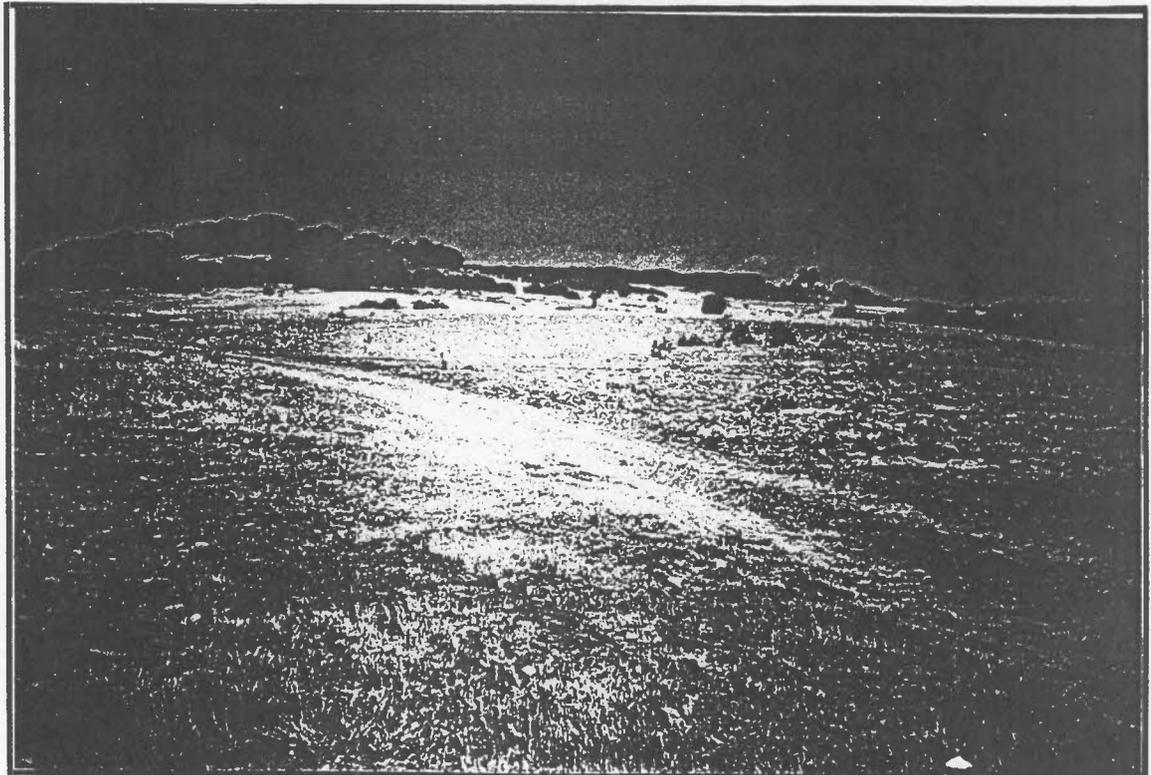


ASOCIACIÓN ÓRBIGO-TUERTO



**INFORME TÉCNICO DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA
CONSTRUCCIÓN DEL CENTRO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS
EN EL VALLE DE PORTUGAL, SAN ROMÁN DE LA VEGA
(SAN JUSTO DE LA VEGA, LEÓN)**

Lourdes Chumillas Rafael

OCTUBRE, 1999

INDICE

I.	OBJETIVOS Y ANTECEDENTES.....	1
II.	MARCO GEOGRÁFICO Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA....	2
III.	GEOLOGÍA.....	3
	3.1. MARCO GEOLÓGICO. GENERALIDADES.....	3
	3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS.	4
	3.3. ESTRATIGRAFÍA EN EL SUBSUELO.....	8
	3.4. GEOMORFOLOGÍA.....	10
	3.5. PROCESOS ACTUALES.....	12
IV.	CARACTERÍSTICAS SISMOLÓGICAS DE LA ZONA.....	12
V.	HIDROGEOLOGÍA.....	13
	5.1. HIDROLOGÍA.....	13
	5.2. CLIMATOLOGÍA.....	14
	5.3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.....	15
	5.4. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO.....	18
	5.5. HIDROQUÍMICA.....	19
VI.	RIESGOS ASOCIADOS A LA UBICACIÓN DEL C.T.R.....	21
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	29

ANEXOS

FOTOS

DATOS DE PRECIPITACIÓN

I. OBJETIVOS Y ANTECEDENTES

Desde hace varios años, León, en su Plan de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (PGRSU), busca terrenos para ubicar la infraestructura de recepción de esos residuos (Vertedero) y la Planta de Reciclado y Compostaje (PRC). En Diciembre de 1997 el consorcio constituido para la gestión de los residuos sólidos urbanos saca a concurso público la presentación de ofertas de terrenos para la instalación del Centro de Tratamiento de Residuos (CTR). Una vez seleccionados los terrenos, se encargó a Informes y Proyectos, S.A. (INYPESA) los estudios geológicos, hidrogeológicos y geotectónicos de la ubicación seleccionada para valorar técnica y medioambientalmente sus características.

Se seleccionó la oferta de unos terrenos que tienen una superficie de 75 hectáreas que están en el Valle de Portugal (San Román de la Vega. León) para construir un centro que recibiría por su capacidad, al menos, 5 millones de toneladas de rechazos tratados en el mismo centro. En torno a esta área se encuentran 24 pueblos, en un radio de siete kilómetros a la redonda y los valles productivos de los ríos Órbigo y Tuerto.

Esta decisión provoca una problemática social entre los vecinos de las poblaciones afectadas y se crea la Asociación Órbigo-Tuerto cuyo fin es la de oponerse a la instalación del CTR en este paraje, al considerar que los impactos ambientales, económicos, y sociales generados por este centro, serían graves y afectarían negativamente al desarrollo de esta zona.

En este contexto, la Asociación Órbigo-Tuerto pide el presente informe para que se analicen los riesgos que puede provocar el CTR Provincial, derivados de la geografía y características geológicas e hidrogeológicas del emplazamiento propuesto.

Este informe se ha elaborado fundamentalmente con la información aportada por el *"Estudio geológico, hidrogeológico y geotécnico en el Valle de Portugal, San Román de la Vega. (San Justo de la Vega)*, anexos y mapas geológicos e hidrogeológicos realizados por INYPESA (1998) a instancias de la Administración actuante y cuya copia obra en el expediente administrativo. También se ha realizado reconocimiento de campo para estudiar en el terreno los aspectos relativos a la geografía, geología e hidrogeología del área seleccionada y sus alrededores. Además de la información disponible del ITGE, de la Junta de Castilla y León, y otros que citamos con más detalle en la bibliografía que hacen referencia a la zona.

II. MARCO GEOGRÁFICO Y DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

Geográficamente, la zona que nos ocupa pertenece a la Comunidad Autónoma de Castilla y León y se encuentra situada en la provincia de León, a unos 50 km. al suroeste de la misma (ver fig. 1), cerca de Astorga y muy próxima al límite con la comarca de la Magaratería.

El área donde se ubican los terrenos ofertados para la construcción del CTR, se localiza entre la margen izquierda del río Tuerto y la derecha del río Órbigo, extendiéndose ampliamente por los páramos que sirven de separación y divisoria entre ambas cuencas (ver fig. 2). Estos terrenos pertenecientes al término de San Román de la Vega (municipio que pertenece administrativamente a San Justo de la Vega) están en la confluencia de las dos cabeceras del Valle de la Zarza, que se sitúa aguas arriba del Valle de Portugal.

El relieve es en general suave, con una altitud media entre 920-940 metros constituye un páramo disectado por arroyos y ríos que dan lugar a estrechos y largos valles, que aguas abajo enlazan con las vegas de los ríos Tuerto y Órbigo.

El número de poblaciones de esta zona es elevada. Se sitúan en las productivas vegas de los ríos Tuerto y Órbigo. Los términos municipales que se ven afectados por la proximidad al CTR son:

- En el Valle del Órbigo: Hospital, Benavides, Villarejo y Villares de Órbigo, Estébanez de la Calzada, Santibáñez de Valdeiglesias, Quintanilla del Valle, Vega de Antoñán, Antoñán del Valle y San Feliz la Calzada, Moral y Gualtares.
- En la margen izquierda del Valle del Tuerto: San Justo, San Romá y Posadilla de la Vega, Barrientos, Nistal, Sopeña de Carneros, La Carrera, Fontoria de Cepeda, Quintana de Fon, Villaobispo, Villamejil y Valdeiglesias.

En cuanto a la vegetación, hay representantes de encinas (*Quercus ilex*) en las laderas, matorral de *Cystisus multiflorus*, *Lavandula pedunculata*, *Daphne gnidium*, etc., robledal, jara, castaño, y chopo, como especies más representativas con gran valor ecológico y paisajístico.

