VI.- AGUA, INVESTIGACIÓN Y DIFUSIÓN</u>	1195	MÉTODOS PAR PARCELA Y CU. A.J. Espejo-Pérr K-Vanderlinde
Conferencia		INVENTARIO D LA MASA DE AC (GRANADA) Begoña García I Isanta Amela, Ig Antonio Jesús G
PRIORIZACIÓN DE ACTUACIONES EN HIDROGEOLOGÍA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS DURANTE LOS PRÓXIMOS AÑOS José Manuel Murillo Díaz	1197	GEOMETRÍA Y I LA MASA DE AG (GRANADA) Begoña García P Miverio Casas R Beatriz López R
Conferencia		CONTENIDO ISO LA CUENCA BAJ, Santiago García- Francisco Montero,
AGUA, EDUCACIÓN Y SOCIEDAD Agustín Cuello Gijón	1233	COMPARACIÓN I DE CARGA EN EL DE LA SIERRA DI Carolina Guardío Galdán, Cristina
Comunicaciones libres		
REGULACIÓN DEL ACUIFERO DE ARROYOMOLINOS PARA EL ABASTECIMIENTO A ZAHARA DE LA SIERRA, EL GASTOR Y PUERTO SERRANO (CÁDIZ) Alejandro Carreras Costa y Antonio Jesús García Guerrero	1247	
ANÁLISIS ESPACIAL DEL RIESGO DE CONTAMINACIÓN POR NITRATOS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL ACUÍFERO DE LA VEGA DE GRANADA Y SUS IMPLICACIONES SANITARIAS Mario Chica-Olmo, Juan Antonio Luque-Espinar, Eulogio Pardo-	1259	

- 1157 Igúzquiza, M<sup>a</sup> José García-Soldado, Victor Rodríguez-Galiano, Lucía  
Cruca-Rivas
- VARIACIONES ESTACIONALES DE TENSIOACTIVOS SINTÉTICOS EN  
AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LOS ACUÍFEROS DE JEREZ DE LA  
FRONTERA (UH 05.56) Y ALUVIAL DEL GUADALETE (UH 05.55) 1269  
Carmen Corada-Fernández, Nivis Torres-Fuentes, Lucila Candela,  
Diana Álvarez-Muñoz y Eduardo González-Mazo
- 1181 ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE REDES KÁRSTICAS  
TRIDIMENSIONALES EN LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA) 1277  
Juan José Durán, Rogelio Ferrer, Manuel Guerrero-Sánchez, Jorge  
Lopera, Jesús Cuenca, Jorge Romo-Villalba, Eulogio Pardo-Igúzquiza,  
Juan Antonio Luque-Espinar, Pedro Agustín Robledo-Ardila,  
Carolina Guardiola-Albert, Sergio Martos-Rosillo y Antonio Pedrera
- MÉTODOS PARA EVALUAR LA HUMEDAD DEL SUELO A ESCALA DE  
PARCELA Y CUENCA 1287  
A.J. Espejo-Pérez, A. Pedrera, G. Martínez, J.V. Giráldez,  
K. Vanderlinden, M.L. Prados, C. Guardiola-Albert
- 1195 INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA Y ANÁLISIS PIEZOMÉTRICO DE  
LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA 051.512 GUADIX-MARQUESADO  
(GRANADA) 1297  
Begoña García Pardo, Mónica López Martín, Silverio Casas Ruiz, Nuria  
Isanta Amela, Ignacio Caballero Rivas, Beatriz López Rodríguez y  
Antonio Jesús García Guerrero
- 1233 GEOMETRÍA Y FUNCIONAMIENTO DEL SECTOR OCCIDENTAL DE  
LA MASA DE AGUA SUBTERRÁNEA 051.511. SIERRA DE BAZA  
(GRANADA) 1307  
Begoña García Pardo, Mónica López Martín, Antonio Pineda Velasco,  
Silverio Casas Ruiz, Nuria Isanta Amela, Ignacio Caballero Rivas,  
Beatriz López Rodríguez y Antonio Jesús García Guerrero
- 1247 CONTENIDO ISOTÓPICO (<sup>18</sup>O Y <sup>2</sup>H) EN ACUÍFEROS DETRÍTICOS DE  
LA CUENCA BAJA DEL GUADALETE (PROVINCIA DE CÁDIZ) 1319  
Santiago García-López, José Luis Molina González, María Jesús  
Blanco Montero, Juan Pablo Saavedra Lyng y Verónica Ruiz Ortiz
- 1259 COMPARACIÓN DE DISTINTOS MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA  
RECARGA EN EL SECTOR OCCIDENTAL DEL ACUÍFERO KÁRSTICO  
DE LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA) 1331  
Carolina Guardiola-Albert, Sergio Martos-Rosillo, Pablo Jiménez-  
Gavilán, Cristina Liñán Baena, Eulogio Pardo-Igúzquiza, Rocío



Cerezuela, David Pulido, Juan Antonio Luque-Espinar, Juan José Durán Valsero y Pedro Agustín Robledo-Ardila

ESTUDIO DE LOS FLUJOS TURBULENTOS A TRAVÉS DE LA MODELACIÓN MATEMÁTICA CON MODFLOW CFP EN DOS ACUÍFEROS KÁRSTICOS ANDALUCES

Carolina Guardiola-Albert, Sergio Martos-Rosillo, Eulogio Pardo-Igúzquiza, Juan Antonio Luque-Espinar, Juan José Durán, y Pedro Agustín Robledo-Ardila

1347

ALGUNAS APORTACIONES AL CONOCIMIENTO HIDROGEOLÓGICO DEL TRÍAS SUBBÉTICO

Carlos Herrera

1361

EL ACUÍFERO DE LA SIERRA DE ALBUÑUELAS. UNA REVISIÓN DE SU FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

Carlos Herrera

1373

LA DIVULGACIÓN CIENTÍFICA COMO FORMA DE DAR A CONOCER LA HIDROGEOLOGÍA A LA SOCIEDAD. LA GUÍA DIDÁCTICA DE LOS ACUÍFEROS DEL PARQUE NATURAL DE LA SIERRA NORTE DE SEVILLA Y LA COLECCIÓN LOS ITINERARIOS DEL AGUA EN LA PROVINCIA DE SEVILLA

