

ÍNDICE

1 INTRODUCCIÓN	5
2 PRINCIPALES LINEAMIENTOS SOCIO ECONÓMICOS GENERALES	6
3 CLIMATOLOGÍA	9
4 OROGRAFÍA , HIDROGRAFÍA Y GEOMORFOLOGÍA	12
5 LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS Y TECTÓNICOS	14
5.1 Geología	14
5.2 Tectónica	18
6 ACTIVIDADES DE CAMPO Y ESTUDIOS	20
6.1 Actividades preliminares	20
6.1.1 Colección de los datos y recopilación de antecedentes	20
6.1.2 Inventario de puntos de agua	23
6.2 Base de datos y Sistema de Información Geográfica (SIG)	28
6.2.1 Realización de una base de datos	28
6.2.2 Implementación de un sistema de información geográfica	29
6.3 Piezometría	32
6.3.1 Campañas piezométricas	32
6.3.2 Determinación de las coordenadas plano-altimétricas de puntos de agua	34
6.3.3 Levantamiento taquimétrico de puntos de agua	37
6.4 Hidroquímica e intrusión marina	39
6.4.1 Muestreo y análisis para la calidad de las aguas	39
6.4.2 Muestreo y análisis isotópicas	41
6.4.3 Muestreo y análisis para la potabilidad	41
6.4.4 Muestreo y análisis para aguas minerales y minero-medicinales	44
6.4.5 Control de la salinidad y de la intrusión marina	44
6.5 Geofísica	45
6.5.1 Objetivos de las campañas geofísicas	45
6.5.2 Cantidades previstas y ejecutadas	45
6.5.3 Metodologías de prospección y de interpretación utilizadas	45
6.5.4 Equipos utilizados	48
6.5.5 Interpretación de los resultados	48
6.6 Realización de sondeos de exploración, de pozos de observación y de ensayos de bombeo	51
6.6.1 Realización de los sondeos de exploración y de los pozos de observación	51

6.6.2 Realización de ensayos de bombeo	54
6.7 Integración de la red meteorológica existente	55
6.8 Hidrología	56
6.8.1 Campañas de aforos en los ríos y canales	56
6.8.2 Instalación de regletas hidrométricas	57
6.8.3 Evaluación de la recarga	57
6.8.4 Estudios hidrológicos - modelización lluvia-escorrentía	58
6.9 Agronomía - Edafología	61
6.9.1 Campaña agronómica y edafológica	61
6.9.2 Identificación zonas con regadío actual y de zonas potencialmente regables	62
6.10 Evaluación de la utilización del agua	67
6.10.1 Instalación de contadores volumétricos	67
6.10.2 Balances hídricos aguas subterráneas	68
6.10.3 Balances hídricos aguas superficiales	69
6.11 Cartografía temática	71
6.11.1 Realización de cartografía hidrogeológica	71
6.11.2 Realización de cartografía de vulnerabilidad	72
6.12 Modelización	81
6.12.1 Modelos matemáticos de flujo de las aguas subterráneas	81
6.12.2 Utilización conjunta de las aguas subterráneas y superficiales	83
6.13 Ensayos de recarga inducida	84
7 RESULTADOS OBTENIDOS	86
7.1 Acuíferos y aguas subterráneas	86
7.1.1 Caracterización hidrogeológica de las diferentes formaciones geológicas	86
7.1.2 Pozos, sondeos y manantiales	88
7.1.3 Piezometría	88
7.1.4 Calidad de las aguas subterráneas - caracterización hidroquímica	90
7.1.5 Salinidad e intrusión marina	92
7.1.6 Resultados análisis isotópicas	92
7.1.7 Relaciones ríos-acuíferos	93
7.1.8 Evaluación de la recarga - infiltración eficaz	93
7.1.9 Modelos matemáticos de flujo	96
7.1.10 Recursos hídricos y reservas hídricas	97
7.1.11 Utilización de las aguas subterráneas	98
7.1.12 Vulnerabilidad	99
7.1.13 Recarga inducida	99
7.2 Aguas superficiales	103
7.2.1 Régimen hidrológico y recursos hídricos	103
7.2.2 Utilización de las aguas superficiales	104
7.2.3 Modelos matemáticos lluvia-escorrentía	105