Las principales actividades económicas de la región son:

- La agricultura. Principalmente el cultivo del cereal y en la amplia y rica vega del río Órbigo y Tuerto destaca la remolacha con su centro recolector de la Azucarera de Veguilla de Órbigo (fábrica cerrada recientemente y

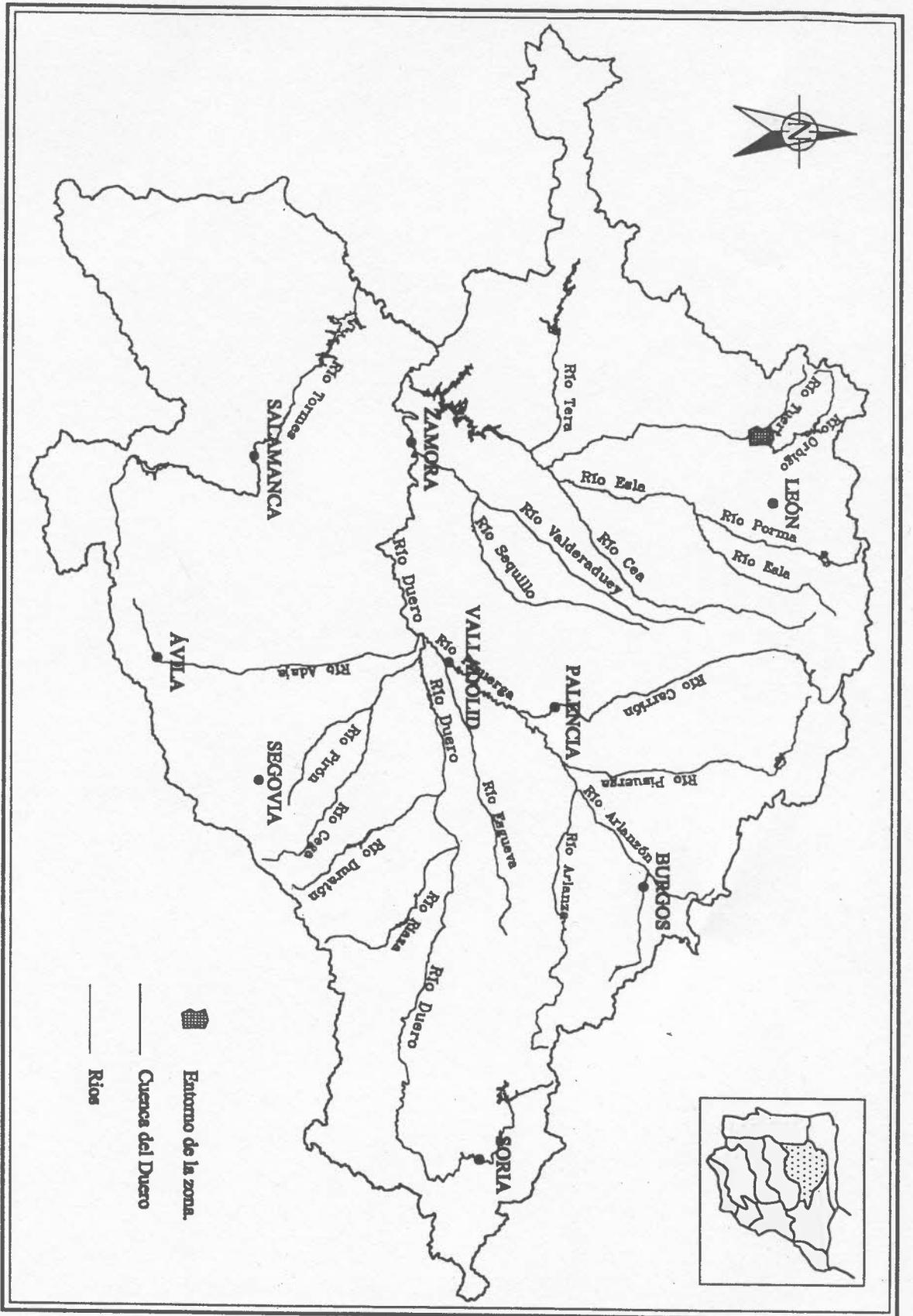


Fig. 1. Situación general

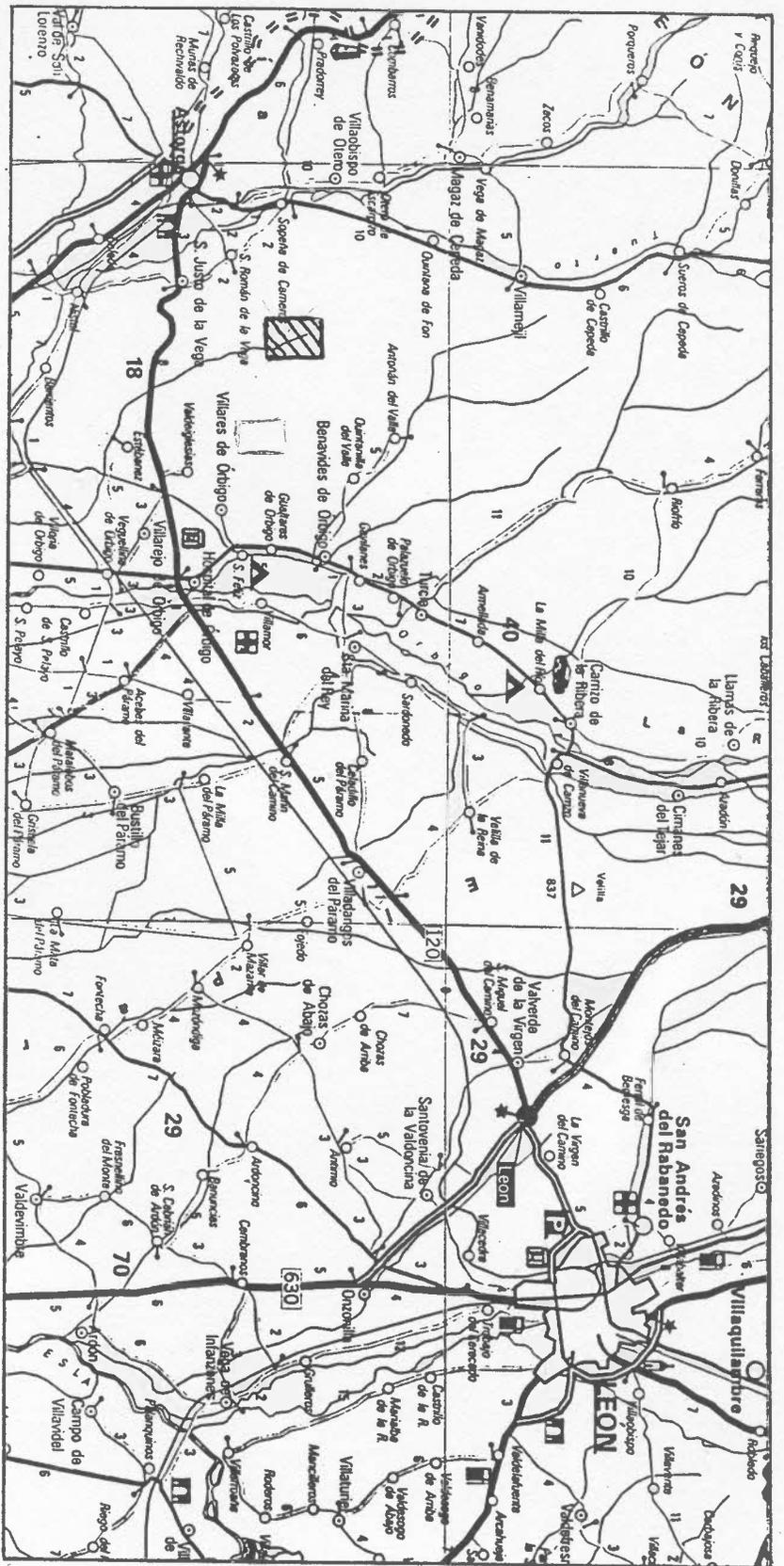


Fig. 2. Situación geográfica del entorno de los terrenos propuestos.

trasladada a la Bañeza), el lúpulo con su centro recolector en Carrizo, y los pimientos, judías y maíz.

- El ganado vacuno y lanar así como las granjas de pollos, cerdos y conejos.
- La actividad industrial en el Valle del Órbigo (fábrica de Kraft).
- El turismo rural de Asturias y del Camino de Santiago.
- La actividad piscícola y pesca. El coto de pesca de Santa Marina (en el río Órbigo) pasa a ser, desde 1999, escenario deportivo social de Órbigo, consideración que sólo poseen cinco masas de agua en la Comunidad de Castilla y León.

Es de destacar también que la Cañada Real de la Vizana o de la Plata o Mozárabe pasa por la ubicación propuesta del CTR, tal como se observa en la Hoja Topográfica nº 12-10. Astorga, del Servicio Cartográfico del Ejército.

III. GEOLOGÍA

3.1. MARCO GEOLÓGICO. GENERALIDADES

Los terrenos ofertados se sitúan en el sector noroccidental de la Cuenca del Duero que es una amplia depresión rellena de sedimentos que aumenta su profundidad hacia los bordes septentrional y oriental de la misma (ver fig. 3).

Hacia el este de nuestra zona, afloran materiales paleozoicos - cuarcitas y pizarras - fruto del metamorfismo asociado a la Orogenia Hercínica que formó el Macizo Hespérico, que desde Galicia se extendía en dirección Sureste.

La erosión posterior de estos relieves creó una penillanura que más tarde, en el Mesozoico basculó y se introdujo el mar por el este, depositando sedimentos de varios kilómetros de espesor.

Posteriormente la fase Alpina pliega y fractura los materiales existentes del paleozoico y mesozoico creando zonas elevadas y zonas deprimidas o fosas. La elevación y posterior erosión de estos relieves en el terciario - las Montañas Galaico-Leonesas, la Cordillera Cantábrica e Ibérica, y el Sistema Central - fue acumulando sedimentos en la fosa hasta rellenarla por completo. Estos sedimentos pertenecientes a sistemas aluviales y lacustres afloran en la actualidad con gran variedad litológica lateral y vertical.