Juan Antonio López-Geta, Sergio Martos-Rosillo, Miguel Martín-Machuca, Carlos Mediavilla, Agustín Cosano, José Luis Girón y Macías Guerrero

1385

ESTADO DEL CONOCIMIENTO DE LAS MASAS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE ANDALUCÍA

Juan Antonio López-Geta, Juan Carlos Rubio, Carlos Mediavilla, María Estirado, Julia Espina, Mercedes García-Padilla, José Sánchez-Guzmán, Ana Rebollo

1397

PROPUESTA DE UN PLAN ANDALUZ DE INVESTIGACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Juan Antonio López-Geta, Juan Carlos Rubio, Carlos Mediavilla, María Estirado, Julia Espina, Mercedes García-Padilla, María Isabel Cañizares, José Sánchez-Guzmán, Ana Rebollo

1409

USO DE IMÁGENES RADAR EN LA ESTIMACIÓN DE PATRONES DE VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA LLUVIA EN LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA)

J.A. Luque, E. Pardo-Igúzquiza, C. Guardiola-Albert, S. Martos-Rosillo, J. J. Durán, C. y P. A. Robledo-Ardila

1421

RESPUESTA HIDROGEOLÓGICA DEL ROSARIO (ALBUÑUELAS), PROVINCIA DE MÁLAGA, ANDALUCÍA  
Matías Mudarra Navarro

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO KÁRSTICO DE LA SIERRA DE ALBUÑUELAS  
Eulogio Pardo-Igúzquiza, Juan Antonio Luque-Espinar, Juan José Durán, Agustín Robledo-Ardila

MODELACIÓN DE LA RECARGA EN ACUÍFEROS KÁRSTICOS DE LA SIERRA DE ALBUÑUELAS  
Enrico Hamann;

PROPUESTA DE UN PLAN ANDALUZ DE INVESTIGACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS  
Jorge Jiménez-Sáenz, Fernando Chacón, Espina-Argüello,

RELACIONES ENTRE LA RECARGA DEL ACUÍFERO DE LA SIERRA DE ALBUÑUELAS Y EL CLIMA  
Heriberto Juárez, Emiliano

EFECTOS CLIMÁTICOS DE LAS NIEVES EN LA CANTIDAD DE AGUA SUBTERRÁNEA  
Juan Antonio Luque-Espinar, Juan José Durán, Agustín Robledo-Ardila

CARTOGRAFÍA DE LA ESTRUCTURA DE LAS NIEVES EN LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA)  
Juan Antonio Luque-Espinar, Eulogio Pardo-Igúzquiza, Juan José Durán, Agustín Robledo-Ardila y Carolina

ESTIMACIÓN DE LA CANTIDAD DE AGUA EN EL ACUÍFERO KÁRSTICO DE LA SIERRA DE ALBUÑUELAS  
Eulogio Pardo-Igúzquiza, Juan Antonio Luque-Espinar, Juan José Durán, Agustín Robledo-Ardila

	ESTADÍSTICA HIDRODINÁMICA DEL MANANTIAL DE VILLANUEVA DE CÁDIZ (ACUÍFERO DE LAS SIERRAS DE CAMAROS Y DEL DE LA PROVINCIA DE MÁLAGA) BAJO DIFERENTES CONDICIONES CLIMÁTICAS	1431
1347	Ignacio Mudarra Martínez, Pablo Jiménez Gavilán y Bartolomé Andreo Carrero	
	ESTIMACIÓN ESPACIO-TEMPORAL DE LA RECARGA EN EL ACUÍFERO KÁRSTICO DE SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA)	1445
1361	Eulogio Pardo-Igúzquiza, Sergio Martos-Rosillo, Juan Antonio Luque-Espinar, Juan José Durán, Carolina Guardiola-Albert y Pedro Agustín Robledo-Ardila	
	MODELACIÓN DE LA EVOLUCIÓN HIDROQUÍMICA DE SALMUERAS EN ACUÍFEROS DEBAJO DE UN PLAYA LAKE	1457
1373	Harico Hamann; Vincent Post; Henning Prommer, Claus Kohfahl	
	PROPUESTA DE ITINERARIOS HIDROGEOLOGICOS EN EL PARQUE NATURAL DE LA SIERRA DE BAZA	1465
1385	Jorge Jiménez-Sánchez, Juan Carlos Rubio-Campos, Francisca Fernández-Chacón, José M <sup>a</sup> Fernández-Palacios Carmona, Julia Espina-Argüello, Antonio Castillo-Martín y José Benavente-Herrera	
	RELACIÓN AGUAS SUPERFICIALES-AGUAS SUBTERRÁNEAS Y RECARGA DEL ACUÍFERO DE LOS SOTOS, DOÑANA, ESPAÑA	1479
	Iker Juárez, Emilio Custodio, Marisol Manzano y Horacio Higuera	
	CICLOS CLIMÁTICOS EN LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA) INFERIDOS A PARTIR DEL ANÁLISIS ESPECTRAL DE SERIES DE PRECIPITACIÓN	1491
1397	Juan Antonio Luque, Eulogio Pardo-Igúzquiza, Sergio Martos-Rosillo, Juan José Durán, Carolina Guardiola-Albert, y Pedro Agustín Robledo-Ardila	
	CARTOGRAFÍA GEOESTADÍSTICA DE LA DENSIDAD DE FRACTURACIÓN DEL MACIZO KÁRSTICO DE SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA)	1501
1409	Juan Antonio Luque, Antonio Pedrera, Sergio Martos-Rosillo, Eulogio Pardo-Igúzquiza, Juan José Durán, Pedro Agustín Robledo- Ardila y Carolina Guardiola-Albert	
	LOS ACUÍFEROS DE LA SIERRA DE ESTEPA Y EL INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA. CUATRO DÉCADAS DE SERVICIO TÉCNICO E INVESTIGACIÓN HIDROGEOLOGICA	1511
1421	Sergio Martos-Rosillo, Miguel Martín Machuca, Diego Martín Sosa y	

Juan Antonio López-Geta

COMPARACIÓN DE METODOLOGÍAS GEOESTADÍSTICAS PARA LA ESTIMACIÓN AUTOMÁTICA DE LLUVIA (SIERRA DE LAS NIEVES, MÁLAGA)

1525

Eulogio Pardo-Igúzquiza, Carolina Guardiola-Albert, Juan José Durán, Juan Antonio Luque-Espinar, Pedro Agustín Robledo-Ardila y Sergio Martos-Rosillo

