



# MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION

SECRETARIA GENERAL DE ESTRUCTURAS AGRARIAS  
INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO

## PROYECTO DE ASISTENCIA TECNICA PARA EL ESTUDIO HIDRO- GEOLOGICO DE LA CUBETA DE SANTIUSTE (SEGOVIA)

### MEMORIA

#### EMPRESA ADJUDICATARIA:



EMPRESA DE TRANSFORMACION  
AGRARIA, S.A. (MADRID)

#### DIRECTOR DEL ESTUDIO:

D. GUILLERMO CASAS GOMEZ  
INGENIERO AGRONOMO

#### REALIZACION:



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

MADRID, SEPTIEMBRE 1990

**ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUBETA DE SANTIUSTE (SEGOVIA)**

**Septiembre, 1990**

**PROMOCION Y FINANCIACION:**

I.R.Y.D.A

D. Guillermo Casas Beltran..... Ing. Agronomo.  
Director

**REALIZACION DEL ESTUDIO:**

I.T.G.E.

D. Agustín Navarro Alvargonzalez..... Dr. Ing.Minas.  
Supervisor General.

D. Armando Ballester Rodriguez..... Ing. de Minas.  
Director del Estudio.

D. Luis Fdez. Perez ..... Geólogo

D. Victor del Barrio Beato..... Geólogo

D. Félix M.Rubio Sanchez-Aguililla..... Ing. de Minas.  
Geofísico.

D. Julian Coronel Campos..... Ing. Técnico de Minas

D. Agustín Gonzalez Durán ..... Operador

D. José Mª Llorente ..... Operador

**EMPRESA ADJUDICATARIA**

TRAGSA

D. Carlos Ollero Robles..... Geólogo  
Coordinador





6. RECURSOS Y RESERVAS DEL ACUIFERO SUPERFICIAL. DEMANDA DE AGUA .....	32
7. RECARGA ARTIFICIAL .....	33
7.1. CONCEPTO .....	33
7.2. EVOLUCION DE LAS RESERVAS Y DE LA DEMANDA DE AGUA EN EL ACUIFERO SUPERFICIAL .....	33
7.3. JUSTIFICACION DE LA RECARGA ARTIFICIAL EN LA ZONA ESTUDIADA .....	36
7.4. CARACTERISTICAS DE LA RECARGA .....	36
7.4.1. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO OPTIMA .....	36
7.4.2. VOLUMEN Y CAUDAL DE RECARGA .....	37
7.5. ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE RECARGA Y CAPTACION DE AGUA .....	37
7.5.1. SISTEMAS DE RECARGA .....	37
7.5.2. SISTEMAS DE CAPTACION DE AGUA .....	38
8. RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	39
9. RECOMENDACIONES .....	41
10. BIBLIOGRAFIA .....	43

CUADROS

1. PIEZOMETRIA DEL ACUIFERO SUPERFICIAL. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.	
--	--

## PLANOS

1. MAPA DE SITUACION Y DEL AREA DE ESTUDIO.
2. MAPA GEOLOGICO.
3. MAPA DE ISOPACAS DEL ACUIFERO SUPERFICIAL.
4. MAPA HIDROGEOLOGICO.
5. CORTES HIDROGEOLOGICOS.

## ANEJOS

- A. PROSPECCION GEOELECTRICA. TOMO I
- B. DIAGRAFIAS, SONDEOS Y ENSAYOS. TOMO II

## 1. INTRODUCCION

La denominada Cubeta de Santiuste o acuífero superficial asociado a la Unidad Arévalo de edad Cuaternario comprendido entre las localidades de Santiuste y Villeguillo, ha sido sometida a una intensa sobreexplotación en los últimos años, que ha originado importantes descensos de su nivel freático, que suponen el 50-60% de su espesor saturado inicial. A consecuencia de esta sobreexplotación, la demanda agrícola en la zona ha ido disminuyendo paulatinamente, de la misma forma que se iban reduciendo las reservas del acuífero superficial.

Entre las diversas alternativas que se proponen para resolver esta situación, se encuentra la recarga artificial del acuífero superficial con aguas procedentes del río Voltoya, mediante la cual se incrementarían los recursos y las reservas del acuífero.

El presente estudio tiene por objeto conocer la geometría, características hidráulicas y capacidad de almacenamiento del acuífero que constituye la Cubeta de Santiuste, a fin de evaluar sus posibilidades de recarga con aguas procedentes del río Voltoya. Así mismo se analizan, de forma preliminar, los diferentes métodos o instalaciones de recarga necesarias y el tipo de captación a realizar en el río Voltoya.

## 2. ANTECEDENTES

Los antecedentes bibliográficos recopilados referentes a la zona de estudio son los siguientes:

### Geología

- IGME (1982a). Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja de Olmedo (428). 2ª Serie.
- IGME (1982b). Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja de Arévalo (455). 2ª Serie.
- CORRALES, I. (1979). El Mioceno al sur del río Duero (Sector Occidental). 1ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Parte II. IGME.
- PEREZ-GONZALEZ, A. (1979). El Cuaternario de la región central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos. 1ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Parte II. IGME.

### Hidrogeología

- IGME (1979). Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12.
- IGME (1980). La explotación de los recursos hidráulicos en la zona comprendida entre los ríos Voltoya y Trabancos.
- JUNTA DE CASTILLA Y LEON (1985). Informe final del Estudio sobre la situación de los recursos del acuífero superficial de la intercuenca: Eresma-Adaja (zona de Coca. Segovia).

- ITGE (1989). Informe sobre la hidrogeología de la zona de Villagonzalo de Coca, Villeguillo, Ciruelos de Coca y Santiuste de S. Juan Bautista.

### 3. SITUACION Y DESCRIPCION DE LA ZONA

La zona estudiada se encuentra situada al Este de las hojas de Olmedo (428) y Arévalo (455) del Mapa Topográfico Nacional a escala 1/50.000, en la margen izquierda de los ríos Voltoya y Eresma, al Norte de la provincia de Segovia, y comprende los términos municipales de Villeguillo, Arévalo, Villagonzalo, Coca y Santiuste de San Juan Bautista (plano 1).

Orográficamente, la zona se caracteriza por presentar una amplia superficie planiforme de tipo morfológico denominada "Superficie de Coca-Arévalo" que se extiende por la parte central, de Sur a Norte, desde la cota 800 m. a 770 m. Al Este de dicha superficie discurren encajados unos 30-40 m., los ríos Voltoya al S. y Eresma al N., que constituyen el límite oriental de la zona estudiada. Al Oeste de la superficie de Coca-Arévalo, existe una serie de terrazas del sistema Eresma-Voltoya-Adaja que desciende en graderío hacia el E., desde la cota 810 m. hasta la citada superficie.

Según la división y clasificación adoptada por la Confederación Hidrográfica del Duero, la zona estudiada se encuentra comprendida entre las subcuencas 28 y 29 de la confluencia del río Eresma con el Voltoya, situados en la subzona Adaja-Cega. De Sur a Oeste, la zona está atravesada, además, por los arroyos Cuadron y Ermita, tributario del río Eresma por su margen izquierda, que actúa como principal colector de las aguas superficiales de la misma, destacando los arroyos Prado Largo, Valhondo, Estanquero, Salmoraz y Torrecilla situados al SO.

En cuanto al uso y aprovechamiento del suelo, la zona dedicada a cultivos de regadío ha sido tradicionalmente la correspondiente a la Superficie de Coca-Arévalo, ya que en ella se situaban la mayoría de los pozos. Actualmente, debido a la sobreexplotación del acuífero, los cultivos de regadío (remolacha, patata y guisantes, principalmente), han disminuido considerablemente, incrementándose los cultivos de secano (cereal) en la misma.

Por el contrario, las tierras situadas al O, correspondientes a las terrazas altas, tradicionalmente dedicadas a cultivos de secano (cereal y vid), han visto incrementar últimamente los cultivos de regadío. La mitad oriental de la Superficie de Coca-Arévalo, comprendida entre la vega y los ríos Eresma y Voltoya, se encuentra ocupada por pinares de los que se aprovecha resina y madera.

#### 4. GEOLOGIA

##### 4.1. DESCRIPCION GEOLOGICA GENERAL

La Cuenca del Duero constituye una gran depresión que está rellena por materiales terciarios y cuaternarios depositados en ambiente continental. En los bordes de la misma, existen materiales detríticos de carácter proximal (conglomerados y arenas gruesas) correspondientes a depósitos de abanicos aluviales, que gradualmente, hacia el interior, pasan a ser más finos (Limos, arenas y arcillas) debido a la menor densidad de canales. Hacia la parte central de la Cuenca, y sobre todo en los tramos altos del Neógeno, se pasa a facies de ciénagas y playa (arcillas y margas) que constituyen la denominada Facies Cuestas, que culminan con las Calizas del Páramo.

## 4.2. ESTRATIGRAFIA

### 4.2.1. Mioceno.

#### 4.2.1.1. Facies Puente Runel.

Estratigráficamente constituye la unidad más baja dentro de la zona estudiada. Aflora a lo largo de los escarpes de los ríos Eresma y Voltoya, al E de la zona, así como en su extremo NO. Su potencia es superior a los 30 m., no observándose su muro en el área estudiada.

Está constituida por arcosas fangosas ocres con intercalaciones de pequeños canales de arcosas blanquecinas, a veces cementadas por carbonatos, dando lugar a un conjunto donde se observan secuencias granodecrecientes que, a menudo, culminan con la deposición de niveles carbonatados (suelos calcimorfos). La potencia de los canales arenosos puede alcanzar los 4 m. y su extensión lateral superar los 10 m. Su dirección de aporte se produce hacia el NNO (IGME, 1982b).

Desde el punto de vista genético, esta unidad corresponde a depósitos distales de abanico, en los que predominan las coladas, instalándose esporádicamente, algún canal fluvial. La cantidad de carbonatos indica que se trata de la zona de transición hacia la llanura aluvial (IGME, 1982a).

#### 4.2.1.2. Facies Cuestas.

##### 4.2.1.2.1. Subfacies Arcillosa de Coca.

Estratigráficamente esta unidad se apoya mediante contacto normal sobre las Facies Puente Runel. Aflora a lo

largo de los escarpes de los ríos Eresma y Voltoya, en las inmediaciones de Coca, así como en las "cuestas" morfológicas de las terrazas altas al O. de la zona estudiada. Su espesor es variable ya que se acuña hasta desaparecen a S y N, alcanzando un máximo desarrollo en la zona central del área estudiada, con una potencia de 30-40 m.