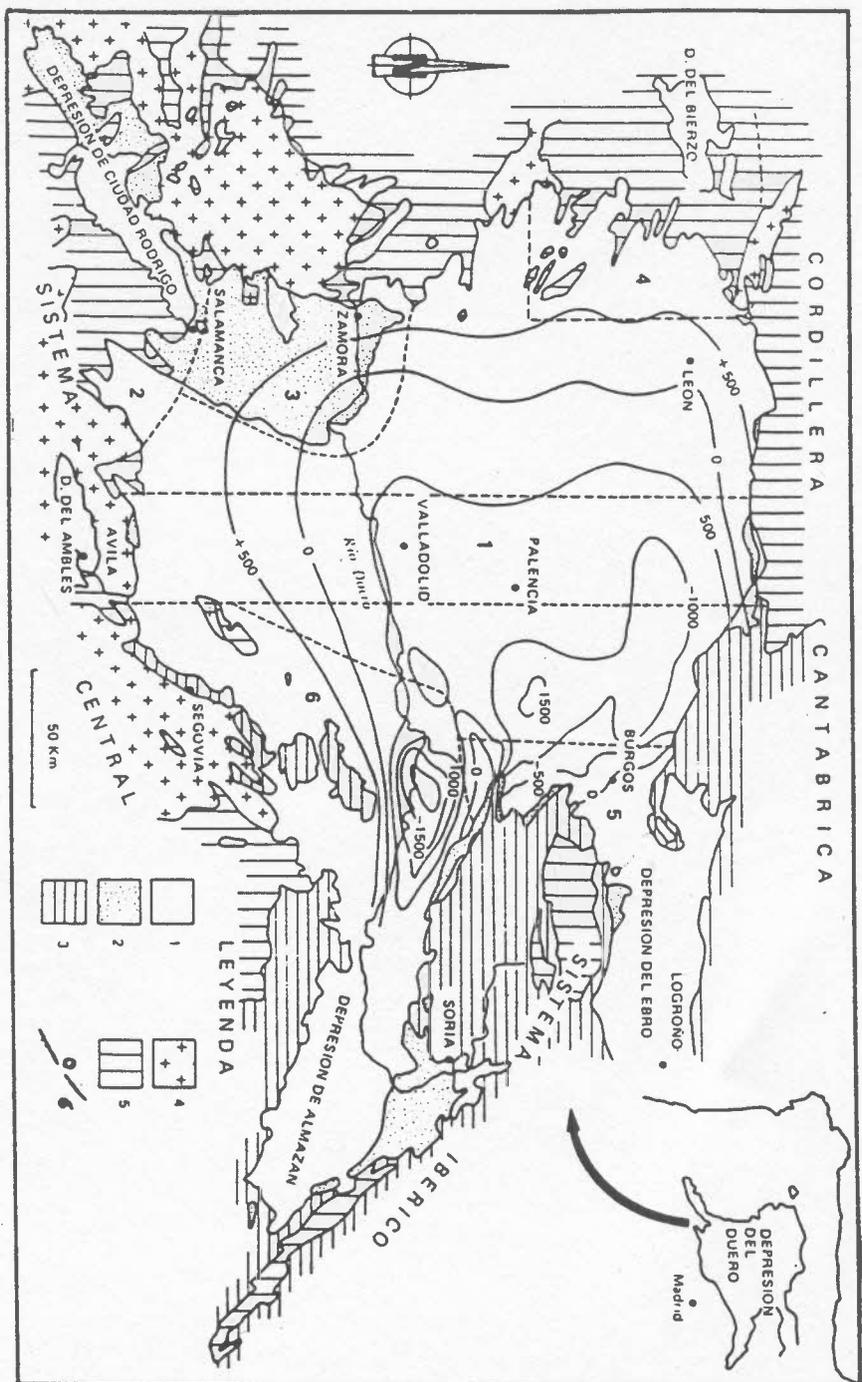


Fig. 3. Contexto geológico general. 1: Neógeno y Cuaternario; 2: Paleógeno; 3: Mesozoico; 4: Rocas plutónicas y metamórficas; 5: Paleozoico y Precámbrico; 6: Isobatas (en m.).

El Neógeno constituye la mayor parte del relleno de la cuenca que no fue continuo a lo largo de todo el Terciario, sino que se observan diferentes discontinuidades originadas como consecuencia de la actividad de sus márgenes o bordes generalmente, debido a procesos diastróficos y cambios climáticos.

El borde noroccidental de la Cuenca, esta formado por un conjunto de materiales detríticos, fundamentalmente arenas y lutitas, de tonalidades ocre-amarillentas, que se organizan en un conjunto de sistemas deposicionales controlados por un paleorrelieve, dando lugar a veces un cierto confinamiento de los depósitos (ITGE, 1994), llegando a rellenar en ocasiones paleovalles. Destacan entre otros los denominados Sistemas de Villagatón y Carrizo-Benavides, por ser los materiales de estos sistemas los que conforman el relleno de la Cuenca en la zona estudiada (ver fig. 4).

Finalmente en el Cuaternario se instala una red fluvial cuya evolución contribuye al relleno y modelado de la cuenca dando lugar a la configuración que encontramos hoy los extensos canturrales tipo "raña" y/o terrazas que se encajan en los sedimentos neógenos y son precursores de la red fluvial actual, manifestado por el numeroso sistema de terrazas fluviales asociadas a dicha red, concretamente a los ríos Órbigo y Tuerto y sus tributarios y que contribuyen en buena parte a la configuración morfológica de la región que encontramos hoy.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES GEOLÓGICAS.

Pasamos a realizar una revisión de la cartografía geológica en detalle de la zona (ver mapa geológico INYPSA, 1998) considerando la geología del entorno zona (ver mapa geológico del entorno ITGE, 1984-1992)

Paleozoico

A pesar de que no aflora, el paleozoico se reconoce en la margen izquierda del río Tuerto y constituye el zócalo sobre el que se asientan los materiales terciarios.

- *Unidad cartográfica 1. Pizarras, areniscas y cuarcitas. Serie de los Cabos. Cámbrico medio-Ordovícico inferior.*

Los materiales aparecen en el ángulo más suroccidental de la zona, en el margen izquierda del río Tuerto, junto a la población de Nístal.

Consiste en una sucesión monótona de pizarras grises y verdosas que intercalan algún pequeño nivel arenoso y cuarcítico en el que se reconocen estructuras sedimentarias tipo ripple.

INFORME DE RIESGOS ASOCIADOS A LA CONSTRUCCIÓN DE UN CENTRO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS EN EL VALLE DE PORTUGAL, SAN ROMÁN DE LA VEGA, LEÓN.

Modificado de INYPSA. Mapa Geológico.	TERCARIO ORLEANSIENSE	CUATERNARIO PLEISTOCENO	TERCARIO VALLESIENSE
	MEDIO ASTRAACIENSE	SUP 4 5 6 7 8 9 10 11	HOLOCENO

1. Limos y lutitas ocre con intercalaciones de arenas. 2. Lutitas rojas y ocre. 3. Arenas ocre-amarillentas. 4. Gravas cuarfiticas y arenas rojas. Abanico de Fuente de la Majada. 5. Gravas cuarfiticas y arenas rojas. Sistema aluvial del Órbigo-Tuerto. 6. Gravas, arenas y lutitas. Terrazas. 7. Gravas, arenas y lutitas. Terrazas. 8. Gravas, arenas y lutitas. Terrazas. 9. Lutitas ocre con cantos, gravas y arenas finas. Conos aluviales. 10. Lutitas con cantos. Coluviones. 11. Lutitas y arenas con cantos y gravas. Fondos de valle.	CUATERNARIO
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------

Dirección preferencial del flujo subterráneo. ←
 Isopleza. —
 Área ofertada.

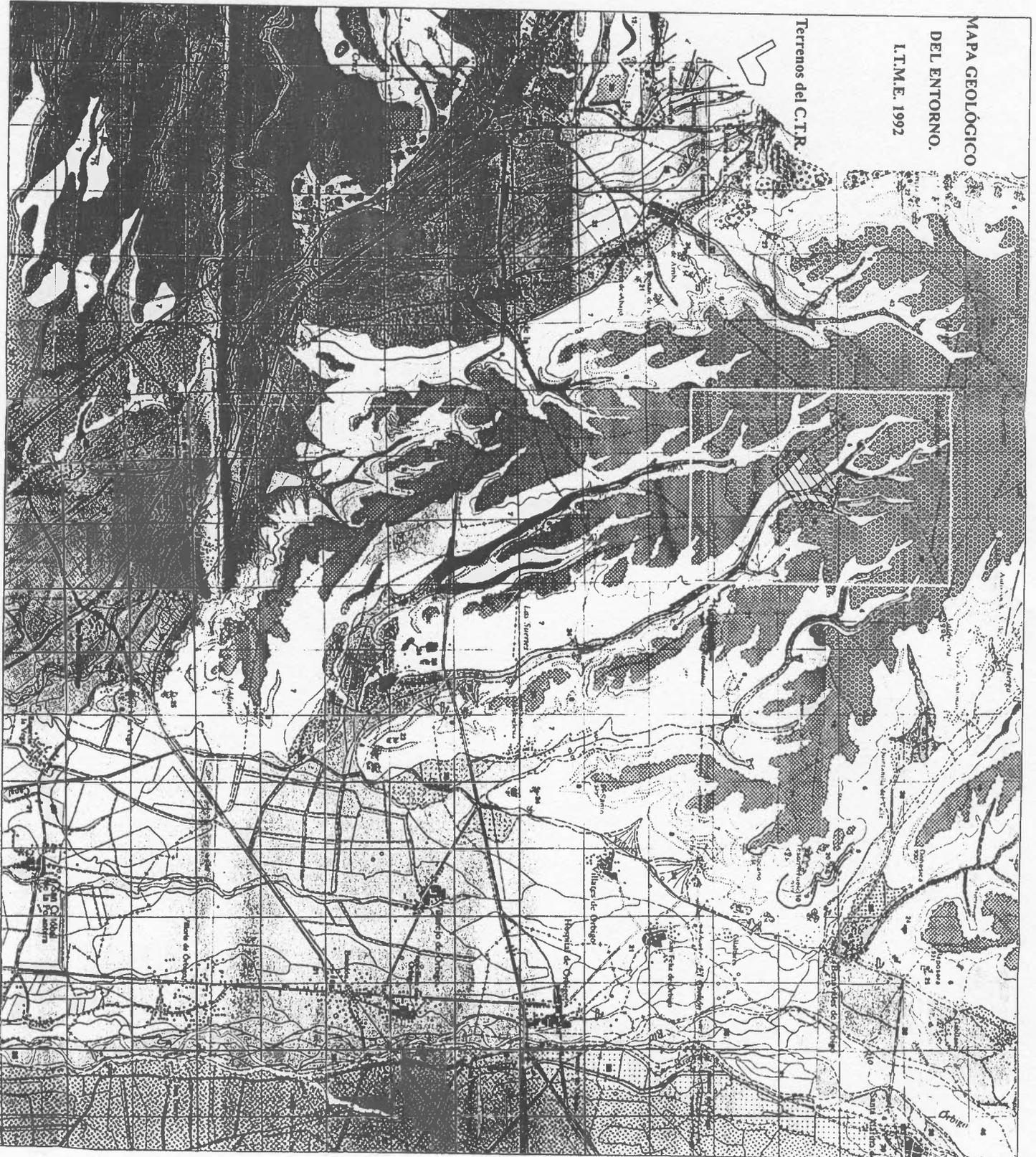
ESCALA
 0 200 400 500m



**MAPA GEOLÓGICO
DEL ENTORNO.**

I.T.M.E. 1992

Terrenos del C.T.R.