METODOLOGÍA DE MONTE CARLO PARA EVALUAR LA INCERTIDUMBRE DE LA RECARGA (SIERRA DE LAS NIEVES, MÁLAGA)

1535

Eulogio Pardo-Igúzquiza, Juan Antonio Luque-Espinar, Sergio Martos-Rosillo, Pedro Agustín Robledo-Ardila, Juan José Durán, y Carolina Guardiola-Albert

MICROGRAVIMETRÍA RELATIVA 4D PARA ESTUDIO DE LA RECARGA EN EL KARST SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA)

1545

Juan Luis Plata Torres

CONSIDERACIONES SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL ALTO ALMANZORA (ALMERÍA)

1557

Antonio Pulido Bosch, Salvador España y Ángela Vallejos

EMPLEO DE OZONO PARA LA DEGRADACIÓN DEL ÁCIDO CLOFÍBRICO

1569

María José Quero Pastor, Asunción Acevedo Merino, Álvaro Valenzuela Romero, José María Quiroga Alonso

DOLINAS RELLENAS DE SEDIMENTO EN LA SIERRA DE LAS NIEVES (PROVINCIA DE MÁLAGA) Y SU INTERPRETACIÓN MEDIANTE PERFILES DE TOMOGRAFÍAS ELÉCTRICAS

1575

Pedro Agustín Robledo Ardila, Eulogio Pardo-Igúzquiza, Juan José Durán Valsero, Luis Jordá Bordehore, Carolina Guardiola-Albert, Sergio Martos-Rosillo y Juan Antonio Luque-Espinar

ANÁLISIS MEDIANTE IMÁGENES DE SATÉLITE DEL PAPEL DE LA NIEVE EN LA RECARGA DE ACUÍFEROS KÁRSTICOS MONTAÑOSOS (SIERRA DE LAS NIEVES, MÁLAGA, ESPAÑA)

1587

Pedro Agustín Robledo Ardila, Eulogio Pardo-Igúzquiza, Juan José Durán Valsero, Víctor Rodríguez Galiano, Carolina Guardiola-Albert, Sergio Martos-Rosillo, Juan Antonio Luque-Espinar

RESPUESTA HIDRODINÁMICA E HIDROQUÍMICA DEL ACUÍFERO DE LA VEGA DE GRANADA EN EL ENTORNO DE UNA CHOPERA

1599

REGADA CON Virginia María Sánchez-Díaz, García-Reyes,

CARTOGRAFÍA CAMPO, GEOL LAS NIEVES (M Víctor Rodríguez Mario Chica-Ol Albert, Sergio M

EL ANÁLISIS DE INTERPRETACIÓN DE POSADAS-A Francisco Javier Antonio Luque

LOS ATLAS HIDROGRÁFICOS DE LA PENINSULA IBERICA Y R

SESION VII- AG

Conferencia

EL PAPEL DE LA AGUA EN LA INNOVACION EN LA GESTION DEL AGUA Quiroga

Comunicaciones

EL SISTEMA DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA) CARRETERA DE GRANADA A LA SIERRA DE LAS NIEVES Salvador Rodríguez

CONFERENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA)

CONFERENCIA DE AGUAS SUBTERRANEAS EN LA SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA)

	REGADA CON AGUAS RESIDUALES URBANAS DEPURADAS Virginia María Robles-Arenas, Diego Rojas, Iacopo Benedetti, Lufs Sanchez-Díaz, Antonio Molina-Díaz, José Robles, Juan Francisco García-Reyes, Antonio Castillo, José Benavente	
1525	CARTOGRAFÍA DEL EPIKARST INTEGRANDO INFORMACIÓN DE CAMPO, GEOLOGÍA E IMÁGENES DE SATÉLITE: CASO DE SIERRA DE LAS NIEVES (MÁLAGA) Víctor Rodríguez-Galiano, Eulogio Pardo-Igúzquiza, Juan José Durán, Mario Chica-Olmo, Juan Antonio Luque-Espinar, Carolina Guardiola- Albert, Sergio Martos-Rosillo y Pedro Agustín Robledo-Ardila	1611
1535	EL ANÁLISIS DE LA GEOLOGÍA DE SUBSUELO EN LA INTERPRETACIÓN DE ACUÍFEROS PROFUNDOS. EL PALEODELTA DE POSADAS-ALMODÓVAR (CUENCA DEL GUADALQUIVIR) Francisco Javier Roldán, Tomás Peinado, Antonio Pedrera y Juan Antonio Luque	1621
1545	LOS ATLAS HIDROGEOLÓGICOS COMO HERRAMIENTAS DE DIFUSIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS Leticia Vega y Raquel Morales	1633
1557	<u>SESIÓN VII.- AGUA DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA</u>	1643
	Conferencia	
1569	EL PAPEL DE LA REUTILIZACIÓN EN LA GESTIÓN DEL RECURSO AGUA: INNOVACIÓN Y DESARROLLO José M <sup>a</sup> Quiroga Alonso	1645
	Comunicaciones libres	
1575	BROCAL: SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR Jerónimo Carranza Carranza, Cándido Brieva Romero, Marta Copado García, Salvador Bello Lucena, Angelina González-Nicolás Chicote, Martín Rodríguez Ladrón de Guevara	1659
1587	REGENERACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEPURADAS CON TECNOLOGÍA DE LAGUNAJE MEDIANTE FILTROS INTERMITENTES DE ARENA Manuel Enrique López, Juan José Salas, José María Quiroga	1669
1599	REUTILIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES REGENERADAS CON FILTROS INTERMITENTES DE ARENA PARA EL RIEGO DE	1677

LECHUGA ROMANA (*LACTUCA SATIVA*)

Manuel Enrique López, Juan José Salas, José María Quiroga

APLICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN HIDROGEOLOGICA EN LOS  
PROYECTOS DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO DESDE  
ANDALUCÍA. EL CASO DE BOUADIL (MAKNÉS-TAFILALET,  
MARRUECOS)

1685

Crisanto Martín Montañés, Javier Reina Ortega, Alessandro Marsali,  
Aída Muñoz Maqueda, Elísabet Arrese Arruarte, Gabriel Pérez  
Martínez y Libertad Gómez Vialás