Está constituida por arcillas calcareo-limolíticas y margas arcillosas grises, gris-verdosas y, en ocasiones, rojizas, con un contenido en arena inferior al 15%, limo entre 10 y 35% y arcilla entre el 70 y 90%. El contenido en carbonatos oscila entre el 6% y el 78% (IGME, 1982a).

Esta unidad corresponde a un ambiente sedimentario de playa y playa salina, y unas condiciones de drenaje deficientes. Equivale a las "Margas gris-verdosas con Ostrácos" definidas por IGME (1982a).

#### 4.2.1.2.2. Subfacies de Margas y Calizas.

Estratigráficamente constituye la unidad más alta del Mioceno en la zona estudiada. Su contacto con la unidad anterior infrayacente se encuentra poco definido por paso lateral. Aflora en las "cuestas" morfológicas de las terrazas altas al O de la zona estudiada. Tiene un espesor que oscila entre 10 y 20 m.

Está constituido por una alternancia de niveles finos arcillo-margosos, más abundantes a techo, y capas de calizas de 0,2 a 2,5 m. de espesor con fenómenos de pseudomorfosis de yeso en calcita.

El ambiente sedimentario que representa esta unidad indica una evolución hacia una mayor estabilidad de las charcas o "lagunas efímeras" de carácter salino.

#### 4.2.2. Cuaternario.

##### 4.2.2.1. Depósitos de terraza.

Los depósitos de terraza recubren buena parte de las zonas elevadas situadas al O de la superficie de Coca-Arévalo, disponiéndose en forma escalonada y en suave descenso hacia los ríos Eresma y Voltoya. Así mismo, existen algunas terrazas de pequeña extensión, encajadas por debajo de dicha superficie, en los escarpes de los ríos Eresma y Voltoya. Estos depósitos se disponen de forma disconforme sobre la Facies Arcillosa de Coca y Facies Puente Runel en la mitad septentrional de la zona estudiada y sobre la Facies de Margas y Calizas en la mitad meridional, alcanzando espesores medios de 0,5-1,5 m.

Están constituidos por arcosas, ocasionalmente arcosas líticas, de tonos rojizos o blanquecinos, y gravas de cantos subredondeados a subangulosos de cuarcita, cuarzo, granitoides y liditas (IGME, 1982a).

##### 4.2.2.2. Unidad Arévalo.

La Unidad Arévalo, que da origen a una extensa planicie denominada Superficie de Coca-Arévalo, ocupa la parte central del área estudiada, extendiéndose entre las terrazas que se encuentran en una posición más elevada al O., y los escarpes de los ríos Eresma y Voltoya que discurren encajados unos 30-40 m. bajo dicha superficie.

Esta formación se apoya de forma disconforme sobre los materiales terciarios representados por la Facies Puente

Runel al N y SE, la Facies Arcillosa de Coca en la parte central y la Facies de Margas y Calizas al SO. Su espesor es variable, pudiendo llegar a alcanzar los 20 m., debido a que rellena paleoformas de relieve acusado. En el apartado 5.3.1 se trata con mayor detalle la geometría de esta unidad.

Está constituida por arenas de naturaleza arcósica, de tonos blancos y amarillentos, y gravas de cuarcita, cuarzo, feldespatos, granitoides y liditas. En ocasiones y de forma subordinada, aparecen limos, fangos y arcillas verdes (Pérez-González, A., 1979). La estructura de los depósitos de esta unidad es compleja, con secuencias de canales arenosos y de gravas con estratificación cruzada, interceptados por depósitos arcillosos o por dunas y secuencias granodecrecientes debidas a desbordamientos (IGME 1982a). Las principales características de esta unidad son las siguientes (Pérez-González, A., 1979):

- Contacto basal erosivo.
- Carácter gravodecreciente.
- Paso de estructuras de alta y baja energía hacia el techo de la secuencia.
- Estratificación cruzada en surco en el terreno basal, indicando la existencia casi exclusiva de ripples y barras en los canales.

Las direcciones de aportes medidas en los surcos muestran una clara tendencia de S a N.

#### 4.2.2.3. Depósitos aluviales.

Estos depósitos se encuentran ocupando los fondos de los valles de los ríos Voltoya y Eresma, así como los de los arroyos más importantes que existen en la zona de estudio: Ermita, Cuadrón, Prado Largo, Valhondo, Estanquero, Salmo-

raz, Torrecilla, etc. Se disponen de forma disconforme tanto sobre las formaciones miocenas como cuaternarias, alcanzando espesores medios de 1 a 2 m.

Están constituidos por arenas, gravas y limos arcillo-arenosos en los depósitos asociados a los ríos y por arenas con cantos y arenas limo-arcillosas en aquellos relacionados con arroyos.

#### 4.2.2.4. Depósitos de áreas endorreicas.

Se encuentran ocupando el fondo de áreas deprimidas y endorreicas, entre las que destaca la zona situada al N de Villeguillo y las lagunas de Valderruedas, Eras, Iglesia y Fuente Miñor, situadas en la parte occidental de la zona estudiada. Se disponen disconformemente tanto sobre materiales miocenos (F. Arcillosa de Coca y F. de Margas y Calizas) como cuaternarios (U. Arévalo), alcanzando espesores que raramente superan 1,5 m.

Están constituidos por arcillas arenosas grises oscuras y limos, con altos contenidos en materia orgánica, concentrándose en superficie eflorcencias salinas que se originan en los períodos de estiaje.

#### 4.2.2.5. Depósitos eólicos.

Estos depósitos se extienden por la mitad oriental de la Superficie de Coca, recubriendo buena parte de la Unidad Arévalo. Se trata de depósitos residuales, muy degradados que no sobrepasan los 0,4 m. de espesor.

Están constituidos por arenas sueltas de grano fino a medio, color beige, con un contenido en limo inferior al

10%. Su área fuente son los depósitos de terraza, Unidad Arévalo y Facies Puente Runel principalmente (IGME, 1982a).

## 5. HIDROGEOLOGIA

### 5.1. CLIMATOLOGIA

La zona estudiada presenta unas características climáticas bastante homogéneas debido a su escaso relieve y a su acusado aislamiento orográfico. Los valores termométricos indican un invierno largo y frío, siendo Enero el mes que registra más bajas temperaturas, con un valor medio de 3°C. Las heladas se producen de finales de Octubre a primeros de Mayo. El verano, si bien es cálido, no sobrepasa normalmente los 30°C de máxima, ni los 20°C de temperatura media (Junta de Castilla y León, 1985).

La precipitación presenta una distribución mensual con dos mínimos: uno en invierno (Febrero-Marzo); y otro, más acusado, en verano (Julio-Agosto). El resto del año, la lluvia es bastante homogénea, si bien destaca Mayo como mes más lluvioso. La precipitación media en la zona es de 460 mm/año.

Según la fórmula de Thornthwaite, la evapotranspiración real calculada en la zona estudiada es de 360 mm/año, con lo que la lluvia útil o parte de la precipitación que no se evapotranspira y por tanto constituye la infiltración y la escorrentía superficial, es de 100 mm/año.

## 5.2. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Las formaciones geológicas anteriormente descritas presentan distintas características hidrogeológicas debido a sus diferencias litológicas, texturales y a su relación espacial. A grandes rasgos, las formaciones cuaternarias, principalmente la Unidad Arévalo, originan un acuífero superficial sobre el sustrato mioceno de permeabilidad muy baja en su parte superior (Facies Cuestas). A mayor profundidad, sin embargo, y desconectado del acuífero superficial, se desarrolla un acuífero profundo en los materiales detríticos de la Facies Puente Runel correspondiente al sistema acuífero nº 8 o Terciario Detrítico Central del Duero (IGME, 1979).

### 5.2.1. Acuífero superficial.

Las formaciones cuaternarias correspondientes a los depósitos de terraza, aluviales y Unidad Arévalo, presentan una permeabilidad alta debida a porosidad intersticial. Al encontrarse recubierto el sustrato mioceno menos permeable, originan acuíferos superficiales por contraste hidrogeológico.

Los acuíferos superficiales desarrollados en los depósitos de terraza y aluviales tienen poca importancia y carácter hipodérmico, debido al escaso espesor de estos depósitos que nunca superan los 2 m. Sin embargo, la Unidad Arévalo que se desarrolla a partir de la Superficie de Coca-Arévalo y alcanza un espesor superior a 20 m., sí constituye un acuífero superficial importante, con una alta permeabilidad debido a las características texturales de sus depósitos. La existencia de canales de arenas y gravas con dirección de aporte hacia el S. y de niveles de limos y arcillas,

confieren a este acuífero una cierta heterogeneidad y anisotropía.

#### 5.2.2. Sustrato Terciario.

Los materiales terciarios de edad Miocena, constituyen el sustrato a partir del cual se desarrollan, por contraste hidrogeológico, los acuíferos superficiales en los depósitos cuaternarios. En función de sus características hidrogeológicas se diferencian dos unidades: una impermeable o casi impermeable y otra semipermeable.

##### 5.2.2.1. Materiales impermeables.

Los materiales impermeables del sustrato terciario están representados por la Facies Cuestas: Subfacies Arcillosa de Coca y la Subfacies de Margas y Calizas. Su comportamiento impermeable o casi impermeable es debido a su carácter mayoritariamente arcilloso, impidiendo la percolación del agua contenida en los acuíferos superficiales.

##### 5.2.2.2. Materiales semipermeables.

Los materiales semipermeables corresponden a la Facies Puente Runel, estando constituidos por arcosas fangosas con intercalaciones de pequeños canales de arcosas. Su característica hidrogeológica principal es su comportamiento semipermeable. A techo, bajo el contacto con los recubrimientos cuaternarios se desarrollan, a menudo, carbonataciones con estructura en "enrejado" de hasta 1 m. de espesor, que hacen disminuir considerablemente la permeabilidad de estos materiales.

### 5.2.3. Acuífero profundo.

El acuífero profundo se desarrolla en la Facies Puente Runel en relación con el nivel de saturación regional, formando parte del sistema acuífero nº 8 o Terciario detrítico Central del Duero.

La existencia de canales arenosos con direcciones de aporte al NO y N, dentro de un conjunto areno-arcilloso, confiere a este acuífero una acusada heterogeneidad y anisotropía.

En la zona estudiada, se supone que el acuífero profundo, se encuentra desconectado hidráulicamente del acuífero superficial asociado a la Unidad Arévalo, al menos en su mayor parte.