LEYENDA

CAMBRIOS		ORDOVICIOS		SILURIO		TERCIARIO		CUATERNARIO	
				T1		MIOCENO		PLEISTOCENO	
				L1		M1		P1	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100

Los materiales se atribuyen al miembro inferior de la Serie de los Cabos con un espesor aproximado de 3000 metros.

- Unidad cartográfica 2. Cuarcitas. Serie de los Cabos. Ordovícico inferior.

Constituye la parte alta de la Serie de los Cabos. Aparece al oeste de la zona, en el Valle del Tuerto, junto a la población de Sopeña.

Consiste en unas cuarcitas de color gris-blanquecino y algo rojizas, de espesor métrico y algo fracturadas.

Presentan algunas estructuras sedimentarias tipo ripple, *Cruzianas* o *Skolithos*. Tienen un espesor aproximado de 300 metros.

Terciario

Alternancia de rango métrico entre lutitas ocre-rojizas y arenas ocre-amarillentas de grano fino, con un ligero buzamiento hacia el SSE (deducido de los cortes geológicos).

Desde el punto de vista sedimentológico los depósitos terciarios caracterizan un contexto de frente distal de abanicos aluviales. Estos depósitos terciarios examinados pertenecen al Sistema de Carrizo-Benavides, (IGME, 1984). (ver figura).

Las unidades cartográficas del **terciario** son:

- Unidad cartográfica 1. Limos ocres y lutitas rojizas con intercalaciones de arenas. Sistema de Carrizo-Benavides. Mioceno medio-superior.

No se registran contrastes destacables de litologías, integrando alternancias heterogéneas entre limos ocres, arenas y arcillas rojizas.

Los términos lutíticos predominantes son limos y lutitas ocres, de aspecto masivo, con bioturbación variable y en el que excepcionalmente pueden reconocerse laminaciones paralelas o ripples. Se encuentran en horizontes de potencia decimétrica a métrica.

Los niveles de arena son cuerpos de morfología subtabular, de espesor normalmente inferior a 1 m. Con un color ocre-amarillento, muestran tamaños de grano fino a muy fino con gradación hacia techo a limo.

Su base es muy neta y ligeramente erosiva y pueden observarse estructuras sedimentarias tractivas.

RELACIONES ESPACIALES Y TEMPORALES
ENTRE LOS DIFERENTES SISTEMAS DEPOSICIONALES

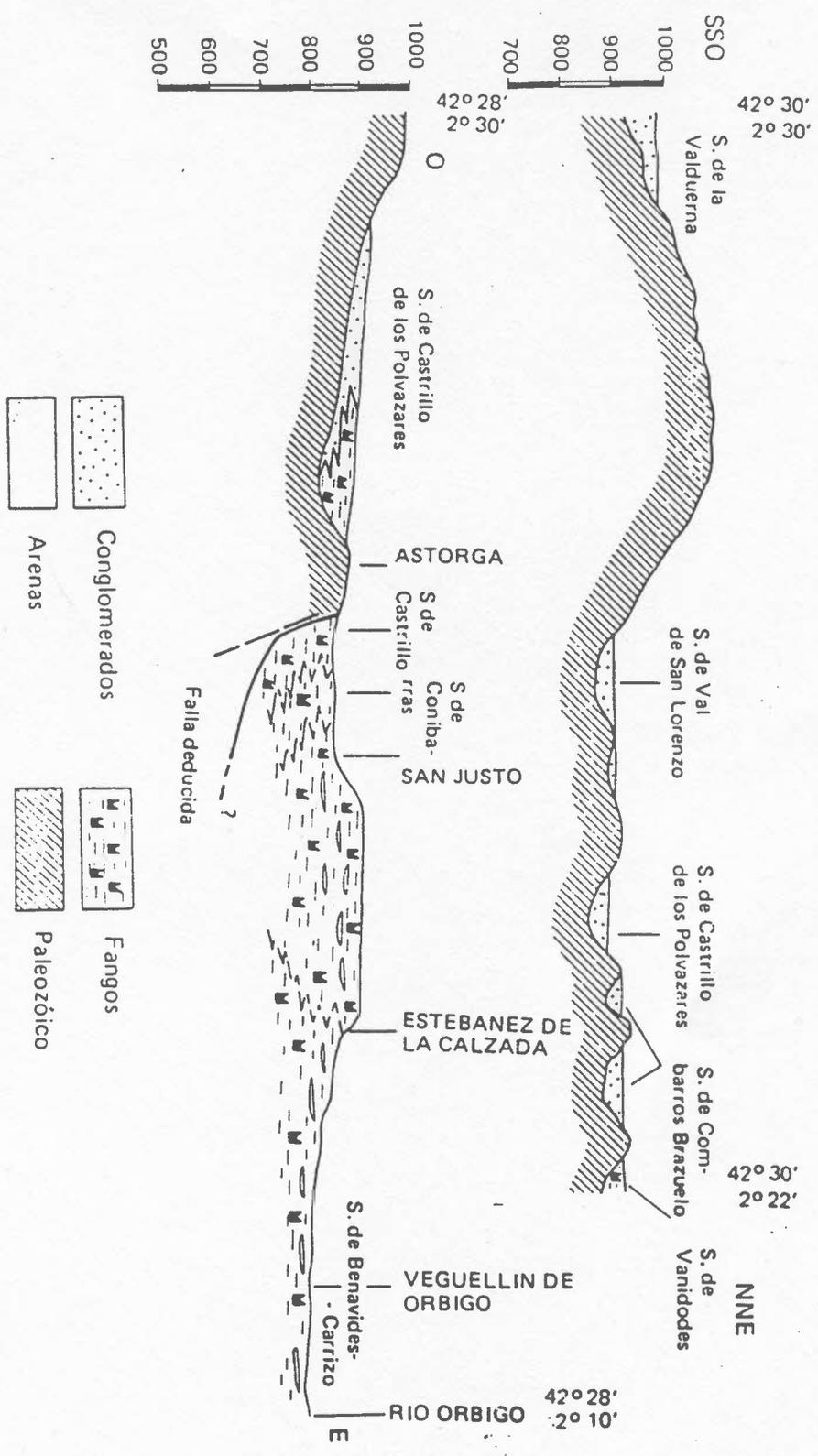


Fig. 4. Relaciones espaciales y temporales entre los diferentes sistemas deposicionales en la zona según VARGAS et al.

Pueden ocasionalmente individualizarse horizontes de arcillas ocre-rojizas de espesor decimétrico con aspecto homogéneo y grado de bioturbación elevado.

- *Unidad cartográfica 2. Lutita rojas y ocrés. Sistema de Carrizo-Benavides. Mioceno medio-superior.*

Predominio de depósitos arcillosos con potencia de orden de varios metros. Consisten en arcillas de tono rojo con intercalaciones centimétricas y decimétricas de limos ocrés y rojizos en proporciones variables. La bioturbación suele ser bastante acusada debido a procesos pedogénéticos, con un desarrollo destacable de suelos hidromórficos rojos en los que se pueden concentrar óxidos metálicos sin llegar a la generación de costras ferruginosas.

- *Unidad cartográfica 3. Arenas ocre-amarillentas. Sistema de Carrizo-Benavides. Mioceno medio-superior.*

Configuran intervalos de espesor métrico, comprendido entre 2,5 y 10 m, morfología subtabular y continuidad lateral de orden hectométrico a kilométrico.

Son arenas de grano medio-fino a muy fino, color ocre a ocre-amarillento, matriz feldespática en proporciones moderadas y cementación prácticamente inexistente.

Las estructuras sedimentarias son bastante abundantes.

Cuaternario

Pasamos a describir las unidades:

- *Unidad cartográfica 4. Gravas cuarcíticas y arenas rojas. Abanico de Fuente de la Majada. Pleistoceno.*

Representada ampliamente en la parte central y septentrional de la zona cartografiada a escala 1:5.000. Ocupa la superficie más alta o de los páramos. Su potencia oscila entre 2,5 y 8 m y yace en discordancia erosiva sobre la serie terciaria desarrollándose en el contacto un paleosuelo rojo muy afectado por pedogénesis.

Formada por gravas cuarcíticas con lechos de arena roja.

Las arenas forman parte o bien de las gravas o como lechos discontinuos aislados. Con tamaño de grano grueso a muy grueso, cantos dispersos, cementación incipiente y tonalidad rojiza de tono bastante vivo.

Se observan abundantes estructuras sedimentarias de origen tractivo; en gravas sets de láminas cruzadas y forma cóncava tendida que se encuentran separados por cicatrices erosivas canalizadas o subhorizontales y en arenas, si la bioturbación no es intensa, sets y cosets de láminas cruzadas planares o en surco.