DESARROLLO Y VALIDACIÓN DE UN MODELO DE GESTIÓN  
ADAPTATIVA PARA EL VERTIDO DE SALMUERA: PROYECTO  
ASDECO (SISTEMA AUTOMÁTICO PARA EL CONTROL DEL VERTIDO  
DE DESALADORAS)

1697

Rafael Molina Sánchez, José María Hernández Torres y  
José María Cortés

INFLUENCIA DEL DIGESTATO ANAEROBIO TERMOFÍLICO SOBRE  
LA PRODUCCIÓN DE FANGOS EN UN SISTEMAS DE LODOS ACTIVOS  
CONVENCIONAL

1711

Pablo M<sup>a</sup> Romero Pareja, Carlos A Aragón Cruz,  
José M<sup>a</sup> Quiroga Alonso y M<sup>a</sup> Dolores Coello Oviedo

APLICACIÓN DE LA CAVITACIÓN HIDRODINÁMICA EN EL  
TRATAMIENTO DE AGUAS EN LA INDUSTRIA AVÍCOLA  
Inmaculada Seijo Delgado, Reyes Real Mayoral, Rocío Montoya  
Mayor, Daniel Trigo García y Miguel Ternero Rodríguez

1723

CONFERENCIA DE CLAUSURA

1735

LA DESCRIPCIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA DE LA SIERRA DE  
GRAZALEMA. JUAN GAVALA Y EL INTERÉS POR EL ESTUDIO DE LAS  
MONTAÑAS

1737

Emilio Martín Gutiérrez

## ESTUDIO DE LAS VARIACIONES HIDROQUÍMICAS EN PROFUNDIDAD EN UN EMBALSE AFECTADO POR PROCESOS DE DRENAJE ÁCIDO DE MINA

Teresa Valente<sup>(1,2)</sup>, Jose Antonio Grande<sup>(1)</sup>, Maria Luisa de la Torre<sup>(1)</sup>, José Paulino Fernández<sup>(3)</sup>, Juan Carlos Cerón<sup>(1)</sup>, Maria Santisteban<sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Centro de Investigación para la Ingeniería en Minería Sostenible. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Huelva. Ctra. Palos de la Frontera. s/n. 21819. Palos de la Frontera. Huelva. Spain.

<sup>(2)</sup> Centro de Investigação Geológica, Ordenamento e Valorização de Recursos, Departamento de Ciências da Terra, Universidade do Minho, Campus de Guaitar, 4710-057 Braga. Portugal.

<sup>(3)</sup> Departamento de Explotación y Prospección de Minas. Universidad de Oviedo. Escuela Politécnica de Mieres. / Gonzalo Gutiérrez Quirós, s/n. 33600. Mieres. Spain.

### RESUMEN

En climas semiáridos, la construcción de embalses es una alternativa común para cubrir las necesidades de agua de la población y la industria. La vulnerabilidad de estas aguas frente a la contaminación es mucho mayor que la de las aguas subterráneas. El embalse de El Sancho (Faja Pirítica Ibérica, SW España) fue construido en 1962 y se nutre de las aguas del río Meca, el cual recibe aguas contaminadas procedentes de diferentes tributarios subsidiarios, sobre todo de la mina abandonada de Tharsis. El presente trabajo se focaliza en el estudio de las variaciones hidroquímicas en las aguas del embalse de El Sancho, con el fin de definir potenciales procesos de estratificación en la carga metálica y de sulfatos. Para ello, se llevó a cabo, en octubre de 2011, un muestreo estratificado desde la superficie, con intervalos de 1 metro, hasta el fondo del embalse. De los gráficos de evolución en profundidad, resulta una clara estratificación de los valores de temperatura, pH conductividad y oxígeno disuelto, así como de las correspondientes cargas metálicas y de sulfatos asociados a esta. Los datos obtenidos ponen en evidencia el incremento de la carga metálica en el fondo del embalse, que estudios previos tan solo detectaban para el hierro. El incremento de concentraciones es más evidente en el hypolimnion para Cu, Pb, Fe, Al y Mn.

**Palabras clave:** Agua contaminada, drenaje ácido de mina, Faja Pirítica Ibérica, embalse, estratificación en profundidad.

## 1. INTRODUCCIÓN.

El sector estudiado, se localiza en la Faja Pirítica Ibérica del suroeste Español (Figura 1).

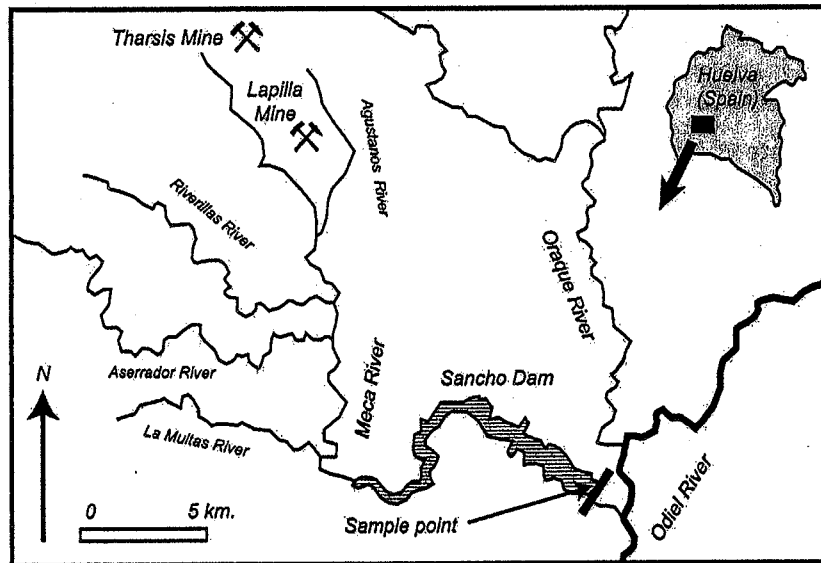


Figura 1. Mapa de localización.

Contiene numerosos yacimientos de sulfuros masivos paleozoicos gigantes y supergigantes, los más grandes del mundo, según Saez *et al* (1999). Estos yacimientos vienen siendo explotados desde hace más de 2000 años habiendo quedado como restos de esta actividad numerosas y extensas labores mineras, así como varios millones de toneladas de escorias antiguas de diferente composición (Pinedo Vara, 1963) in Grande *et al* (2005a). Todo ello conformada un escenario particularmente degradado con más de 500 ha afectadas por la actividad extractiva, donde encontramos todo tipo de estructuras mineras sin restaurar que, a pesar del cierre de la actividad, continúan emitiendo lixiviados ácidos a la red fluvial contaminados por drenaje ácido de mina (AMD).