## 5.3. CARACTERISTICAS DEL ACUIFERO SUPERFICIAL

### 5.3.1. Geometría.

A fin de conocer la geometría del acuífero superficial, se realizaron 88 S.E.V. y 15 perfiles geoelectricos cuyos resultados e interpretación se encuentran en el anejo A, así como 8 diagrfias en sondeos profundos y 15 sondeos manuales de 5 m. de profundidad (anejo B).

Estas investigaciones han puesto de manifiesto que la geometría de la denominada Cubeta de Santiuste correspondiente al acuífero superficial es compleja debido a que la Unidad Arévalo se encuentra rellenando dos paleoformas o paleocauces encajados en los materiales miocenos. Estos se disponen subparalelos según la dirección SSE-NNO, uniéndose tanto en su extremo N como en el S.

El paleocauce O, es el que ha dado origen al acuífero superficial más intensamente explotado en la zona. Presenta una longitud de 11 km. y una anchura media de unos 800 m. Su profundidad máxima oscila entre 15 y 20 m. su sección es asimétrica, sobre todo en su parte N, con un margen occidental de pendiente más abrupta que la oriental.

El acuífero E, asociado a la otra paleoforma cuaternaria, se encuentra poco explotado. Presenta una longitud de 11,5 kms. y una anchura media de unos 700 m. Su profundidad máxima es algo inferior que la del acuífero O, oscilando entre 15 y 25 m. Su sección es más o menos simétrica en su mitad N, mientras que el margen oriental de la mitad S de este acuífero, se encuentra parcialmente erosionado por el río Voltoya.

En los planos 3 y 5 correspondientes al Mapa de isopacas del acuífero superficial y a los Cortes hidrogeológicos respectivamente, es posible observar la geometría del acuífero superficial así como la disposición de las restantes unidades hidrogeológicas.

### 5.3.2. Captaciones de agua subterránea.

Las captaciones de agua subterránea del acuífero superficial presentan una tipología muy diversa debido al importante descenso del nivel freático que ha experimentado este acuífero en las últimas dos décadas, obligando a realizar reprofundizaciones en las obras de captación primitivas o a abandonar éstas y perforar otras mediante nuevas técnicas. La mayor parte se sitúan en el acuífero O ya que la parte oriental de la Superficie de Coca-Arévalo, se encuentra ocupada por pinares de propiedad pública. En general existen tres tipos de captaciones de agua subterránea:

### Pozos de anillos.

Los pozos de anillos de ladrillo constituyen el primer tipo de captación efectuada en la zona, debido a la naturaleza arenosa y carácter superficial del acuífero. Sus diámetros oscilan entre 2 y 6 m., y sus profundidades están comprendidas entre 4 m. (actualmente secos) y 18 m. A medida que los niveles de agua han ido descendiendo, ha sido necesario profundizarlos, generalmente, mediante anillos de menos diámetro. Se localizan principalmente al S y al N, en los términos de Santiuste y Villeguillo, siendo todavía el tipo de captación más utilizado.

El agua se bombea bien mediante bomba de eje vertical o mediante bomba de aspiración situada en una zanja excavada lateralmente.

### Pozos con tubo hincado.

Constituye una variante del tipo de captación anterior en el que la profundización del pozo de anillos primitivo, se realiza mediante la hinca de tubos metálicos de 300-400 mm. de diámetro y ranurados, en el fondo del mismo. Es un sistema de captación bastante extendido por toda la zona, particularmente en el área de Santiuste. El agua se extrae mediante bomba de eje vertical situada sobre el fondo del pozo.

### Sondeos.

Se trata de perforaciones de 400-500 mm. de diámetro y 25-30 m. de profundidad realizadas a percusión que posteriormente se entuban a 300-350 mm. de diámetro, con tubería filtrante entre 10 y 18 m. de profundidad y con prefiltro de gravilla calibrada. Este tipo de captación se concentra únicamente en la parte central del acuífero O, en los térmi-

nos de Villagonzalo y Ciruelos de Coca. El agua se extrae mediante bombas de eje vertical.

Tanto los pozos con tubo hincado como, especialmente los sondeos, presentan fenómenos de pérdida de eficacia por precipitación de carbonatos en las rejillas debido al carácter incrustante de las aguas.

Actualmente el número de captaciones en explotación que existen en la zona es de 250, cerca de 400 abandonadas al encontrarse secas o colmatadas.

### 5.3.3. Piezometría.

A fin de conocer la superficie piezométrica de este acuífero, se realizaron 80 medidas de nivel freático en otros tantos pozos y sondeos entre los días 20 y 22 de Marzo de 1990.

En el cuadro 1, se detallan las características del inventario de puntos de agua realizado para determinar la piezometría, en donde se señala la denominación del punto, naturaleza, cota del terreno y de la referencia, y la profundidad y cota del nivel freático. La altimetría se realizó mediante un microaltímetro "SURVEYING" modelo MDM-5 tomando como base el plano de la carretera Coca-Santiuste de San Juan Bautista, a escala 1:1.000, de la Diputación Provincial de Segovia.

En el plano 4, correspondiente al Mapa hidrogeológico, se expresan las isopiezas del acuífero superficial para el período de Marzo de 1990. Se observa una paulatina disminución de los valores piezométricos de Sur a Norte, ya que la isopieza 794 se sitúa al Este de Santiuste mientras que la de 760 se encuentra al Norte de Villeguillo, indicando, por tanto, una dirección de flujo general hacia el Norte, con un

gradiente hidráulico medio de  $2,5 \times 10^{-3}$ .

La disposición de las isopiezas muestra, sin embargo, dos anomalías relacionadas con el carácter superficial y colgado de este acuífero respecto al nivel de saturación regional. Por un lado, se observa en la zona central del acuífero O, próxima a la línea de FF.CC., la existencia de un área de superficie freática más deprimida (sumidero), relacionada con dos sondeos profundos abiertos en toda su longitud que drenan el acuífero superficial. Por otro lado, y como ejemplo de conexión hidráulica entre este acuífero y las aguas de escorrentía superficial, se observa la existencia de una sobreelevación del nivel freático de unos 4 m., en la zona donde se vierten las aguas residuales de la población de Santiuste.

#### 5.3.4. Parámetros hidráulicos.

A fin de determinar los parámetros hidráulicos del acuífero superficial, se efectuaron cinco ensayos de permeabilidad in situ y un ensayo con piezómetro auxiliar.

Los ensayos de permeabilidad in situ, se interpretaron mediante la fórmula de Hvorslev, obteniéndose valores de permeabilidad bastante homogéneos, comprendidos entre 32 y 67 m/día y un valor medio de 41 m/día.

El ensayo de bombeo, dio los siguientes valores de T, K y S:

	Pozo		Piezómetro		S
	<u>T (m<sup>2</sup>/d)</u>	<u>K(m/d)</u>	<u>T(m<sup>2</sup>/d)</u>	<u>K(m/d)</u>	
Bombeo	563	70	546	68	1,5x10 <sup>-3</sup>
Recuperación	305	38	291	36	---

Debido al importante descenso del nivel freático experimentado en este acuífero al encontrarse sobreexplotado, es necesario resaltar dos aspectos:

- 1) El escaso valor que tiene expresar las características hidráulicas del acuífero mediante la transmisividad, habida cuenta que es un parámetro hidráulico que depende del espesor saturado del acuífero, y éste ha experimentado un importante descenso (50-60%).
- 2) Los parámetros hidráulicos que se calculan actualmente, corresponden a la parte inferior del acuífero (Unidad Arévalo) y pueden no ser extrapolables a la parte superior, hoy en día, situada en la zona no saturada.

Los datos y gráficos correspondientes a los ensayos de permeabilidad y de bombeo realizados se encuentran en el anejo B.

#### 5.4. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLOGICO

El funcionamiento hidrogeológico de la zona de estudio presenta cierta complejidad que se deriva de la especial geometría del acuífero superficial. La recarga se produce fundamentalmente de tres maneras:

- 1) Infiltración directa del agua de lluvia sobre la superficie del acuífero.
- 2) Infiltración a partir de las aguas de escorrentía superficial.
- 3) Aporte subsuperficial a través de los depósitos de terrazas y aluviales situados en el lado oeste del acuífero.

La infiltración a partir de las aguas de escorrentía superficial, constituye la principal vía de recarga del acuífero O. Se produce principalmente a través de los arroyos: Prado Largo, Valhondo y Estanquero, situados al Sur de Santiuste, y el arroyo de Salmoraz, inmediatamente al Norte de esta población. El arroyo de la Ermita que atraviesa la zona de estudio de Sur a Norte, constituye el colector principal de las aguas superficiales, a partir del cual tiene lugar la infiltración al acuífero superficial. En época de lluvias, se observa como disminuye su caudal hacia el Norte (aguas abajo), debido a la infiltración que se produce a través de su cauce.

El acuífero E sólo se recarga a través de la infiltración directa del agua de lluvia sobre su superficie. Antiguamente, se recargaba también lateralmente a partir del acuífero O.

La descarga del acuífero O. se efectúa fundamentalmente a través de los bombeos de pozos y sondeos, mientras que el resto se drena subterráneamente hacia el Norte de Villeguillo o percola hacia el acuífero profundo del Terciario, principalmente a través del semipermeable (Facies Puente Runel). Antiguamente, cuando no se explotaba el acuífero, la descarga tenía lugar al Norte de Villeguillo, donde se originaban lagunas y encharchamientos, al alcanzar el nivel

freático la superficie del terreno (765 m.).

La descarga del acuífero E se produce a través de rezumes y descargas evapotranspirativas en el escarpe occidental del río Voltoya, por algún bombeo de pozos, por drenaje subterráneo al Norte de Villeguillo, y por percolación profunda a través de la Facies Puente Runel, en su parte Norte. Antes de la sobreexplotación del acuífero superficial, este acuífero se descargaba, hacia el Norte, mediante manantiales, originando el arroyo del Cuadrón que, así mismo, drenaba los encharcamientos producidos por la descarga del acuífero Oeste.

La sobreexplotación del acuífero superficial ha modificado el funcionamiento hidrogeológico del mismo, al provocar descensos en el nivel freático de 50-60% respecto al espesor saturado inicial del acuífero. Las modificaciones más notables se han producido, lógicamente, en las descargas, desapareciendo las zonas húmedas y manantiales al norte de Villeguillo, así como la recarga lateral del acuífero E a través del Oeste, al independizarse ambos acuíferos.