- Unidad cartográfica 5. *Gravas cuarcíticas y arenas rojas. Sistema aluvial del Órbigo-Tuerto. Pleistoceno.*

Características litológicas, morfológicas y genético-sedimentarias semejantes a la unidad 4.

Su diferenciación viene heredada de IGME, 1984, donde se describe como un episodio de encajamiento de la red primitiva consecutivo al que representa la unidad 4.

- Unidad cartográfica 6. *Gravas, arenas y lutitas. Terrazas medias. Pleistoceno.*

Se encuentran exclusivamente en las laderas occidentales de los principales arroyos de la zona estudiada; en concreto en los arroyos del Valle de Portugal y del Valle de Roza, donde adopta una disposición de terraza colgada.

Son lutitas ocres-rojizas que localmente intercalan horizontes aislados de gravas y niveles de arenas limosas-ocres con algunos lechos de cantos. Su espesor es de unos 0,5 a 1,5 m.

- Unidad cartográfica 7. *Gravas arenas y lutitas. Terrazas medias. Pleistoceno.*

Nivel de terraza más desarrollado apareciendo con disposición de terraza colgada en el Valle de Portugal y de Lobos y como terraza encajada en el Valle de Roza.

Litológicamente los depósitos son idénticos a los descritos para la unidad 6 con potencia de 2 m.

- Unidad cartográfica 8. *Gravas arenas y lutitas. Terraza baja. Pleistoceno-Holoceno.*

Se ha diferenciado únicamente en el Valle de Portugal. Litológicamente muestra un contenido más alto, si cabe, en términos lutíticos que los niveles precedentes de terrazas, alcanzando localmente potencias próximas a los 2 m.

- *Unidad cartográfica 9. Lutitas ocre con cantos, gravas y arenas finas. Conos aluviales. Pleistoceno-Holoceno.*

De pequeña envergadura, se localizan en las laderas orientales de los Valles de Roza y Portugal, a la salida de los barrancos de muy corto recorrido y fuerte pendiente; alcanzando potencias máximas del orden de unos 3 m.

Están constituidos por lutitas con cantos dispersos y gravas con matriz fangosa. En algunas ocasiones, los términos lutíticos pueden presentar una proporción destacable en arena.

- *Unidad cartográfica 10. Lutitas con cantos. Coluviones. Holoceno.*

Aparecen en todas las laderas de los valles y consisten en lutitas ocre y rojizas con cantos dispersos de cuarcita. Su potencia oscila entre 0,5 y 1,5 m.

- *Unidad cartográfica 11. Lutitas y arenas con cantos, y gravas. Fondos de valle. Holoceno.*

Representados esencialmente en el fondo de los valles ligados a los principales cursos de la zona (Valles del Pozo, Portugal, Roza y Lobos).

Su potencia es del orden de 1 a 3 m, y están formados por fangos ocre y rojizos, localmente grises en zonas donde se registran encharcamientos, que intercalan niveles discontinuos de arenas y eventualmente gravas cuarcíticas.

3.3. ESTRATIGRAFÍA EN EL SUBSUELO

Del estudio en detalle de los sondeos (ver fig. 5), cartografía y cortes realizados por INYPSA en la zona de ubicación del CTR, se reconstruyen 70-80 m de serie estratigráfica y se observa que:

- El depósito extensivo de gravas cuarcíticas o “canturrales” correspondiente a la unidad 4, Abanico de Fuente de la Majada tiene un

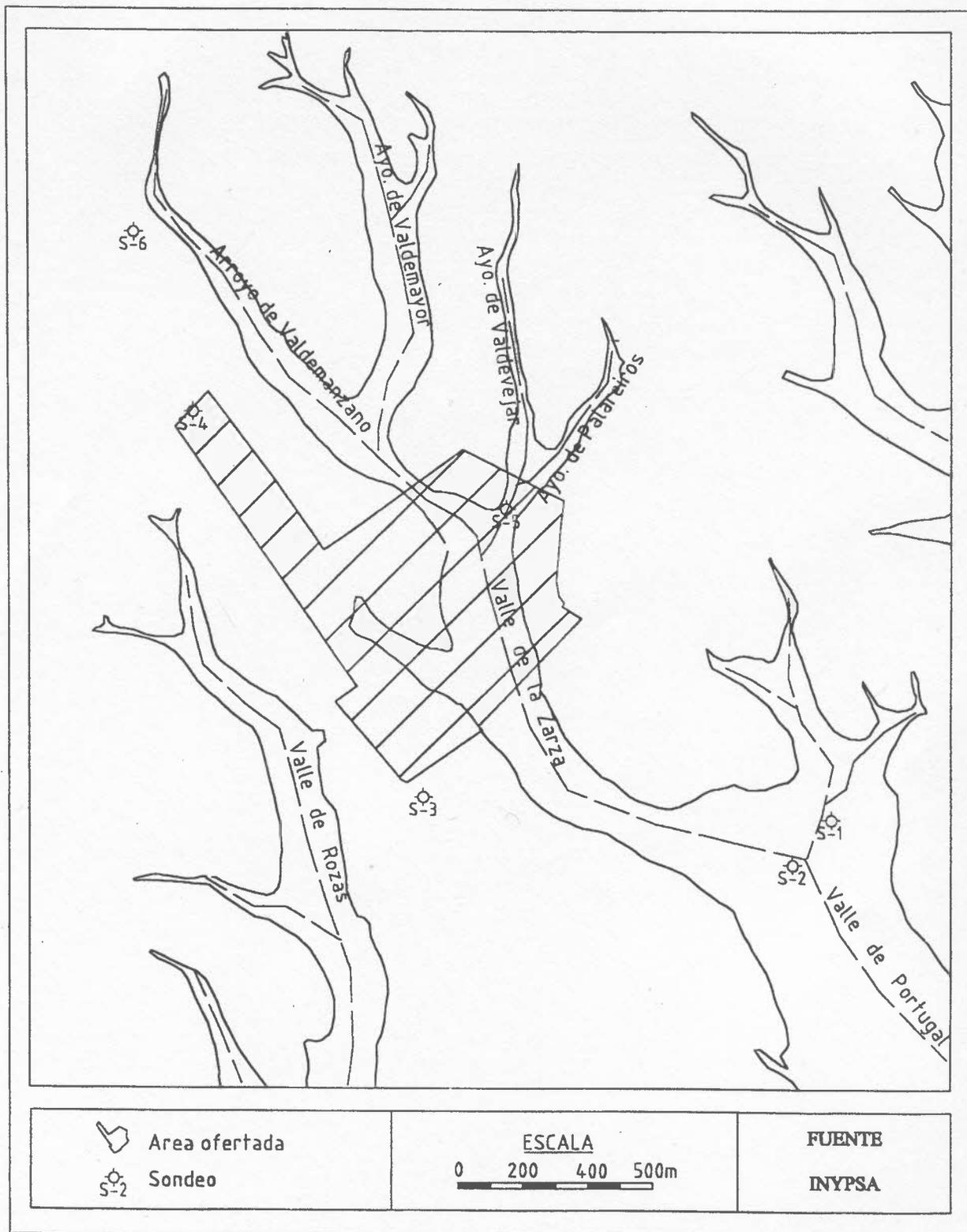


Fig. 5. Situación de los sondeos.

valor medio de pendiente de unos 8 m por km al SSE y una potencia comprendida entre 2 y 8 m .

- La serie terciaria está compuesta por una alternancia de frecuencia métrica entre intervalos de lutitas y arenas con potencias que alcanzan hasta 8 m; morfología subtabular y continuidad lateral que pueden oscilar entre 500 m y 1,5 km.
- El contenido en niveles de arena disminuye de NO a SE pasando de un 40-50% a un 20-25% respecto al total de serie terciaria analizada.
- Se distinguen, dentro de la serie terciaria controlada (70 m), 5 tramos en los que se encuentran prácticamente todos los niveles de arena (ver fig. 6).

Ordenados de techo a muro nos encontramos:

1. **945-940 m:** Formado por un único nivel de arenas donde alcanza una potencia de unos 6 m. Presenta una continuidad de unos 800 m hacia el SE, desapareciendo por erosión bajo el canturreal.
2. **937-931 m:** Formado por un solo nivel de arenas con reducción de potencia hacia el SE de 2,5 m a 1 m y con una considerable continuidad (> 1 km.). Por debajo del anterior, otro nivel de arenas de poca entidad con una potencia (2 m como máximo) y reducida continuidad lateral ($< 0,5$ km)
3. **920-918 m:** Formado al NO por un nivel de arenas de 3 m de potencia mínima y al SE. se distinguen dos niveles de arenas que se amalgaman con una potencia conjunta de 6,5 m en el sondeo S-3.
4. **910-908 m:** Se distingue en el sondeo S-5 con una potencia superior a 6 m .Se adelgaza rápidamente hacia el SE, de modo que en el sondeo S-3 la potencia se reduce a 1 m. Su continuidad hacia el NO se desconoce.
5. **898 m:** Se reconoce exclusivamente en el sondeo S-3. Constituido por dos niveles de arenas de 1 m de potencia. Pueden presentar cierta conexión con los niveles de arena reconocidos en el sondeo S-1.