La construcción de embalses es una de las alternativas más frecuentes para dar cobertura a las necesidades de las poblaciones e industrias que se localizan en climas semiáridos, la vulnerabilidad de estas aguas superficiales frente a procesos de contaminación es mucho mayor que en el caso de las aguas subterráneas (Grande *et al*/2010a). La Presa del Sancho fue construida en el año 1962 y se nutre de las aguas del río Meca. Tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 58 Hm<sup>3</sup>, ocupando las aguas embalsadas una superficie de 427 ha. La superficie total de la cuenca vertiente es de 314 Km<sup>2</sup>, con una longitud de coronación de muro de 224 metros a una cota de 56 metros sobre el nivel del mar. El río Meca (Figura 1) recibe,

a través de diferentes afluentes subsidiarios, aguas contaminadas por procesos AMD procedentes en su mayor parte de las explotaciones mineras de Tharsis (SW Spain), ya abandonadas, donde encontramos una superficie ocupada por escombreras superior a 300 ha, además de dos grandes cortas y un sinfín de minados e instalaciones de tratamiento mineralúrgico que conforman un escenario particularmente degradado por la actividad industrial potencialmente responsable de la generación de AMD. Las aguas de la presa son utilizadas con fines industriales para abastecer a la fábrica de pasta de papel situada, aguas abajo, a 15 Km, en la localidad de San Juan del Puerto (SW Spain).

Diferentes autores han descrito los procesos que afectan a las aguas del embalse del Sancho: Sarmiento *et al* (2009) describen los procesos de atenuación natural, mientras Torres *et al* (2010) formulan una propuesta sobre el funcionamiento del control geoquímico del reservorio. En ambos casos el número de puntos de muestreo es muy inferior al considerado para el presente trabajo.

## 2. OBJETIVOS Y MÉTODO

El presente trabajo pretende definir las variaciones hidroquímicas verticales en las aguas de la Presa del Sancho y el establecimiento de potenciales estratificaciones en la carga metálica y de sulfatos, que permitan la definición de capas horizontales con similares características.

Para ello, se procedió, en octubre de 2011, a un muestreo estratificado a pie de muro, desde la superficie, con intervalos de 1 metro en profundidad hasta el fondo de la presa. Se utilizó una botella sacamuestras Hidro-bios KIEL, que permite la extracción de la muestra a diferentes profundidades. Se midieron in situ los valores de Temperatura, pH, conductividad, total de sólidos disueltos, mediante un equipo multiparamétrico portátil Crison MM40, y oxígeno disuelto con sonda Hydrolab Quanta. Se tomaron en cada punto de referencia una muestra duplicada; la primera de ellas para determinar el contenido en sulfatos y la segunda para determinar el contenido en metales, en este caso acidulando  $\text{HNO}_3$  al 2% para su correcta conservación y evitar precipitación metálica. Ambas se transportaron en botes de polietileno de 100 mL y refrigeradas hasta llegar al laboratorio en nevera portátil a 4°C, abordándose los trabajos analíticos inmediatamente después de la recepción de las muestras en el laboratorio.

Todos los reactivos fueron de grado analítico o calidad *Suprapure* (Merck, Darmstadt, Alemania). Se utilizó como disolución madre o patrón, soluciones con certificado AA de Merck. Agua Milli-Q (Millipore, Bedford, MA) usada en todos los experimentos. Los análisis de metales en las muestras de aguas se realizaron con un espectrofotómetro de absorción atómica modelo AAAnalyst 800 (Perkin-Elmer, Norwalk) equipado con un horno de grafito y generador de hidruros. Los sulfatos fueron determinados por cromatografía iónica con supresión química (Standard Methods, 4110). De cada uno de los análisis se realizó un replicado para garantizar la exactitud en la medida.



A diferencia de trabajos anteriores (Sarmiento *et al.* 2009) y Torres *et al.* (2010), en que los muestreos para la determinación de metales y sulfatos quedan limitados a tres puntos, en este trabajo el muestreo es mucho más exhaustivo, a efectos de definir con precisión las variaciones en la vertical de cada contaminante. Con ello se obtuvieron un total de 28 muestras a intervalos de 1 metro. Las muestras se tomaron por duplicado, a una de ellas se añadió ácido nítrico para evitar la precipitación de los metales antes de su medición en el laboratorio, en la segunda, sin acidular, se procedió a determinar contenido en sulfatos. En laboratorio se procedió a la determinación de la concentración de metales en agua mediante espectrofotometría de absorción atómica, los sulfatos fueron determinados mediante fotometría. El tratamiento estadístico fue abordado con el paquete Statgraphic Centurión para la obtención del sumario estadístico y las gráficas de evolución en profundidad.

### 3. RESULTADOS

El sumario estadístico de variables (tabla 1) permite las siguientes observaciones:

Los valores de pH oscilan entre 3.5 en la parte más superficial, aumentando en profundidad hasta 4.6, con un valor medio para toda la columna de agua de 3.9, lo que indica una evidente afección por procesos AMD en la cuenca vertiente.

Parámetros	Media	Varianza	Desviación estándar	Coefficiente variación%	Mínimo	Máximo	Rango
pH	3.9	0.2303	0.4802	12.23	3.5	4.6	1.17
Cond. ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	441.57	279.21	16.71	3.78	401	472	71
T ( $^{\circ}\text{C}$ )	22.37	20.09	4.48	20.03	14.6	25.8	11.2
TSD (mg/L)	283.03	115.81	10.76	3.80	257	302	45
OD (mg/L)	3.79	5.5108	2.34	69.08	0.16	6.16	6
Fe (mg/L)	0.75	0.0250	0.15	20.96	0.54	1.16	0.62
Al (mg/L)	0.01	0.0029	0.05	54.82	0.012	0.20	0.19
Cd (mg/L)	0.13	0.000	0.01	7.27	0.108	0.147	0.039
Cu (mg/L)	0.63	0.0076	0.08	13.73	0.418	0.807	0.389
Mn (mg/L)	1.48	0.0140	0.12	7.99	1.08	1.68	0.589
Ni (mg/L)	0.01	6.609 E-8	0.0002	2.49	0.009	0.01	0.001
Pb (mg/L)	1.02	0.13	0.35	34.66	0.27	1.91	1.63
Sb (mg/L)	0.002	5.196 E-7	0.0007	31.98	0.0012	0.0034	0.0022
Zn (mg/L)	2.27	0.1288	0.35	15.78	1.49	2.73	1.23
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/L)	181.75	91.23	9.55	5.25	170	199	29

Tabla 1. Sumario estadístico.