En el plano 4 correspondiente al Mapa hidrogeológico, se han situado los manantiales y zonas de descargas evapotranspirativas que se encuentran drenando el borde suroriental del acuífero E, a lo largo del escarpe del río Voltoya. En los cortes hidrogeológicos del plano 5, se esquematiza el funcionamiento hidrogeológico del acuífero superficial en la zona estudiada.

## 5.5. BALANCE HIDRICO DEL ACUIFERO SUPERFICIAL

### 5.5.1. Entradas.

#### 5.5.1.1. Infiltración directa de la lluvia.

Considerando que un 75% de la lluvia eficaz que cae sobre el acuífero superficial se infiltra, y la superficie calculada para cada unidad acuífera, el volumen anual que representa la infiltración directa de la lluvia es el siguiente:

	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Superficie planimetrada (km <sup>2</sup> )	13,75	15,0	28,75
Infiltración directa (Hm <sup>3</sup> /año)	1,0	1,1	2,1

5.5.1.2. Infiltración a través de la escorrentía superficial.

La infiltración que se produce como consecuencia de la escorrentía superficial en áreas adyacentes al acuífero, sólo es significativo en el acuífero O, ya que la red de drenaje superficial no atraviesa al acuífero E. Considerando que un 60% de la lluvia útil constituye la escorrentía superficial y ésta se infiltra totalmente a lo largo del área ocupada por el acuífero, se obtiene los siguientes valores:

	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Superficie planimetrada de la cuenca de recepción (km <sup>2</sup> )	47	--	47
Infiltración (Hm <sup>3</sup> /año)	2,8	--	2,8

5.5.1.3. Aporte subsuperficial a través de terrazas y aluviales.

Este componente del balance hídrico corresponde al aporte subsuperficial indirecto que procede de los depósitos de terrazas y aluviales situados al O. Al igual que el anterior sólo es significativo en el acuífero O. Considerando que el área ocupada por estos depósitos es de 34 km<sup>2</sup> y este aporte representa el 10% de la lluvia eficaz, se obtiene el valor siguiente:

	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Aporte subsuperficial (Hm <sup>3</sup> /año)	0,3	--	0,3

### 5.5.2. Salidas.

#### 5.5.2.1. Bombeos.

La cantidad de agua bombeada del acuífero superficial se ha estimado considerando que existen en la zona unas 250 captaciones en explotación que riegan con una media de 10 aspersores con un caudal de unos 1.200 l/h cada uno durante 12 horas al día y 100 días al año.

	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Bombeos (Hm <sup>3</sup> /año)	3,5	0,1	3,6

#### 5.5.2.2. Drenaje hacia el N de Villeguillo.

Para estimar el drenaje subterráneo que se produce hacia el N de Villeguillo se ha considerado una transmisividad de 500 m<sup>2</sup>/día, un gradiente hidráulico de  $1,5 \times 10^{-3}$  y una anchura del acuífero de 1,5 kms.

	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Drenaje (Hm <sup>3</sup> /año)	0,2	0,2	0,4

#### 5.5.2.3. Percolación al acuífero profundo.

La percolación al acuífero profundo se produce principalmente a través de la Facies Puente Runel. Considerando que el área que ocupan estos materiales es de 7 km<sup>2</sup>, que su permeabilidad es de 5x10<sup>-4</sup> m/día, y su gradiente hidráulico es de 1, se tiene que la percolación hacia el acuífero profundo es la siguiente:

	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Percolación (Hm <sup>3</sup> /año)	0,7	0,6	1,3

#### 5.5.2.4. Descarga natural

Esta componente del balance hídrico afecta sólo al acuífero E, que se drena por medio de rezumes y descargas evapotranspirativas a lo largo del escarpe del río Voltoya. El volumen de esta descarga se estima que equivale a un caudal medio de 6 l/s.

	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Descarga natural (Hm <sup>3</sup> /año)	---	0,2	0,2

En resumen el balance en el acuífero superficial es el siguiente:

<u>ENTRADAS</u> (Hm <sup>3</sup> /año)	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Infiltración directa de la lluvia	1,0	1,1	2,1
Infiltración a través de la escorrentía superficial	2,8	--	2,8
Aporte subsuperficial indirecto	0,3	--	0,3
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
TOTAL	4,1	1,1	5,2

<u>SALIDAS</u> (Hm <sup>3</sup> /año)	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Bombeos	3,5	0,1	3,6
Drenaje hacia el N de Villeguillo	0,2	0,2	0,4
Percolación al acuífero profundo	0,7	0,6	1,3
Descarga natural	--	0,2	0,2
	<hr/>	<hr/>	<hr/>
TOTAL	4,4	1,1	5,5

## 6. RECURSOS Y RESERVAS DEL ACUIFERO SUPERFICIAL. DEMANDA DE AGUA

A la vista de las entradas del balance, se estiman unos recursos en el acuífero superficial de 5,2 Hm<sup>3</sup>/año, de los que 4,1 Hm<sup>3</sup>/año (80%) corresponden al acuífero O y 1,1 Hm<sup>3</sup>/año (20%) al acuífero E.

Las reservas actuales, considerando un coeficiente de almacenamiento de 0,15 se estiman en unos 12,9 Hm<sup>3</sup> de los que 5,6 Hm<sup>3</sup> (43%) corresponden al acuífero O y 7,3 (57%) al acuífero E.

Es de destacar el hecho que los recursos renovables del acuífero supongan el 40% de las reservas totales del mismo, relación que para el acuífero O, en particular, supone el 73%. Esta circunstancia pone de manifiesto la "fragilidad" de la explotación de este acuífero, al depender en exceso de los recursos renovables que en este caso equivale a decir de la "climatología".

La demanda de agua corresponde casi exclusivamente a la agrícola, sector que en los últimos años ha sufrido un cierto retroceso debido a los limitados recursos de agua subterránea de la zona. Actualmente, la demanda de agua para el acuífero superficial se puede cifrar en unos 3,6 Hm<sup>3</sup>/año que prácticamente corresponden al acuífero O y representan casi el 90% de sus recursos renovables.

## 7. RECARGA ARTIFICIAL

### 7.1. CONCEPTO

Según la definición más aceptada de recarga artificial (Custodio y Llamas, 1974) se entiende como tal "al conjunto de técnicas cuyo objetivo principal es permitir una mejor explotación de los acuíferos por aumento de sus recursos y creación de reservas, mediante una intervención directa o indirecta en el ciclo natural del agua".

Entre sus objetivos generales más comunes se encuentran:

- Restaurar acuíferos excesivamente explotados.
- Mantener y regularizar los recursos, especialmente de cara a los estiajes.
- Utilizar el acuífero como sistema de distribución de nuevas aguas, cuando ya existe una red apropiada de pozos.

La recarga artificial se justifica especialmente en aquellos acuíferos en los que la demanda de agua exceda o haya excedido los recursos renovables del mismo, con la consiguiente disminución de sus reservas totales.

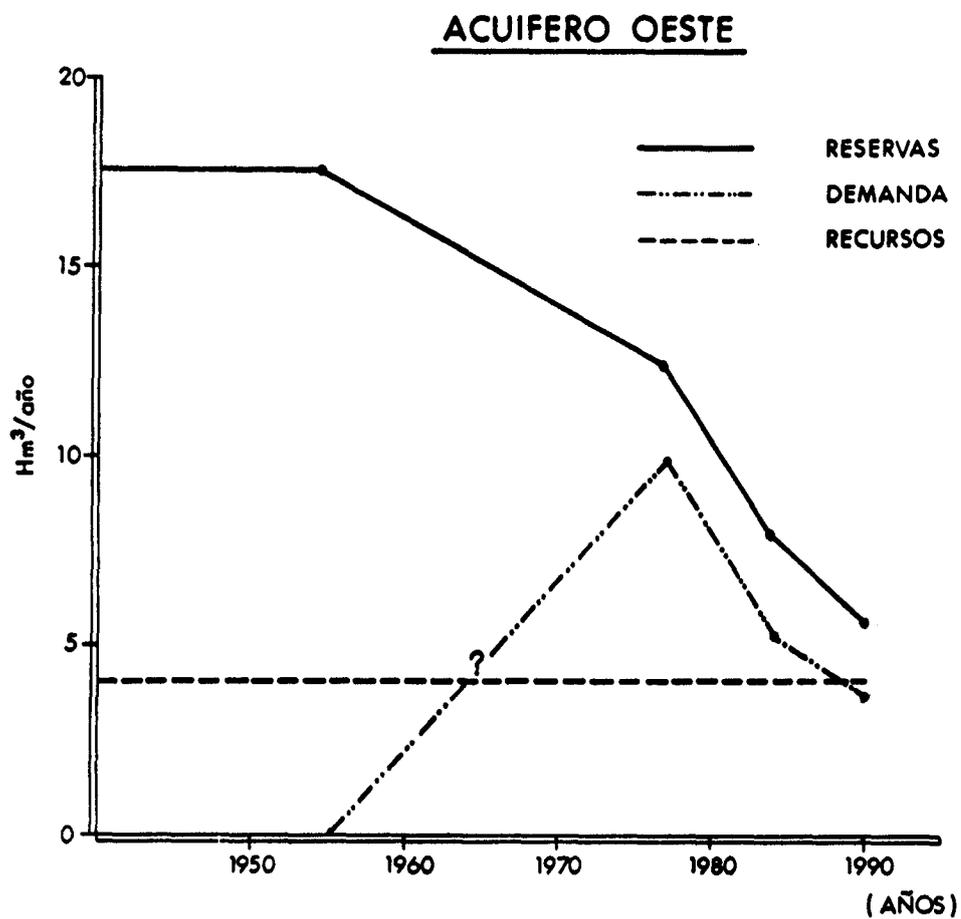
### 7.2. EVOLUCION DE LAS RESERVAS Y DE LA DEMANDA DE AGUA EN EL ACUIFERO OESTE

En el acuífero O, se ha producido una situación de sobreexplotación al superar las salidas calculadas en el Balance (bombeos, drenaje y percolación) los recursos renovables del mismo, traduciéndose esto en una disminución de las reservas del acuífero. Según los datos actuales y los recopilados por la JUNTA DE CASTILLA Y LEON (1979), se tiene:

Año	Reserva (Hm <sup>3</sup> /año)	Demanda (Hm <sup>3</sup> /año)
1955	17,6	0
1977	12,5	10
1984	7,9	5,2
1990	5,6	3,6