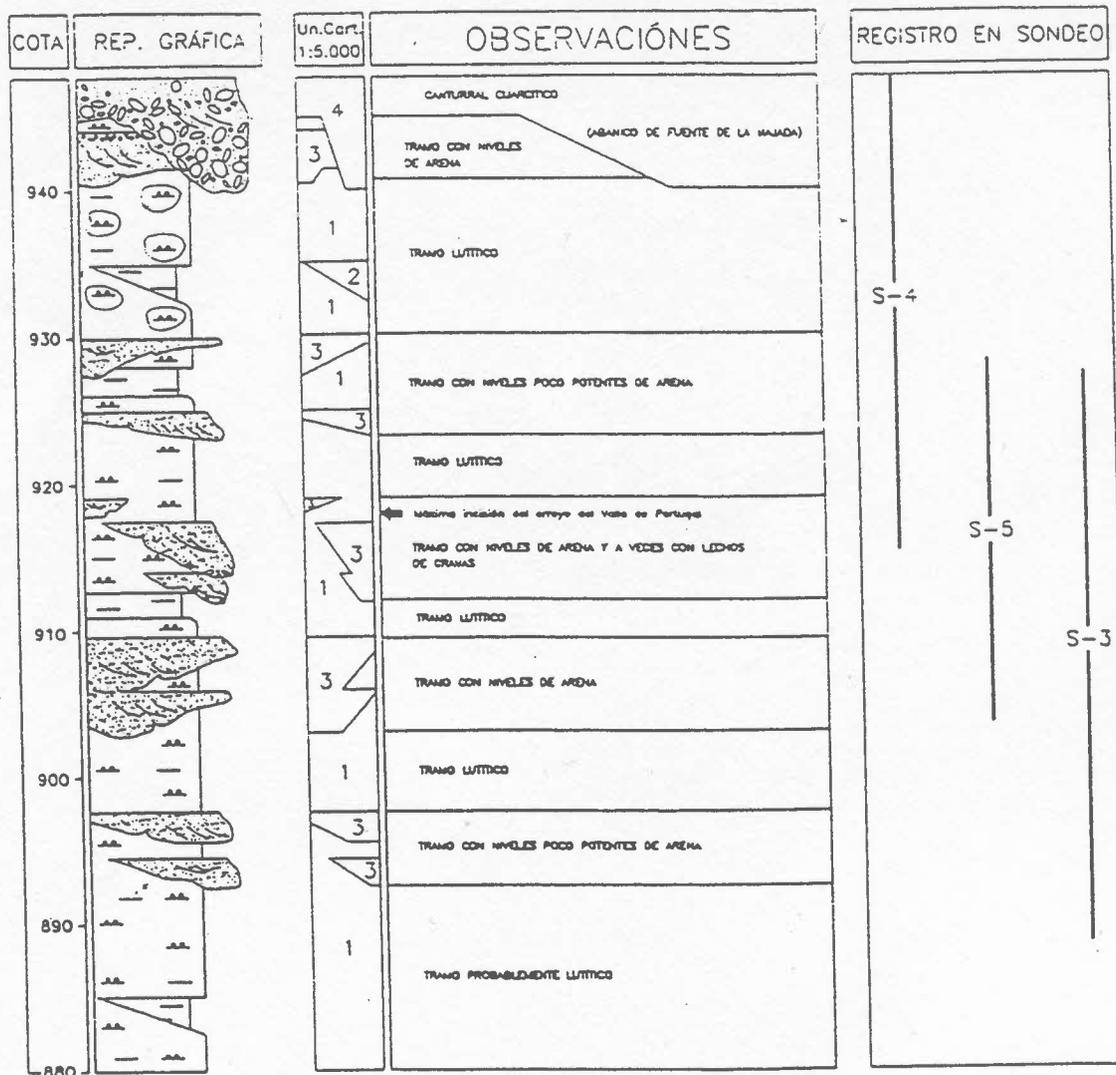


Fig. 6. Serie estratigráfica sintética de la zona propuesta según INYPSA (1998)

3.4. GEOMORFOLOGÍA

Desde el punto de vista geomorfológico, el paisaje en la zona del emplazamiento y su entorno es muy peculiar y está dominado por las formas fluviales. En una gran parte está formado por una extensa plataforma, situada por encima de los 900 m con claros escarpes hacia el Valle del Tuerto y desniveles con respecto a este de unos 100 m .

Esta superficie está construida y es resultado del proceso de colmatación de los depósitos aluviales pleistocenos que la conforman y constituyen lo que se viene a denominar en la región las "altas superficies", morfología planar muy característica de esta comarca leonesa.

Inciendo en estas superficies se labran las cabeceras de valles, que se desarrollan ampliamente en sentido meridional. Son pequeños valles, de fondo plano, modelados por depósitos de terrazas y coluvionares que dan lugar, al menos en sus tramos altos a un monótono y peculiar paisaje.

La descripción del relieve puede hacerse bajo 2 puntos de vista:

Estático o Morfoestructural y Dinámico.

El estudio del modelado, lo hemos centrado en el carácter dinámico, es decir, las formas que se originan como consecuencia de los procesos exógenos que pueden llegar a ser responsables de los riesgos que se pueden originar en la zona como consecuencia de la instalación, pero nunca olvidando el otro punto de vista, es decir, el substrato geológico sobre el que los procesos exógenos actúan.

Nos podemos encontrar con diferentes formas (ver fig. 7). Las formas más significativas son: formas fluviales, formas de ladera, formas poligénicas, formas lacustres, formas antrópicas.

Esquemmatizando tenemos:

- **Formas fluviales:** Alcanzan el mayor desarrollo de la zona. Dentro de estas formas nos encontramos:

1. *Terrazas:* Se reconocen 5 niveles de terrazas para los ríos Tuerto y Órbigo, así como 3 sistemas en los cauces tributarios de este último, estando además el más alto relacionado con un glacis generado en las etapas iniciales de construcción del valle.

2. *Otros depósitos de génesis fluvial relacionados con los cauces:* Se relacionan con los cauces de los ríos Tuerto y Órbigo y configuran parte

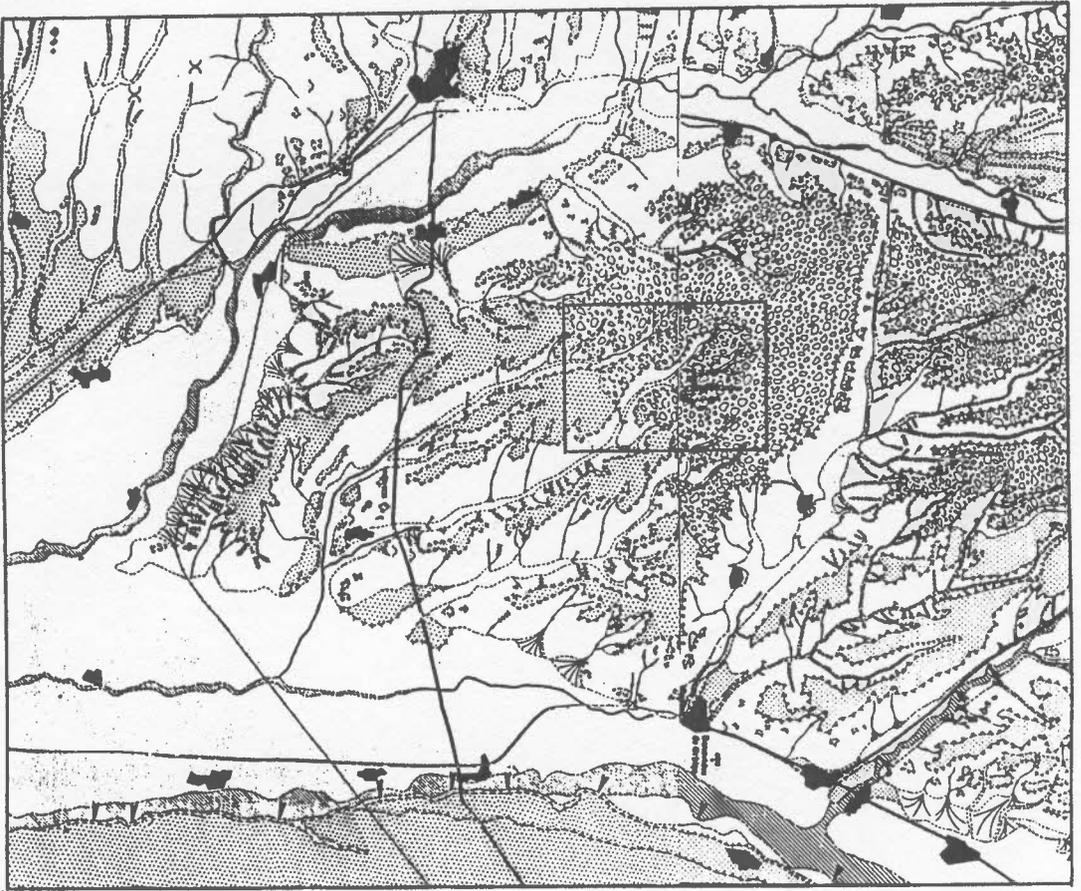


Fig. 7. Mapa geomorfológico del entorno, IGME (1984)

MAPA GEOMORFOLOGICO

- TOPOGRAFIA**
- Contorno en metros
- FORMAS FLUVIALES**
- Vedado en V y simétrico
 - Valles asimétricos
 - Culebras de deposición lateral
 - Llanuras de inundación
 - Llanuras aluviales y fanales de volcán
 - Cuencas abarcadas y ya destruidas
 - Arroyos
- FORMAS LACUSTRES**
- Áreas de desdeshidratación secundaria y lagunas
- FORMAS DE GRAVEDAD**
- Calaveras y depósitos de pedregal
 - Delimitación geomorfológica
- FORMAS POLIGENICAS**
- oasis
 - Superficies con abollado
 - Superficies sin abollado
- FORMAS ANTROPICAS**
- Hacienda urbana
 - Cerros
 - Fortificaciones
 - Camino y caminos
 - Explotaciones mineras
- MORFOGENICA**
- Canchales de reacción lineal
 - Depositos de reacción lineal
 - Cerros
 - Cerros basales del río
- MORFOMETRIA DE TALUDES**
- Escarpes > 20 m
 - Escarpes < 20 m
 - Escarpes > 50 m
 - Escarpes < 50 m
 - Cerros situados en mesas elevadas

de las altas superficies y sirven de interfluvios de dichos ríos. Sus cotas son de + 90 metros.