Las concentraciones medias de metales y sulfatos se encuentran muy afectadas por los procesos de dilución en el embalse, estando muy por debajo de los valores que cabría esperar en una balsa minera o en un cauce AMD, ya descritos por distintos autores Aroba *et al.*, 2007; Borrego, 1992-2002-2011; Carro *et al.*, 2011; Braungardt *et al.*, 1998; Davis *et al.*, 2000; de la Torre *et al.*, 2009-2010-2011; Elbaz-Poulichet *et al.*, 1999-2000-2001; Grande, 2011; Grande *et al.*, 2000; 2003a-

asos de

l/ (2010),  
limitados  
fectos de  
on ello se  
estras se  
evitar la  
segunda,  
atorio se  
mediante  
rminados  
paquete  
áficas de

b; 2005a-b; 2007-2009-2010a-b-c-d-e; 2011a-b; Jiménez *et al.*, 2009; Leblanc *et al.*, 2000; Sáinz *et al.*, 2002-2003a-2003b-2004-2005.

En relación con las gráficas de evolución en profundidad (figuras 2 y 3), cabe formular las siguientes observaciones:

Las variables Cu, Fe, Cond, TSD, Mn y Cd, muestran valores descendentes en profundidad hasta el metro 15 y a partir de este punto toman valores en ascenso. Las variables OD, Ni, Sb, T y Zn, toman valores decrecientes de forma suave en profundidad hasta el metro 20, y a partir de este punto los valores se mantienen constantes o en ligero descenso. El pH, se mantiene constante hasta el metro 15 donde se produce un ascenso brusco hasta el metro 20 en que tiende a estabilizarse en valores próximos a 4.6. El Pb y el Al toman valores crecientes en profundidad a lo largo de toda la columna de agua. Los sulfatos presentan un comportamiento dispar, con cierta similitud respecto a TSD y Cond, pero con un aumento puntual en el metro 5 de profundidad.

aciones:  
tando en  
de 3.9, lo

o	Rango
	1.17
	71
	11.2
	45
	6
	0.62
	0.19
	0.039
	0.389
	0.589
	0.001
	1.63
	0.0022
	1.23
	29

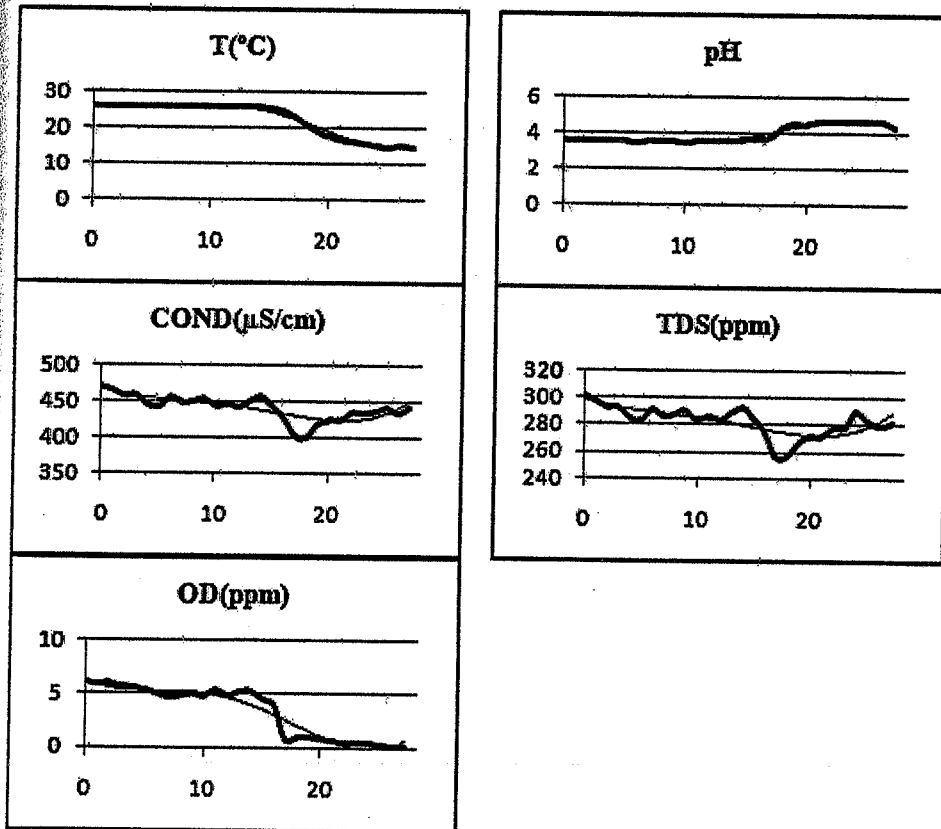


Figura 2. Gráficas de evolución en profundidad de los parámetros medidos in situ.

fectadas  
s valores  
itos por  
, 2011;  
0-2011;  
2003a-

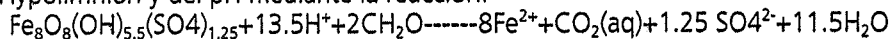
#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En las regiones templadas, las aguas de los embalses suelen estar fuertemente estratificadas en el verano, recordemos que el muestreo al que se refieren las variables que se consideran en este trabajo se hizo a final de verano. La parte superior más cálida (epilimnion) se aísla de la más fría (hipolimnion) por una zona llamada termoclina que actúa como barrera ante el intercambio de materiales.

A partir de la observación de las gráficas de evolución en profundidad (figuras 2 y 3), resulta evidente la estratificación de los valores de T, pH, conductividad y Oxígeno disuelto, y con ello, de las correspondientes cargas metálicas y de sulfatos asociadas en profundidad. Este escenario es similar al descrito por Doyle y Runnells (1997) en López-Pamo *et al* 2010, presentando una capa inferior más densa (*monimolimnion*) que se situaría para este embalse entre los metros 20 hasta 28 y que no se mezcla con el resto, una capa superficial (*epilimnion*) situada entre los metros 0 al 15 y sometida a procesos de evaporación y circulación, y una capa de mezcla situada entre las dos anteriores (*mixolimnion*) que se situaría entre los metros 16 y 20.