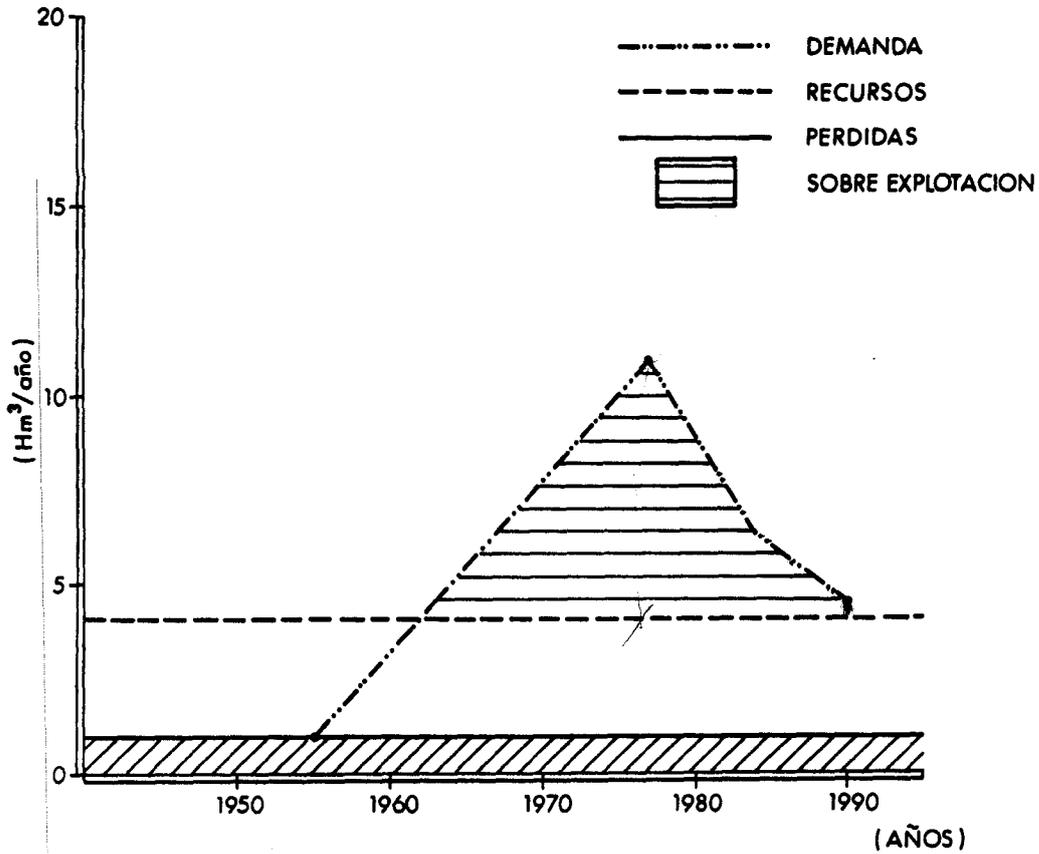
Recursos: 5,2 Hm<sup>3</sup>/año.

Representando gráficamente estos valores se observa mejor la evolución de las reservas y la demanda en el acuífero O en relación con los recursos.



Considerando los recursos (4,1 Hm<sup>3</sup>/año) y la evolución de la demanda junto a unas salidas naturales (Drenaje y percolación) de 1,0 Hm<sup>3</sup>/año se obtiene el siguiente gráfico:

### ACUIFERO OESTE



Se observa que el acuífero O se encuentra sobreexplotado desde la década de los 60, si bien actualmente esta sobreexplotación es mínima, debido a la importante disminución que ha experimentado la demanda de agua en los últimos 12 años.

### 7.3. JUSTIFICACION DE LA RECARGA ARTIFICIAL EN LA ZONA ESTUDIADA

La realización de una recarga artificial en el acuífero superficial de la Cubeta de Santiuste, se justifica, entre otras, por las siguientes razones:

- 1) Demanda agrícola potencial superior a los recursos renovables del acuífero.
- 2) Mejor calidad química de las aguas superficiales respecto a las del acuífero profundo, para su uso en regadío.
- 3) Mejor gestión de los recursos, al utilizarse el acuífero superficial como embalse subterráneo y como sistema de distribución.
- 4) Mayor aceptación entre los agricultores de la zona, ya que permitiría la amortización de las inversiones de las obras de captación efectuadas.
- 5) Menor coste económico y mayor aceptación social que la alternativa de explotación del acuífero profundo.

### 7.4. CARACTERISTICAS DE LA RECARGA

#### 7.4.1. Capacidad de almacenamiento óptima.

La capacidad de almacenamiento máxima del acuífero superficial en estado natural (año 1955), incluyendo tanto el acuífero O como el E, es de 27,6 Hm<sup>3</sup>. Este volumen, no obstante, podría no ser conveniente habida cuenta de la

utilización como terreno de cultivos de antiguas zonas húmedas y el trasvase de agua al acuífero E, cuyos recursos subterráneos podrían no ser recuperables, debido a que se descargan a cota 765 m. Por esto, es razonable que el nivel freático no ascienda por encima de 5 m. de profundidad. Esta recuperación de la superficie freática, supondría unas reservas para el acuífero O de 13,2 Hm<sup>3</sup>, que constituiría la capacidad de almacenamiento óptima

Estableciendo como reservas mínimas en este acuífero, las reservas que actualmente posee (5,6 Hm<sup>3</sup>), se obtendría que el volumen de agua que podría regular anualmente el acuífero superficial, sería de 7,6 Hm<sup>3</sup>.

#### 7.4.2. Volumen y caudal de recarga.

El volumen máximo a recargar en el primer año, a fin de alcanzar unas reservas de 13,2 Hm<sup>3</sup> en el acuífero, es de 8,0 Hm<sup>3</sup>, si se considera que tras la actual campaña de riegos las reservas del acuífero son de 2,0 Hm<sup>3</sup>, es decir las que tenía a principio de campaña (5,6 Hm<sup>3</sup> menos los bombeos previsibles en la actual campaña de riegos (3,6 Hm<sup>3</sup>). Una vez que el acuífero alcanza los 5,6 Hm<sup>3</sup>/año al final del año hidrológico, el volumen a recargar sería de 4,4 Hm<sup>3</sup>/año. Considerando que el período de recarga fuese de Noviembre a Mayo (7 meses), supondría un caudal de recarga constante de 441 l/s para el primer año y 243 l/s para los restantes.

### 7.5. ANALISIS DE LOS SISTEMAS DE RECARGA Y CAPTACION DE AGUA

#### 7.5.1. Sistemas de recarga.

Respecto al sistema de recarga, se plantean dos posibilidades:

- Recarga en superficie.
- Recarga en profundidad.

Considerando las características orográficas, posición del nivel freático, espesor de acuífero, etc., el sistema de recarga más recomendable es mediante obras de superficie, bien con balsas o con canales o zanjas excavadas a lo largo del arroyo de la Ermita.

En la zona estudiada se tiene, que dado las condiciones que rodean al acuífero superficial, la capacidad de infiltración  $I$ , es:  $I = K_v$  (MOPU, 1980), donde  $K_v$  es la permeabilidad vertical del acuífero.

Suponiendo en el acuífero superficial (U. Arévalo) una relación  $K_v/K_h = 0,1$ , y que  $K_h = 30$  m/día en las condiciones más desfavorables, se obtiene una capacidad de infiltración para este acuífero de 3 m/día que permitiría una recarga en superficie de 243 l/s, en una zona de 7.000 m<sup>2</sup> de extensión. Para los 441 l/s de recarga necesarios el primer año, haría falta una superficie de 12.700 m<sup>2</sup>.

#### 7.5.2. Sistemas de captación de agua.

Respecto a la captación del agua a recargar, existen dos opciones:

- Bombeo al E de Santiuste.
- Azud de derivación y canal al SE de Santiuste.

Para la primera opción, es decir, el bombeo de aguas del río Voltoya, habría que realizar una elevación desde la cota 770 m. hasta la cota 800 m. 30 m. y efectuar su conducción hasta la zona de recarga, estimada en 1 km.

La segunda opción planteada, es decir, la realización de un azud de derivación en el río Voltoya y su conducción hasta la zona de recarga mediante un canal, requeriría la construcción de un azud a cota 810 m. en el río Voltoya, al ~~Este de Moraleja de Coca~~ y la construcción de un canal de unos 8 kms. de longitud, que condujera el agua por gravedad hasta las inmediaciones de Santiuste (cota 800 m.).

Tubo  
rio

## 8. RESUMEN Y CONCLUSIONES

### Situación y descripción de la zona.

La zona estudiada se encuentra situada en la margen izquierda de los ríos Voltoya y Eresma y comprende los términos municipales de Villeguillo, Ciruelos, Villagonzalo, Coca y Santiuste de San Juan Bautista.

### Geología.

Geológicamente destaca la existencia de una formación arenosa cuaternaria (Unidad Arévalo) que rellena una paleoforma compleja excavada en un sustrato terciario de naturaleza arcillosa (Facies Cuestas) o areno-arcillosa (Facies Puente Runel).

### Hidrogeología.

La Unidad Arévalo origina un importante acuífero superficial que se encuentra colgado respecto al acuífero profundo relacionado con el nivel de saturación regional.

El acuífero superficial se divide en dos acuíferos: Oeste y Este, ambos de dirección: SSE-NNO, 11-12 kms. de

longitud, 700-800 m. de anchura y 15-20 m. de profundidad. La dirección del flujo en el acuífero O se realiza de S a N, mientras que el acuífero E se descarga de forma natural en el escarpe del río Voltoya. La permeabilidad oscila entre 32 y 67 m/día.

En el balance, las entradas suponen 5,2 Hm<sup>3</sup>/año, mientras que las salidas son de 5,5 Hm<sup>3</sup>/año.

Recursos y reservas del acuífero superficial. Demanda de agua.

	<u>Acuífero O</u>	<u>Acuífero E</u>	<u>Total</u>
Recursos (Hm <sup>3</sup> /año)	4,1	1,1	5,2
Reservas (Hm <sup>3</sup> /año)	5,6	7,3	12,9

La demanda de agua, exclusivamente agrícola, se cifra en 3,6 Hm<sup>3</sup>/año, extrayéndose exclusivamente del acuífero O.

Recarga artificial.

En la zona estudiada existe una sobreplotación del acuífero al superar la demanda los recursos renovables, produciéndose una disminución de las reservas del acuífero.