3. *Fondos de valle*: Son depósitos originados por cursos de esorrentía intermitente y efimera con un carácter mixto aluvial-coluvial, con pequeños aportes de las laderas de los valles por donde discurren.

4. *Conos aluviales*: Asociados a los fondos de valle. Se instalan en la salida de algunos barrancos y arroyos al desembocar en un cauce de rango superior. Pueden aparecer como formas aisladas (conos aluviales) o como formas solapadas (conos coalescentes).

5. *Formas de carácter erosivo*: La red de incisión genera por un lado barrancos en forma de "u" de fondo plano y por otro lado cárcavas. Se generan por la alternancia de materiales blandos sobre materiales duros.

6. *Valles en "u"*: Las laderas de pequeños valles contiguos se unen en sus partes superiores dando lugar al desarrollo de pequeños interfluvios en arista.

- **Formas de ladera**: Dentro de estas encontramos:

1. *Coluviones*. Originados por la acción conjunta de la gravedad y el agua, apareciendo al pie de las laderas de los principales valles y junto a las zonas con relativo relieve.

- **Formas lacustres**: Dentro de estas encontramos:

1. *Fondos Endorreicos*. Encharcamientos superficiales desarrollados sobre los canturrales cuarcíticos.

- **Formas poligénicas**: Dentro de estas encontramos:

1. *Glacis de Cobertera*. *Glacis-terrazza*. Desarrollados frecuentemente sobre las laderas de los valles, se relacionan con las terrazas fluviales. Son glacis-terrazza el producto de la erosión de los materiales sobre los que se constituyen.

2. *Glacis de Acumulación*. Depósitos característicos de la zona por su litología como por su morfología, dando lugar a extensas y vastas planicies que se sitúan al pie de los relieves.

- **Formas antrópicas**: Dentro de estas encontramos:

1. *Escombreras y Echadizos*. Depósitos acumulados de origen antrópico. Destacan no sólo por su impacto sino por su relativa compactación que plantean problemas geotécnicos.

3.5. PROCESOS ACTUALES

Dentro de la zona estudiada, el proceso funcional más importante es de carácter fluvial debido a la dinámica del cauce, sobre todo en los cauces activos de los ríos Tuerto y Órbigo.

Dentro de la erosión fluvial, uno de los procesos más acusados es la incisión vertical que da lugar a acarcavamientos y barrancos, como se puede observar en algunos tramos de la cabecera y márgenes de los valles de la red secundaria así como una marcada erosión remontante.

Esta erosión depende de la tectónica acaecida en la región; del nivel de base y de la naturaleza de los materiales que la conforman.

IV. CARACTERÍSTICAS SISMOLÓGICAS DE LA ZONA

El número de terremotos registrados a lo largo de la historia de la región es de solamente 15, lo que pone de manifiesto en líneas generales la baja actividad sísmica de la provincia y por supuesto de la zona estudiada, por lo que no presenta ningún tipo de complicación.

La magnitud registrada de los terremotos esta comprendida entre 2,8 y 3,6; localizados en su mayoría en los relieves de las unidades periféricas de la Cuenca del Duero, Los Montes de León y La Cuenca del Bierzo.

La probabilidad de riesgo sísmico para un período de retorno de 1000 años, sitúa a la región en una zona comprendida entre las isosistas de grado VI y grado IV. En concreto la zona a estudiar se localiza en un área de grado IV muy próxima al V, es decir, la intensidad máxima esperable con la que puede acontecer un terremoto en la zona estudiada en los próximos 1000 años sería como máximo de grado V en la escala de Mercalli.

Por último hablar de La Norma de Construcción Sismoresistente, NCSE-94, del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente aprobada por el Real Decreto 2543/1994 del 29 de Diciembre. BOE del 8/2/95 en el capítulo referente a las Normas Básicas de la Edificación, la AE-88. Anejo. "Acciones en la edificación", marca los criterios a seguir para la consideración de la acción sísmica en la construcción de edificios.

A efectos del documento se permite clasificar a los terrenos en tres grupos. En particular, para el vertedero de residuos sólidos urbanos, la construcción se va a clasificar "De moderada importancia", en un terreno Tipo II, es decir, terrenos granulares o cohesivos de compacidad media o dura, con una velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla VS comprendida entre los 400-750 m/sg y con un valor de aceleración Ac/g menor que 0,04, es decir, $ac < 0,04 g$.

De acuerdo con la Norma, no es obligatorio el cumplimiento de la misma, al encontrarse ubicada la zona de estudio en un área cuyas características sísmológicas se sitúan por debajo de los parámetros mínimos requeridos para llevar a cabo los estudios sísmicos obligatorios.

V. HIDROGEOLOGÍA

5.1. HIDROLOGÍA

Nuestra zona de estudio se encuentra en la cuenca del Duero. Las principales arterias de agua son los ríos Tuerto y Órbigo, afluente este último del Duero, y son cursos de tendencia rectilínea y meandriforme con dirección preferente N-S.

El río Tuerto, al margen de pequeños arroyos, apenas tiene tributarios, sólo efímeros por la margen izquierda con dirección NE-SO, mientras que el Órbigo recibe por su margen derecha afluentes de cauces efímeros como el Barbadiel y Vellín de Lobos con dirección NNO-SSE.

Las estaciones de aforo de la zona son:

- Aguas arriba.
 - E-76: Río Omañas (afluente del río Órbigo).
 - E-77: Sueros (río Tuerto)

- Aguas abajo.
 - E-60: La Bañeza (río Órbigo después de la incorporación de El Tuerto).

Los datos resumen de estas estaciones (MOPU-ITGE, 1964-1984) son:

ESTACIÓN	NOMBRE	SUPERFICIE DE LA CUENCA, km ²	APORTACIÓN MEDIA, hm ³
E-76	Río Omañas	481	343
E-77	Sueros	53	30,1
E-60	La Bañeza	3192	852

5.2. CLIMATOLOGÍA

Nos encontramos con una serie de variables que nos van a definir el clima.

Los datos obtenidos en las estaciones climáticas del entorno definen un clima Mediterráneo Continental Seco con Tª media anual de 10-11° C, una precipitación media anual de 444-596 mm, y unos vientos (datos recogidos de la estación de León) predominantes OSO, con rachas máximas de 119 km/h, en un periodo de 30 años, con dirección SO-NE.

Las variables climáticas a tomar en cuenta son:

1. La Pluviometría media anual > 500 mm debe ser tomada en cuenta por la producción de lixiviados.
2. Precipitaciones máximas en 24 horas -para un periodo de 30 años- son de 70 mm en Ponferrada y 59 mm en León. En la estación de Astorga midió 98 mm en febrero de 1997, 83 mm en septiembre de 1996 y 103 mm en agosto de 1997.
3. No más de diez granizadas al año.
4. Aproximadamente veinte tormentas al año.
5. Heladas en torno a 80 al año.

Son interesantes los datos aportados por mayores y lugareños que hacen referencia a sucesos relacionados con grandes precipitaciones y avenidas ocurridas en el entorno de Estébanez y Valle de Portugal. Aunque no tienen un valor cuantitativo de los fenómenos, sí que muestran la recurrencia y magnitud de estos eventos que son determinantes para los estudios de meteorología y de avenidas. A continuación transcribimos algunos testimonios recogidos:

- *A Principios de siglo, en el verano, una tormenta fuerte arrasó todo lo que estaba en las "eras" (praderas donde se trillaban los cereales), llevándose por delante mieses y utensilios dedicados a estas labores agrícolas".*
- *El Día de la Trinidad de 1943 hubo Tormentas con grandes inundaciones. Las vigas de madera de las casas en construcción fueron arrasadas más de 2 km. hasta la vía del tren.*
- *En Agosto y Septiembre de 1959, las tormentas que se produjeron en el Valle de la Calzada ocasionaron inundaciones y graves daños, y sin embargo en el pueblo apenas llovió.*

5.3. DESCRIPCIÓN DE LAS UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS.

La contaminación de las aguas superficiales y subterráneas es uno de los impactos más importantes que pueden generar los Centros de Tratamiento de Residuos. Del estudio en detalle de las distintas unidades hidrogeológicas de la zona, se pueden establecer los riesgos asociados al centro (ver mapa hidrogeológico y cortes).

Paleozoico.