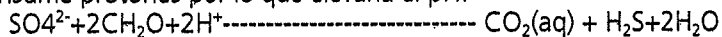
El aumento de la concentración de metales en el Hipolimnion viene acompañado por una disminución de la concentración de sulfatos en esa zona en comparación con el epilimnion. A diferencia de lo ya publicado, nuestros datos si ponen en evidencia el aumento de la carga metálica en el fondo del embalse aunque trabajos anteriores sólo lo detectan para el Fe.

El aumento de pH que se produce en el Hypolimnion queda bien descrita en el trabajo de Torres *et al* (2010) justificando el fenómeno en base a las condiciones altamente reductoras del medio, lo que provocaría la reducción y redisolución del Fe (III) particulado en forma de Swermanita, lo que explicaría el aumento de Fe en el Hypolimnion y del pH mediante la reacción:

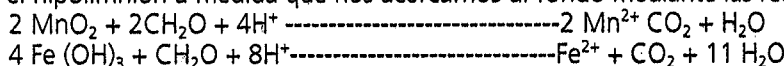


Al mismo tiempo, entendemos que la disolución del Fe particulado provocará un efecto paralelo, que es la liberación de agua de otros metales que estén absorbidos sobre ese precipitado, aumentando la concentración de los mismos.

La disminución del contenido en sulfatos cerca del fondo puede explicarse a partir de la reducción bacteriana del sulfato, mediante una reacción que también consume protones por lo que elevaría el pH:



Además de la reducción del sulfato, se ha descrito la reducción de compuestos metálicos a partir de la materia orgánica por Wetzel (2001), Schlesinger (2005) y Bohrer & Schultze (2008), lo que justifica en nuestro caso el aumento de metales en el hipolimnion a medida que nos acercamos al fondo mediante las reacciones:



os de

Hipótesis que se ve apoyada además por el aumento de conductividad eléctrica y sólidos disueltos que siguen tendencias similares a la de estos metales.

mente en las parte a zona s.

uras 2 idad y lflatos nnells densa a 28 y tre los pa de re los

viene na en atos si nbalse

en el ciones ón del Fe en

H<sub>2</sub>O

locará estén os.

arse a mbién

gestos 005) y metales nes:

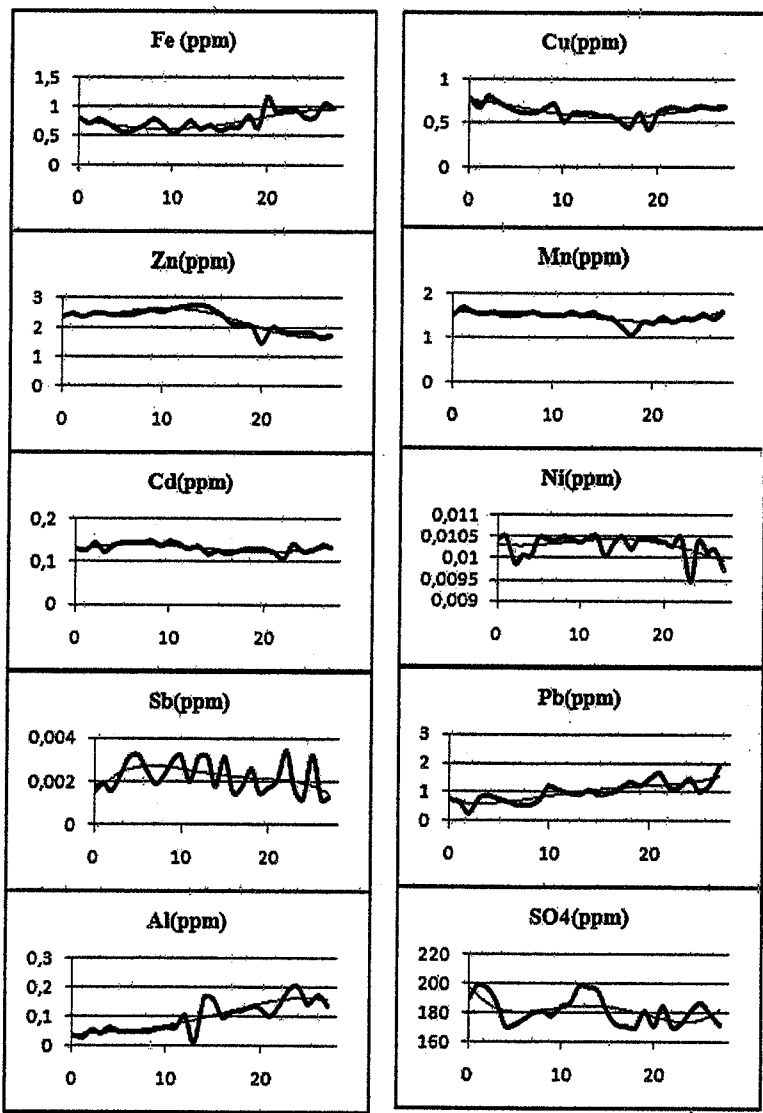


Figura 3. Evolución en profundidad de los parámetros analizados en laboratorio.

**Agradecimientos**

Este estudio ha sido financiado dentro por el Ministerio de Ciencia e Innovación con el proyecto CGL2010-21268-C02-01.