La capacidad de almacenamiento óptima de acuífero O es de 13,2 Hm<sup>3</sup>, para ello sería necesario recargar un volumen anual inicial de 8,0 Hm<sup>3</sup> y posteriormente de 4,4 Hm<sup>3</sup> que corresponden a unos caudales de recarga medios de 441-243 l/s respectivamente durante 7 meses en la época de lluvias.

El sistema de recarga más idóneo, dadas las características de la zona, es mediante obras de superficie.

## 9. RECOMENDACIONES

A la vista de lo expuesto anteriormente, y a fin de determinar la viabilidad de una recarga artificial en la zona, es posible realizar las recomendaciones siguientes:

### Mejora del conocimiento hidrogeológico de la zona.

- Realización de sondeos mecánicos con extracción de testigo continuo (6 sondeos de 30 m.).
- Realización de ensayos de permeabilidad in situ en la Unidad Arévalo, Subfacies Arcillosa de Coca, Subfacies de Margas y Calizas y Facies Puente Runel (3 ensayos por sondeo, Total: 18).
- Realización de 3 ensayos de bombeo con piezómetro auxiliar.
- Investigación geoelectrica de detalle al N de Villeguillo (20 S.E.V.) y, S y SE de Santiuste (40 S.E.V.).
- Plano fotogramétrico de la zona de estudio a escala 1:10.000. Equidistancia de curvas de nivel de 1 m.
- Estudio de la posible contaminación de la zona de vertido de aguas residuales de Santiuste.
- Estudio hidroquímico del acuífero superficial y del acuífero profundo (nº análisis: 40).
- Estación de aforos en el río Voltoya e instalación de un limnógrafo a fin de definir el régimen del mismo.

- Establecimiento de una red de observación piezométrica (30 puntos). Nivelación de los mismos con precisión centimétrica.
- Estudio de las causas de las pérdidas de eficacia en los sondeos del acuífero superficial.
- Realización de un modelo de flujo a fin de una mejor simulación de su funcionamiento y características ante diversas hipótesis de recarga.

#### Ensayos de recarga experimentales.

- Determinación de la capacidad de infiltración del acuífero superficial (Unidad Arévalo).
- Establecimiento de una red piezométrica en las zonas donde se realicen los ensayos de recarga. Estudio de la evolución piezométrica.
- Análisis físico-químicos del agua en el río Voltoya (análisis químico de los iones fundamentales, turbidez, sólidos en suspensión, DBO, DQO, etc.).
- Estudio de la pérdida de la capacidad de infiltración de la recarga.

## 10. BIBLIOGRAFIA

CUSTODIO Y LLAMAS (1974). Hidrología subterránea. Ed. Omega.

IGME (1979). Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistemas 8 y 12.

IGME (1982a). Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja de Olmedo (428). 2ª Serie.

IGME (1982b). Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja de Arévalo (455). 2ª Serie.

JUNTA DE CASTILLA Y LEON (1985). Informe final del Estudio sobre la situación de los descensos del acuífero superficial de la intercuenca: Eresma-Adaja (zona de Coca. Segovia).

PEREZ GONZALEZ (1979). El Cuaternario de la región central de la Cuenca del Duero y sus principales rasgos geomorfológicos. 1ª Reunión sobre la Geología de la Cuenca del Duero. Parte II. IGME.

**CUADROS**

CUADRO 1 (1/4)

PIEZOMETRIA DEL ACUIFERO SUPERFICIAL  
INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Nº	NATURALEZA	COTA (m.)		NIVEL DEL AGUA	
		S. TERRENO	R. MEDIDAS	PROFUND. (m.)	COTA (m.)
1	Pozo	767,3	767,9	6,50	761,4
2	Pozo con tubo	766,6	766,6	5,97	760,6
3	Pozo	767,8	768,1	4,39	763,7
4	Pozo con tubo	767,8	767,5	6,04	761,5
5	Pozo	768,0	768,3	(2,55)	(765,8)
6	Pozo	768,1	769,1	6,70	762,4
7	Pozo	768,4	769,4	8,84	760,6
8	Pozo	769,0	769,6	7,04	762,6
9	Pozo	769,0	770,1	7,83	762,3
10	Pozo con tubo	769,2	769,4	7,54	761,9
11	Pozo con tubo	769,2	769,3	7,75	761,6
12	Pozo	769,3	767,8	6,16	761,6
13	Pozo	772,2	772,9	11,62	761,3
14	Sondeo	771,9	771,9	10,79	766,1
15	Pozo	770,3	770,6	(4,59)	(766,0)
16	Pozo con tubo	770,8	769,0	5,68	763,3
17	Pozo con tubo	771,1	771,8	10,59	761,2
18	Pozo con tubo	770,9	772,4	7,98	764,4
19	Pozo con tubo	774,0	774,0	10,11	763,9
20	Pozo con tubo	777,0	774,6	7,88	766,7

CUADRO 1 (2/4)

PIEZOMETRIA DEL ACUIFERO SUPERFICIAL  
INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Nº	NATURALEZA	COTA (m.)		NIVEL DEL AGUA	
		S. TERRENO	R. MEDIDAS	PROFUNDAD (m.)	COTA (m.)
21	Pozo	773,8	772,0	9,82	762,2
22	Pozo	777,3	777,7	8,61	769,1
23	Pozo con tubo	778,3	776,6	9,95	766,7
24	Sondeo	775,5	775,7	11,91	763,8
25	Pozo con tubo	777,6	775,7	9,69	766,0
26	Sondeo	777,9	777,9	15,40	762,5
27	Sondeo	778,5	778,5	12,61	765,9
28	Sondeo	781,4	781,8	11,90	769,9
29	Sondeo	781,5	781,7	12,16	769,5
30	Sondeo	781,8	781,8	11,56	770,2
31	Sondeo	782,5	782,8	12,17	770,6
32	Sondeo	781,0	781,5	11,66	769,8
33	Sondeo	780,8	780,8	12,26	768,5
34	Sondeo	782,2	782,5	11,86	770,6
35	Sondeo	782,7	782,9	11,88	771,0
36	Sondeo	784,1	784,4	11,96	772,9
37	Sondeo	785,7	786,0	11,38	774,6
38	Sondeo	786,2	786,3	11,02	775,3
39	Sondeo	787,4	787,6	11,39	776,2
40	Sondeo	788,6	788,8	11,55	777,3

CUADRO 1 (3/4)

PIEZOMETRIA DEL ACUIFERO SUPERFICIAL  
INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

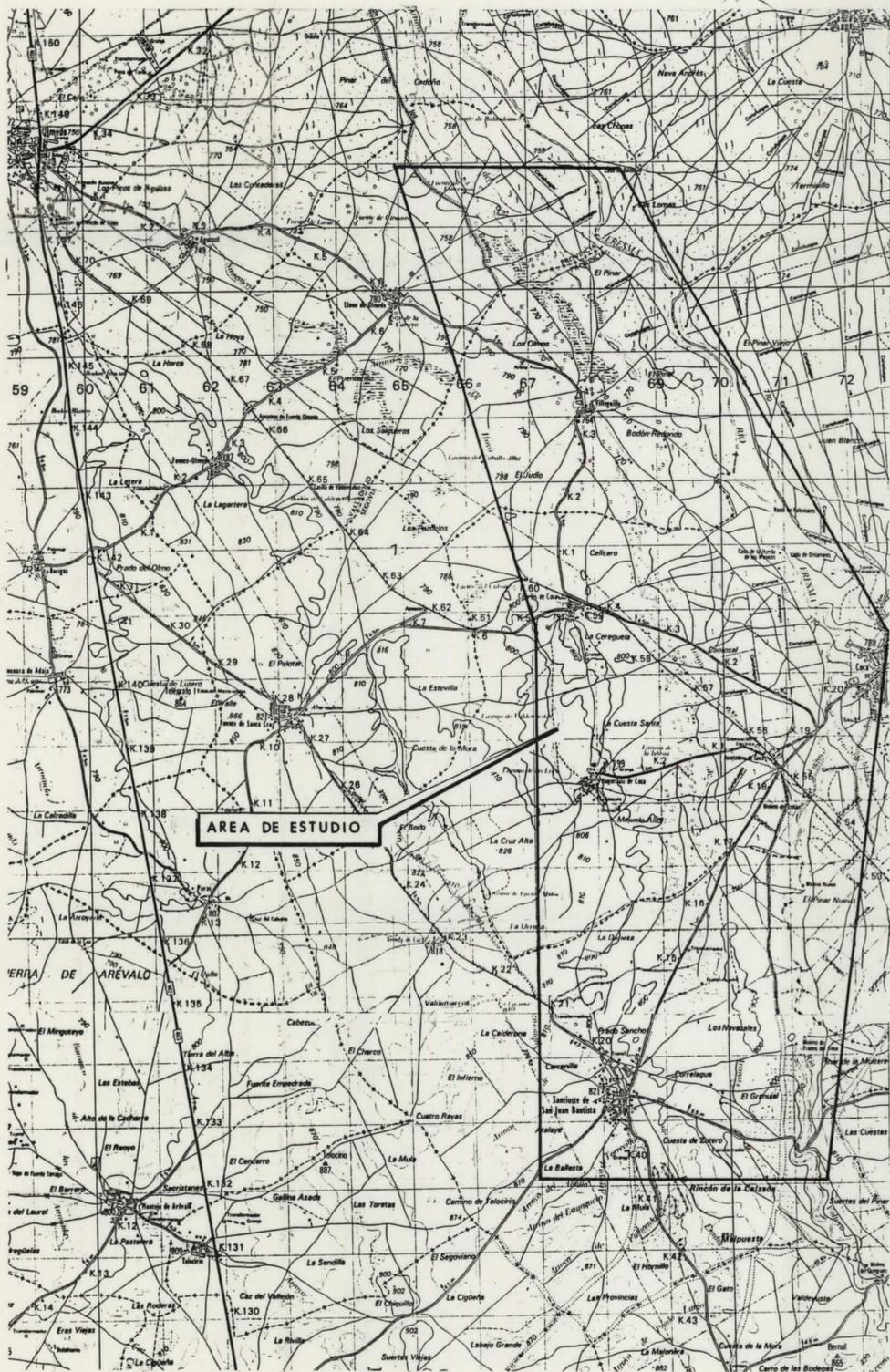
Nº	NATURALEZA	COTA (m.)		NIVEL DEL AGUA	
		S. TERRENO	R. MEDIDAS	PROFUNDAD (m.)	COTA (m.)
41	Sondeo	789,3	789,7	11,35	778,4
42	Sondeo	790,6	790,8	11,20	779,6
43	Pozo con tubo	791,5	791,5	9,96	781,5
44	Pozo	792,1	792,1	11,20	780,9
45	Pozo	791,6	792,3	11,10	781,2
46	Pozo	792,2	793,1	12,00	781,1
47	Pozo	792,8	792,8	11,14	781,7
48	Pozo	792,6	793,0	11,49	781,5
49	Pozo	793,0	791,5	8,30	783,2
50	Pozo	792,6	792,6	10,56	782,0
51	Pozo	793,1	793,6	11,70	781,9
52	Sondeo	784,1	784,2	14,88	769,3
53	Sondeo	794,5	794,6	9,86	784,7
54	Pozo	795,6	794,4	8,63	785,8
55	Pozo	795,8	796,0	10,17	785,8
56	Pozo	796,4	796,4	9,81	786,6
57	Pozo	796,6	796,6	9,75	786,9
58	Pozo	796,8	797,5	10,70	786,8
59	Pozo	796,9	796,9	9,89	787,0
60	Pozo	797,4	797,7	10,08	787,6