7.3 Agronomía - Edafología	109
7.3.1 Campaña agronómica y edafológica	109
7.3.2 Identificación de zonas con regadío actual y de zonas potencialmente regables	109
8 CANTIDADES EXPLOTABLES DE AGUA	111
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	112
9.1 Resumen de datos generales y socio-económicos	112
9.2 Clima	114
9.3 Orografía, Hidrografía y Geomorfología	115
9.4 Geología y tectónica	115
9.4.1 Geología	115
9.4.2 Tectónica	116
9.5 Actividades preliminares, base de datos y SIG	117
9.6 Actividades de campo y estudios	119
9.6.1 Monitoreo piezométrico y actividades relacionadas	119
9.6.2 Monitoreo de calidad	120
9.6.3 Monitoreos especiales (isótopos, aguas minero-medicinales, potabilidad)	120
9.6.4 Control de la salinidad y de la intrusión marina	120
9.6.5 Geofísica	121
9.6.6 Perforación y ensayos de bombeo	121
9.6.7 Integración de la red meteorológica existente	123
9.6.8 Campañas de aforos directos e instalación regletas hidrométricas	124
9.6.9 Actividades agronómicas y edafológicas	125
9.6.10 Evaluación de la utilización del agua - Balance hídrico	127
9.6.11 Cartografía temática	128
9.6.12 Modelización aguas subterráneas	129
9.6.13 Modelización aguas superficiales	130
9.7 Resultados obtenidos	131
9.7.1 Caracterización hidrogeológicas de las diferentes formaciones geológicas y acuíferos presentes	131
9.7.2 Pozos, sondeos y manantiales	131
9.7.3 Piezometría	132
9.7.4 Calidad de las aguas subterráneas y caracterización hidroquímica	132
9.7.5 Salinidad e intrusión marina	133
9.7.6 Resultados análisis isotópicas	134
9.7.7 Relaciones ríos-acuíferos	135
9.7.8 Evaluación de la recarga - infiltración eficaz	136
9.7.9 Vulnerabilidad	137
9.7.10 Modelos matemáticos de flujo de las aguas subterráneas	137
9.7.11 Recursos hídricos y reservas hídricas subterráneas	138

9.7.12 Régimen hidrológico y recursos hídricos superficiales	139
9.7.13 Identificación de zonas con regadío actual y potencialmente regables - Evaluación de las necesidades hídricas para el riego	140
9.7.14 Utilización de las aguas subterráneas	140
9.7.15 Utilización de las aguas superficiales	142
9.7.16 Modelos matemáticos lluvia-escorrentía	143
9.7.17 Cantidades explotables de agua	144
9.8 Recomendaciones	145
FIGURAS	151
TABLAS	152

1 INTRODUCCIÓN

Este informe presenta las actividades, las elaboraciones y los resultados del proyecto Estudio Hidrogeológico Nacional en la zona denominada “Planicie de Bani”, conforme al capítulo 6 de los Términos de Referencia y a los acuerdos y decisiones tomadas en el curso de la realización del estudio.

El área de estudio (ver Fig. 1/1), comprendida entre 18° 11' 31" y 18° 23' 18" de Latitud Norte y entre 70° 09' 03" y 70° 35' 53" de Longitud Oeste, tiene una superficie de aproximadamente 706 Km².

En el capítulo 2 se resumen los principales lineamientos socio económicos generales.

En el capítulo 3 se describen las características climatológicas del área, en el capítulo 4 la orografía, hidrografía y geomorfología, y en el capítulo 5 los lineamientos geológicos y tectónicos.

En el capítulo 6, por cada disciplina/método aplicado, se hace un amplio tratamiento de las actividades de campo y de oficina llevadas a cabo desde el inicio del proyecto, incluyendo los métodos utilizados para las elaboraciones y las interpretaciones de los datos.

En el capítulo 7 se encuentran reunidos todos los resultados alcanzados en los diferentes aspectos/componentes del estudio hidrogeológico.

En el capítulo 8 se indican de forma clara y lineal las cantidades de agua subterránea y/o superficial explotables para satisfacer a las demandas de los diferentes sectores / tipos de usuario.

En el último capítulo, el 9, se reúnen las conclusiones del estudio y las recomendaciones incluyendo la indicación de futuros proyectos a desarrollar para un manejo correcto de los recursos hídricos disponibles, garantizando un desarrollo que sea sostenible en relación con dichos recursos.

El proyecto inició el 14 de Mayo de 1997 y se ha concluido en Febrero de 2000 con la entrega de los informes finales. Para la redacción de este informe, se han tomado en cuenta los datos disponibles al 30.09.1999.