**REFERENCIAS**

- Aroba, J.; Grande, J.A.; Andújar J.M.; de la Torre, M.L. (2007). Application of fuzzy logic and data mining techniques as tools for qualitative interpretation of acid mine drainage processes. *Environ Geol*, 53(1), 135-145.
- Borrego J (1992). Sedimentología del estuario del Río Odiel, Huelva, S.O. España. PhD Thesis. Univ. of Sevilla.
- Borrego J, Morales JA, de la Torre ML, Grande JA (2002). Geochemical characteristics of heavy metal pollution in surface sediments of the Tinto and Odiel river estuary (southwestern Spain). *Environmental Geology* 41: 785-796.
- Borrego, J.; Carro, B.; López-González, N.; de la Rosa, J.; Grande, J.A.; Gómez, T.; de la Torre, M.L. (2011). Effect of acid mine drainage on dissolved rare earth elements geochemistry along a fluvial-estuarine systems: the Tinto-Odiel estuary (SW Spain). *Hydrology Research*. DOI: 10.216/nh.2011.012.
- Braungardt CB, Achterberg EP, Nimmo M (1998). Behaviour of dissolved trace metals in the Rio Tinto/Río Odiel Estuarine System. In: *European Land-Ocean Interaction Studies, Second Annual Scientific Conference: Abstracts 51*, eds. Morales, J.A., Borrego, J.
- Boehrer, B., Schultze, M., 2008. Stratification of lakes. *Rev Geophys* 46:RG2005. doi:10.1029/2006RG000210
- Carro, B.; López-González, N.; Grande, J.A.; Gómez, T.; Valente, T. (2011). Impact of acid mine drainage on the hydrochemical characteristics of the Tinto-Odiel estuary (SW Spain). *Journal of Iberian Geology*. 37(1), 87- 96.
- Davis RA Jr, Welty AT, Borrego J, Morales JA, Pendón JG, Ryan JG (2000). Rio Tinto estuary (Spain): 5000 years of pollution. *Environmental Geology* 39: 1107-1116.
- de la Torre, M.L.; Grande, J.A.; Jiménez, A.; Borrego, J.; Díaz Curiel, J.M. (2009). Time evolution of an AMD-affected river chemical makeup. *Water Res Manag*, 23(7), 1275-1289.
- de la Torre, M.L.; Sánchez-Rodas, D.; Grande, J.A.; gómez, T. (2010). Relationships between pH, colour and heavy metal concentrations in the Tinto and Odiel rivers (Southwest Spain). *Hydrology Research*, 41.5: 406-413.
- de la Torre, M.L.; Grande, J.A.; Graiño, J.; Gómez, T.; Cerón, J.C. (2011). Characterization of AMD pollution in the river Tinto (SW Spain). Geochemical comparison between generating source and receiving environment. *Water, Air and Soil Pollution*, 216: 3-19.
- Elbaz-Poulichet F, Morley NH, Cruzado A, Velasquez Z, Achterberg EP, Braungardt CB (1999). Trace metal and nutrient distribution in an extremely low pH (2.5) river-estuarine system, the Ria of Huelva (south-west Spain). *The Science of The Total Environment* 227: 73-83.
- Elbaz-Poulichet F, Dupuy C, Cruzado A, Velasquez Z, Achterberg E, Braungardt C (2000). Influence of sorption processes by iron oxides and algae fixation on arsenic and phosphate cycle in an acidic estuary (Tinto river, Spain). *Water Research*. 34(12-15): 3222-3230.
- Elbaz-Poulichet F, Braungardt C, Achterberg E, Morley N, Cossa D, Beckers J, Nomérange P, Cruzado A, Leblanc M (2001). Metal biogeochemistry in the Tinto-Odiel rivers (Southern Spain) and in the Gulf of Cadiz: a synthesis of

- Grande, J.A.; de la Torre, M.L.; Cerón, J.C.; Sánchez-Rodas, D.; Beltrán, R. (2011b). Arsenic speciation in the Riotinto mining area (SW Spain) during a hydrological year. *Water Practice and Technology*. Doi:10.2166/WPT.2011.011.
- Jiménez, A.; Aroba, J.; de la Torre, M.L.; Andujar, J.M.; Grande, J.A. (2009). Model of behaviour of conductivity versus pH in A.M.D. water bases on fuzzy logia and data mining techniques. *J Hydroinform*. 11 (2) pp 147-153.
- Leblanc M, Morales JM, Borrego J, Elbaz-Poulichet F (2000). 4.500 year-old mining pollution in Southwestern Spain: Long-term implications for modern mining pollution. *Economic Geology* 95: 655-662.
- López-Pamo, E., Sánchez España, J., Díez Ercilla, M., Santofimia Pastor, E., Réyes Andrés, J., 2009. Cortas mineras inundadas de la Faja Pirítica Ibérica: inventario e hidroquímica. Instituto geológico y Minero de España. Serie: medio Ambiente. Número, 13.
- Sáez R, Pascual E, Toscano M, Almodovar GR (1999). The Iberian type of volcano-sedimentary massive sulphide deposits. *Mineralium Deposita* 34: 549-570.
- Sáinz, A. (1999). Estudio de la contaminación química de origen minero en el río Odiel. PhD Thesis. Univ of Huelva.
- Sáinz A, Grande JA, de la Torre ML, Sánchez-Rodas D (2002). Characterisation of sequential leachate discharges of mining waste rock dumps in the Tinto and Odiel rivers. *Journal of Environmental Management* 64 (4): 345-353.
- Sáinz A, Grande JA, de la Torre ML (2003a). Analysis of the impact of local corrective measures on the input of contaminants from the Odiel river to the ria of Huelva (Spain). *Water Air Soil Poll*. 144: 375-389.
- Sáinz A, Grande JA, de la Torre ML (2003b). Odiel river, acid mine drainage and current characterisation by means of univariate analysis. *Environment International*. 29: 51-59.
- Sáinz, A.; Grande, J.A.; de la Torre, M.L.(2004). Characterization of heavy metal discharge into the ria of Huelva. *Environment International*. 30: 557-566.
- Sainz, A.; Grande, J.A.; de la Torre, M.L. (2005). Application of a systemic approach to the study of pollution of the Tinto and Odiel rivers (Spain). *Environmental Monitoring and Assessment*. 102: 435-445.
- Sarmiento, A.M., Olfas, m.; Nieto, J.M.; Cánovas, Ç.R., Delgado, J. (2009). Natural attenuation processes in two water reservoirs receiving acid mine drainage. *Science of the Total Environment*. 407: 2051-2062.
- Schlesinger, W.H., (ed) 2005. Biogeochemistry. Treatise on geochemistry, vol 8. Elsevier Science, Oxford, p 720.
- Torres, E.; Ayora, C.; Ruiz, C.; Sarmiento, A.M. (2010). Geochemical controls of two water reservoirs that receive acid mine drainage in the Odiel Basin. *Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*. 13: 215-221
- Wetzel, D.B., 2001. Limnology: lake and river ecosystems, 3rd edn. Academic Press, San Diego, p. 1006.