CUADRO 1 (4/4)

PIEZOMETRIA DEL ACUIFERO SUPERFICIAL  
INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

Nº	NATURALEZA	COTA (m.)		NIVEL DEL AGUA	
		S. TERRENO	R. MEDIDAS	PROFUNDAD (m.)	COTA (m.)
61	Pozo	797,5	796,9	9,45	787,5
62	Pozo	797,8	798,7	10,21	788,5
63	Pozo	798,0	798,8	10,44	788,4
64	Pozo	798,2	795,5	8,34	787,2
65	Pozo	798,1	797,2	10,15	787,1
66	Pozo	798,2	796,1	8,49	787,6
67	Pozo	798,4	798,8	11,70	787,1
68	Pozo	799,1	797,1	8,41	788,7
69	Pozo	799,0	799,4	11,07	788,3
70	Pozo	800,4	800,6	11,26	789,3
71	Pozo	801,2	801,2	10,44	790,8
72	Pozo	802,5	802,9	6,80	796,1
73	Pozo	802,8	803,1	10,26	792,8
74	Pozo	802,8	803,5	10,57	792,9
75	Pozo	803,4	800,9	7,41	793,5
76	Pozo	803,6	803,3	9,80	793,5
77	Pozo	805,9	803,4	8,33	795,1
78	Pozo	806,0	802,7	7,89	794,8
79	Pozo	806,2	806,4	11,74	794,5
80	Pozo	806,1	804,3	10,07	794,2

**PLANOS**

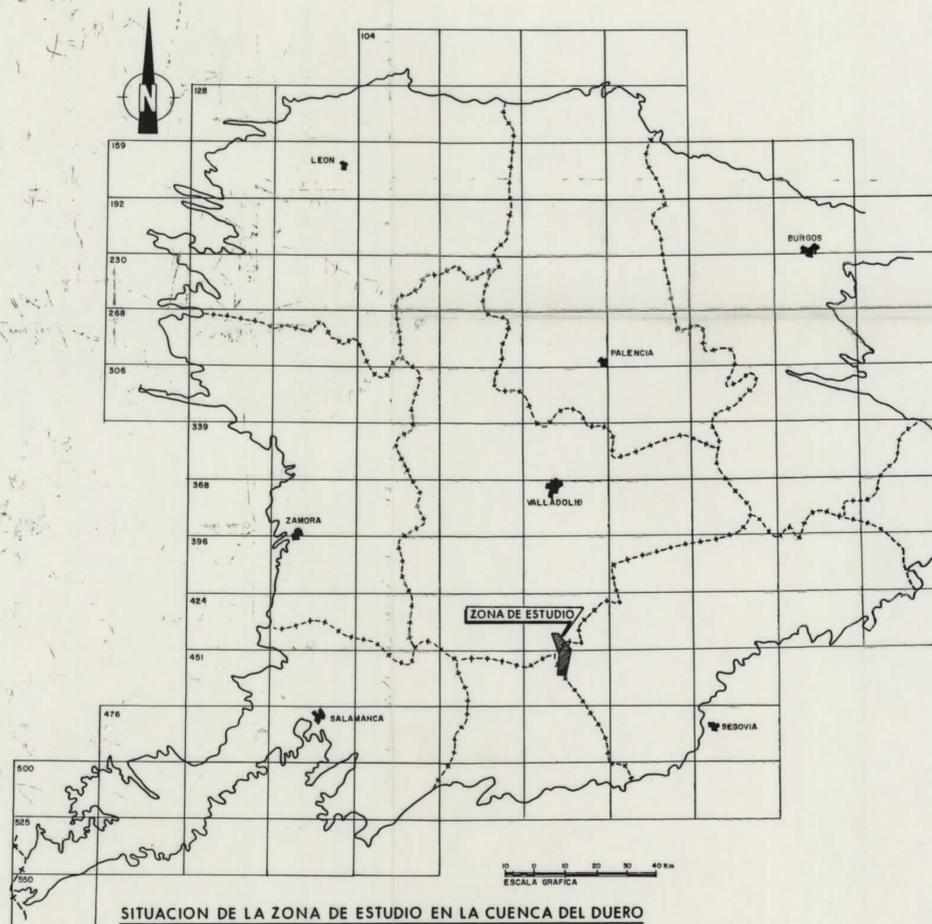


Escala 1/50.000

SITUACION DEL AREA DE ESTUDIO



SITUACION CUENCA DEL DUERO



SITUACION DE LA ZONA DE ESTUDIO EN LA CUENCA DEL DUERO



INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO



Instituto Tecnológico Geomínero de España

PROYECTO ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUBETA DE SAN JUAN BAUTISTA-COCA (SEGOVIA)					CLAVE
<b>MAPAS DE SITUACION</b>					PLANO N.º 1
DIBUJADO	FECHA	COMPROBADO	AUTOR	ESCALA	CONSULTOR
	Sept. 1990	A. BALLESTER D. CASAS	L. Fernandez		I.T.G.E



**LEYENDA**

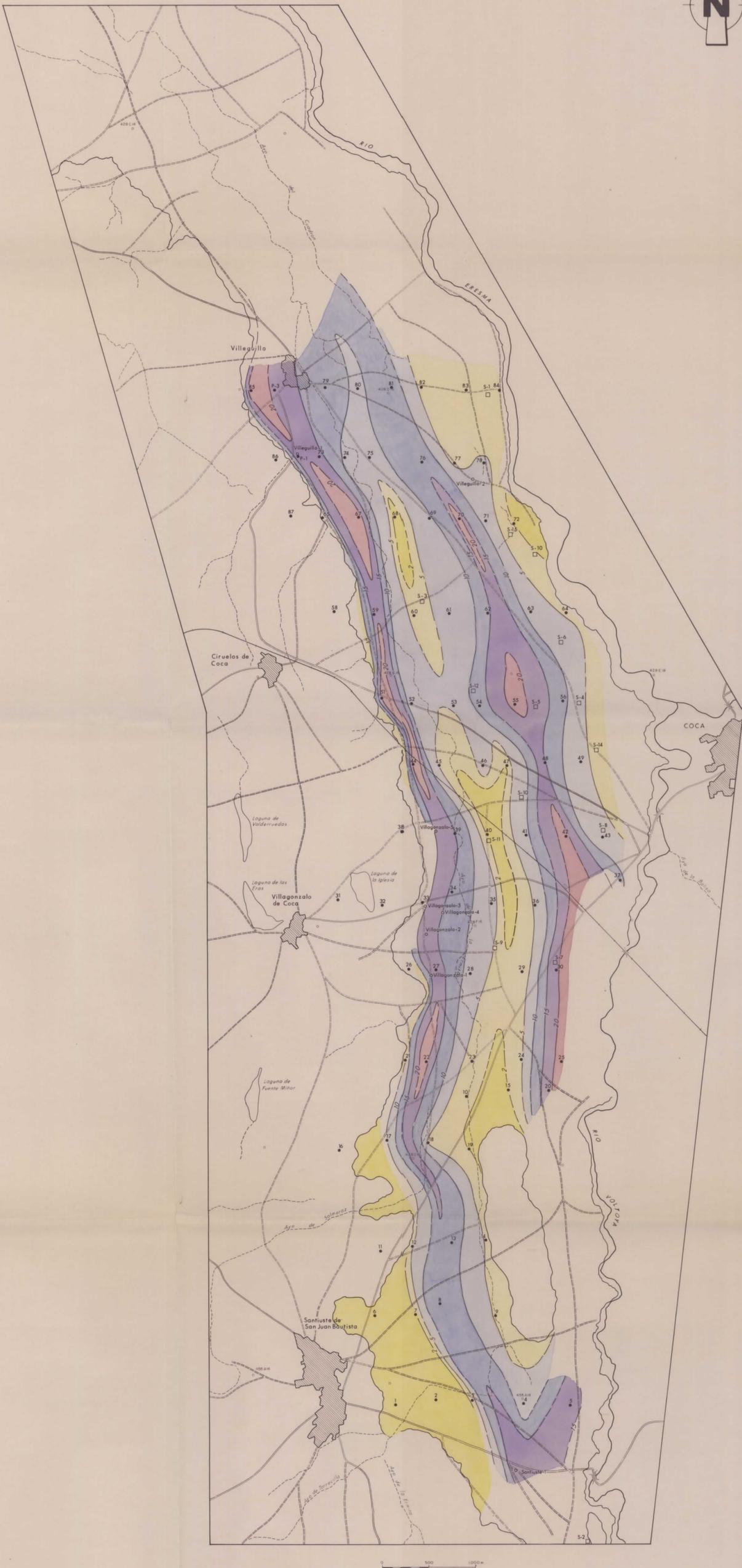
UNIDADES LITOESTRATIGRAFICAS		DESCRIPCION LITOLOGICA
CUATERNARIO	HOLOCENO	(6) DEPOSITOS ALUVIALES: Arenas, gravas y limos arcillo-arenosos
		(7) DEPOSITOS DE AREAS ENDORREICAS: Arcillas arenosas y limos grises oscuros
	PLEISTOCENO	(5) DEPOSITO EOLICOS: Arenas sueltas de grano fino a medio
		(4) UNIDAD AREVALO: Arenas arcillosas blanco-amarillentas y gravas
		(3) DEPOSITOS DE TERRAZA: Gravas y arenas algo arcillosas
TERCIARIO	MIOCENO INFERIOR	(2) SUBFACIES DE MARGAS Y CALIZAS: Alternancia de margas arcillosas y calizas margosas
	MIOCENO MEDIO	(1) SUBFACIES ARCILLOSA DE COCA: Arcillas calcareo-limolíticas y margas arcillosas grises y verdosas
	ASTARACIENSE	(1) FACIES PUENTE RUIEL: Arcosas fangosas azules con intercalaciones de arcosas blanquecinas

**SIGNOS CONVENCIONALES**

- Contacto disconforme
- Contacto normal

**SIMBOLOGIA**

- == Carretera
- == Camino
- Ferrocarril
- ~ Rio
- ~ Arroyo
- 455 418 Centro de fotograma E 1/18.000



**LEYENDA**

Isopaca del acuífero superficial

**INTERVALOS DE ESPESORES**

- < 2 m
- 2 - 5 m
- 5 - 10 m
- 10 - 15 m
- 15 - 20 m
- > 20 m

**SIGNOS CONVENCIONALES**

- Sonda eléctrica vertical (SEV)
- Prospección geotérmica (Anexo A)
- Sonda con diagrafia (Anexo B)
- Sonda manual (Anexo B)

**SIMBOLOGIA**

- Carretera
- Camino
- Ferrocarril
- Río
- Arroyo
- Centro de fotografía E: 1/18.000

	INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO		INstituto Tecnológico GeoMinero de España
	PROYECTO: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUBETA DE SAN JUAN BAUTISTA-COCA (SEGOVIA)		CLAVE:
<b>MAPA DE ISOPACAS DEL ACUIFERO SUPERFICIAL.</b>		<b>PLANO N.º 3</b>	
DIBUJADO: Sept. 1990	COMPROBADO: A. Ballester G. Casas	AUTOR: L. Fernandez	ESCALA: ≈ 1/18.000



### LEYENDA

#### UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

##### ACUIFEROS SUPERFICIALES

- Depositos de terrazas y aluviales (A. hipodérmico)  
Gravas, arenas y limos. Permeabilidad media-alta
- Unidad Aravalo (Acuífero superficial)  
Arenas y gravas, Permeabilidad alta

##### SUSTRATO TERCIARIO

- Materiales impermeables. F. Cuestas
- Arcillas, margas y calizas. Permeabilidad media-baja
- Materiales semipermeables. F. Puente Viejo. (Acuífero profundo)
- Arenas arcillosas y arenas. Permeabilidad baja-media

#### SIGNOS CONVENCIONALES

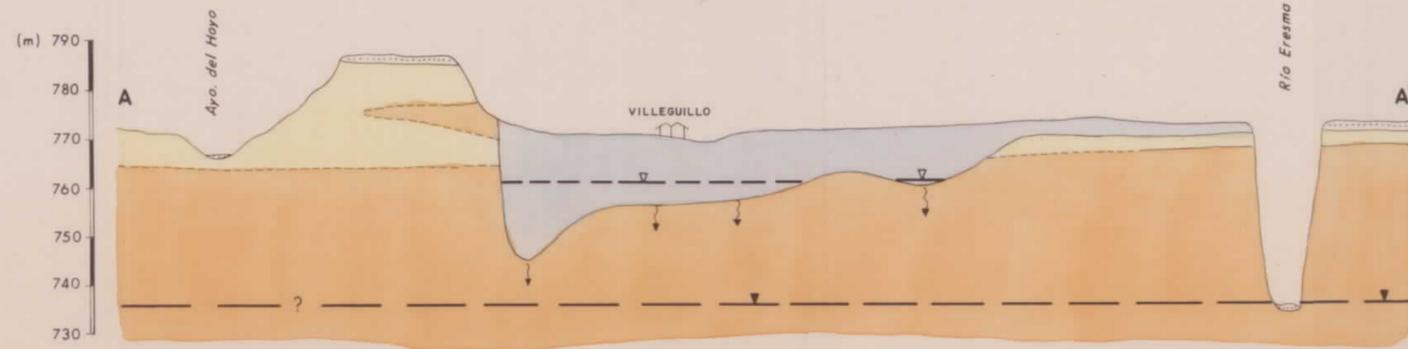
- 5 — Isotopa de 5m de la Unidad Aravalo (Acuífero Superficial)
- 766 — Isotopa del acuífero superficial (Marzo 1990)
- Dirección del flujo subterráneo del acuífero superficial
- A - A' Corte hidrogeológico (PLANO-S)
- Pozo o sondeo del inventario de puntos de agua. Piezometría del acuífero superficial (Medio)
- ⊕ Sondeo profundo
- Manantial
- Descarga natural

#### SIMBOLOGIA

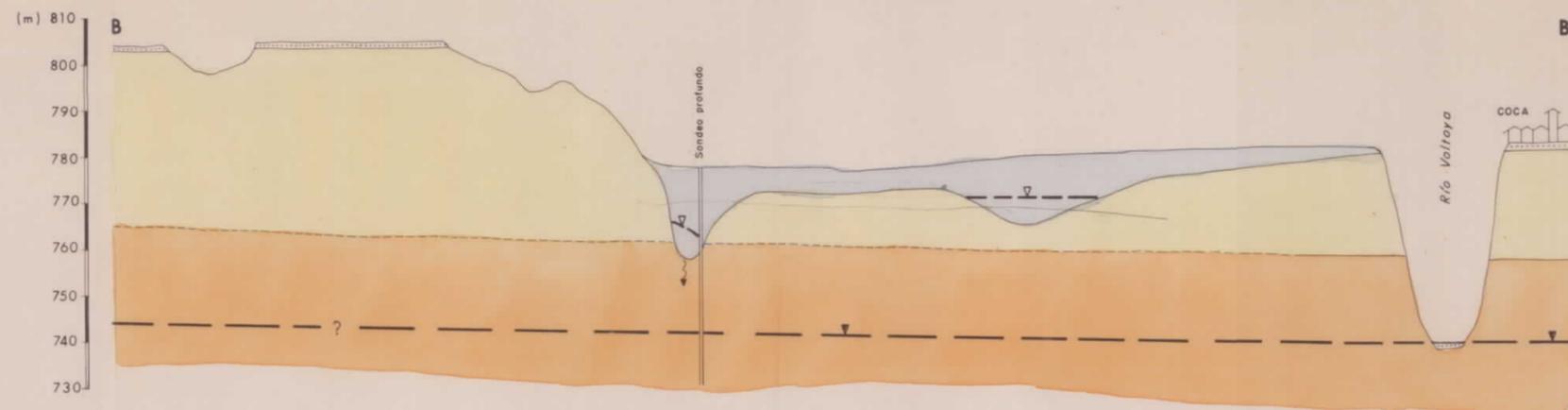
- Carretera
- Camino
- Ferrocarril
- Río
- Arroyo
- ⊙ Centro de fotografía E. 1/18.000

	INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA Y DESARROLLO AGRARIO			Instituto Tecnológico Geomínero de España	
	PROYECTO: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUBETA DE SAN JUAN BAUTISTA-COCA (SEGOVIA)				
MAPA HIDROGEOLOGICO			PLANO N. 4		
ELABORADO	FECHA	COMPROBADO	AUTORES	ESCALA	CONSEJEROS
	Sept 1990	G. Galsterer G. Casas	L. Fernandez	1/18.000	I.T.G.E.

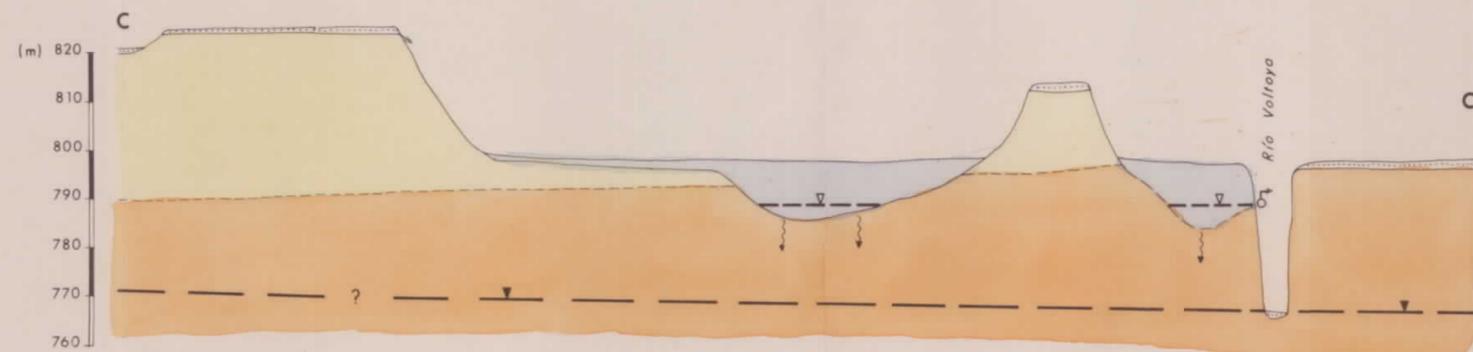
### CORTE A - A'



### CORTE B - B'



### CORTE C - C'



## LEYENDA

### UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

#### ACUIFEROS SUPERFICIALES

- Depositos de terrazas y aluviales (A hipodérmico)
- Gravas, arenas y limos. Permeabilidad media-alta
- Unidad Arevalo. (Acuífero superficial)
- Arenas y gravas. Permeabilidad alta

#### SUSTRATO TERCIARIO

- Materiales impermeables. F. Cuestas
- Arcillas, margas y calizas. Permeabilidad media-baja
- Materiales semipermeables. F. Puente Runel. (Acuífero profundo)
- Arenas arcillosas y arenas. Permeabilidad baja-media

### SIGNOS CONVENCIONALES

- Nivel freático. Acuífero superficial.
- Nivel freático. Acuífero profundo
- Contacto entre unidades
- Contacto supuesto
- Percolación
- Descarga natural.



INSTITUTO NACIONAL DE REFORMA  
Y DESARROLLO AGRARIO



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

PROYECTO: ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DE LA CUBETA DE  
SAN JUAN BAUTISTA-COCA (SEGOVIA).

CLAVE

CORTES HIDROGEOLOGICOS

PLANO N°  
5

DIBUJADO	FECHA Sept. 1990	COMPROBADO A. Ballester G. Casas	AUTOR L. Fernandez	ESCALAS H. 1: 18.000 V. 1: 1.000	CONSULTOR I.T.G.E.
----------	---------------------	--	-----------------------	--	-----------------------