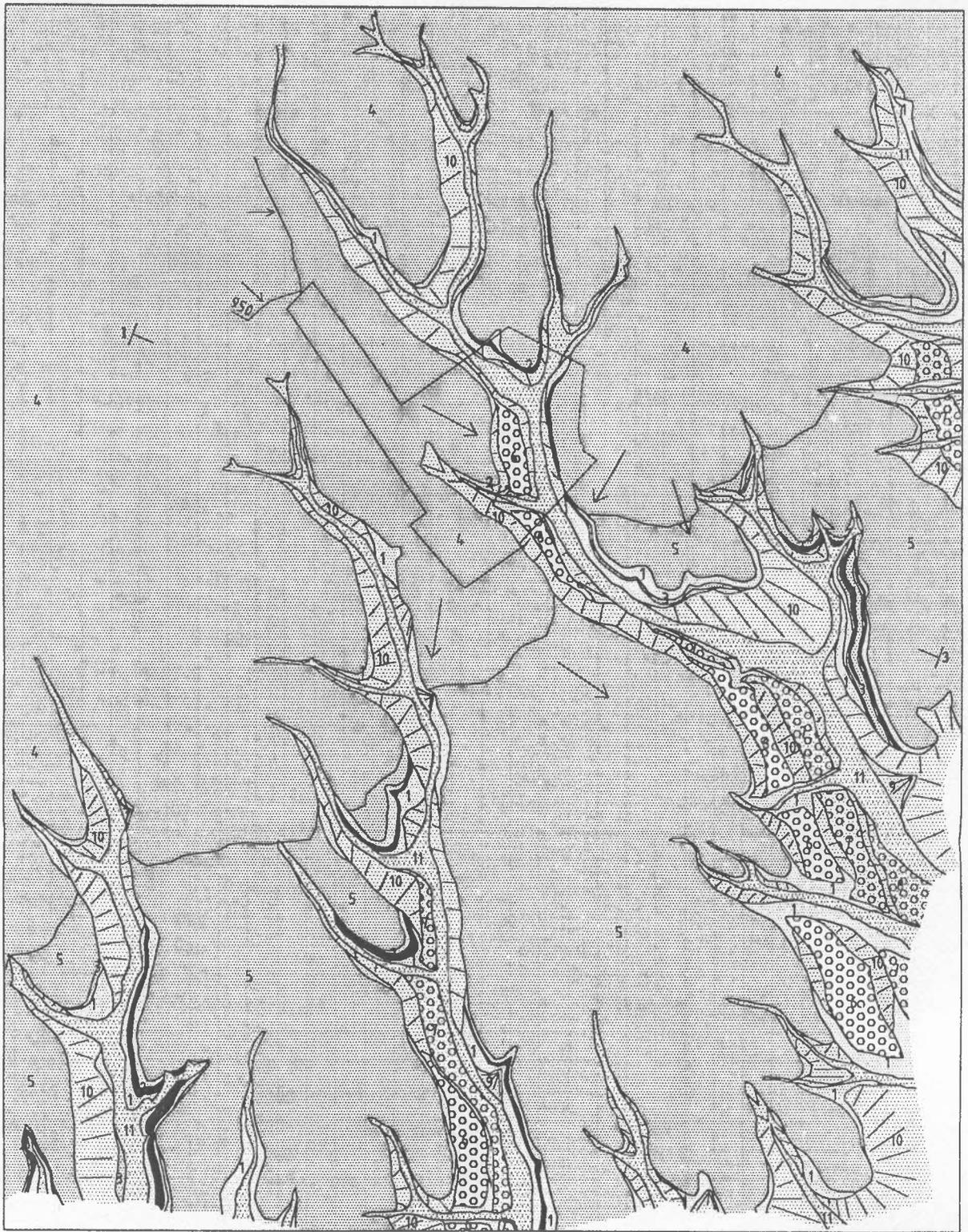
Constituido por cuarcitas y en menor medida por pizarras y areniscas del cámbrico y del ordovícico. La profundidad a la que encontramos estos materiales es menor cuanto más al oeste nos vamos. Llegan a aflorar en los alrededores de Sopeña de Carneros y Nistal ambos en la margen derecha del río Tuerto.

En origen estos materiales son impermeables (muy baja permeabilidad, $<10^{-8}$ m/s) y no son explotados. Cuando estos materiales están fracturados y/o diaclasados se desarrollan niveles acuíferos con cierto interés como parece suceder en el actual sondeo de abastecimiento de Brimeda o los dos sondeos, incluso surgentes, de Celada.

La recarga de estos niveles acuíferos se produce fundamentalmente de la recarga de lluvia en los bordes de la cuenca donde afloran los estos materiales.

Terciario.

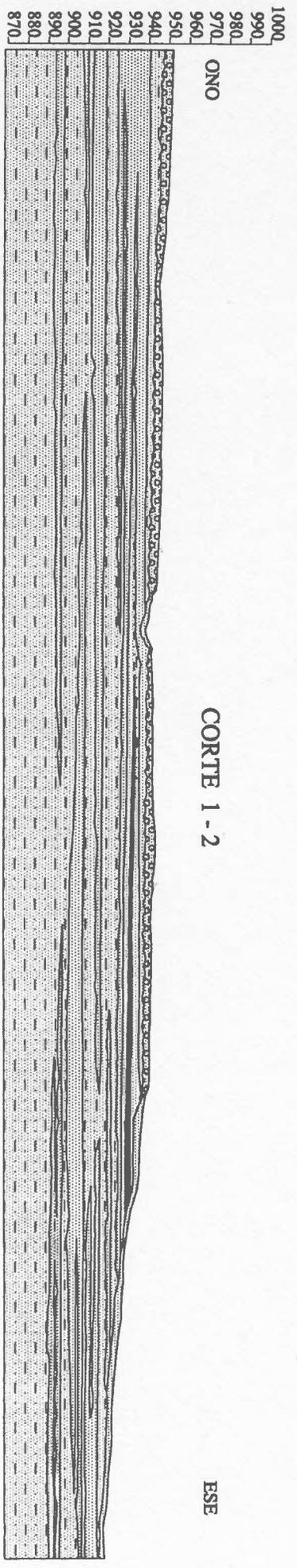
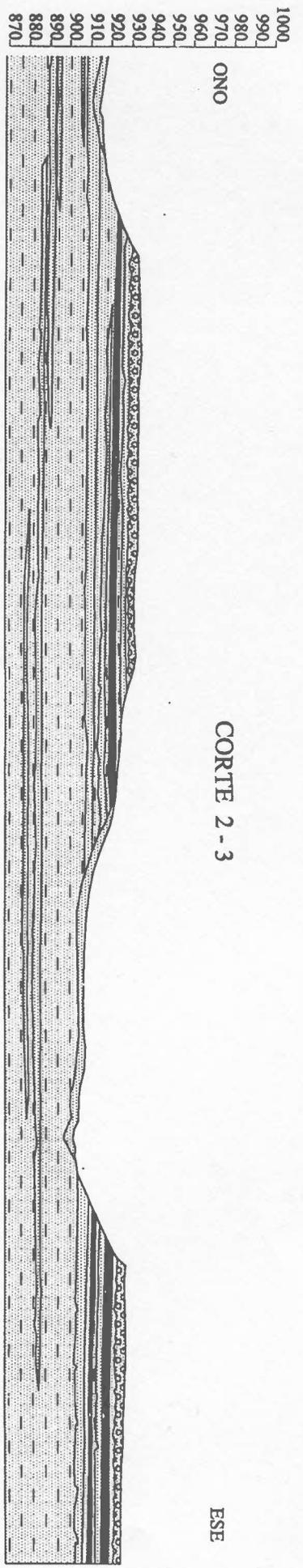
El terciario constituye la unidad hidrogeológica que más se desarrollada en nuestra zona. Pertenece a la denomina Unidad Esla Valderaduey, que tiene una extensión de 16.360 km² y abarca las cuencas de los citados ríos, Pisuerga, y Duero desde San Esteban de Gormaz hasta Zamora.



		CUATERNARIO		
CUATERNARIO	HOLOCENO		11. Lutitas y arenas con cantos y gravas. Fondos de valle.	PERMEABILIDADES m/s Azules. Porosidad intergranular. Rojos. Formaciones arcillosas. Belges. Recubrimientos y materiales cuaternarios.
	PLEISTOCENO		10. Lutitas con cantos. Coluviones. 9. Lutitas ocreas con cantos, gravas y arenas finas. Conos aluviales. 8. Gravas, arenas y lutitas. Terrazas. 7. Gravas, arenas y lutitas. Terrazas. 6. Gravas, arenas y lutitas. Terrazas. 5. Gravas cuarcíticas y arenas rojas. Sistema aluvial del Órbigo-Tuerto.	
TERCIARIO	VALLESIENSE		4. Gravas cuarcíticas y arenas rojas. Abanico de Fuente de la Majada.	TERCIARIO 3. Arenas ocre-amarillentas. 2. Lutitas rojas y ocreas. 1. Limos y lutitas ocreas con intercalaciones de arenas.
	ASTARADENSE			
	ORLEAMENSE			

 Area ofertada. 950 Isoplezia. Dirección preferencial del flujo subterráneo.	Situación Corte 	ESCALA 	Modificado de INYPSA.	Mapa Hidrogeológico.
-----------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------	-------------------	-----------------------	----------------------

INFORME DE RIESGOS ASOCIADOS A LA CONSTRUCCIÓN DE UN CENTRO DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS EN EL VALLE DE PORTUGAL, SAN ROMÁN DE LA VEGA. LEÓN.



- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p style="text-align: center;"><u>TERCIARIO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Limos y lutitas. Permeabilidad baja. Gravas y arenas. Permeabilidad media. Lutitas. Permeabilidad muy baja. | <p style="text-align: center;"><u>CUATERNARIO</u></p> <ul style="list-style-type: none"> Gravas y arenas. Permeabilidad alta. Fondos de valle. Permeabilidad muy alta. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Corte en detalle de las unidades hidrogeológicas

Estos materiales están recubriendo el paleozoico. Tienen una disposición casi horizontal, con un suave buzamiento al SE inapreciable en el campo (2-8 m./km). Su espesor es mínimo en el margen del río Tuerto, donde llega a aflorar el paleozoico, y aumenta (hasta varios centenares de metros) a medida que nos dirigimos hacia el este. Presenta una gran variedad litológica con alternancias de arcillas, arenas y conglomerados.

La variabilidad litológica determina la gran heterogeneidad de las características hidrogeológicas de este sistema.

Los acuíferos se desarrollan fundamentalmente en los niveles arenosos dispuestos como lentejones englobados en materiales de naturaleza arcillosa. Estos cuerpos tridimensionales tienen distintas extensiones y potencias métricas, y no suelen estar interconectados. Se comportan como acuíferos confinados en relación con las arcillas que les engloban y como acuíferos libres en la parte superior de los valles y cuando están en contacto con los materiales cuaternarios.

La recarga se origina por infiltración en las zonas de interfluvios de los ríos y en los relieves de los bordes de la cuenca situados en el norte y oeste de la zona - Cordillera Cantábrica - a favor de las cuarcitas fracturadas, calizas paleozoicas y mesozoicas además de los materiales conglomeráticos más recientes.

A continuación describimos las características hidrológicas de las distintas unidades cartográficas del Terciario.

Gravas y arenas.

Estas arenas y gravas presentan una gran permeabilidad (10^{-4} - 10^{-5} m/s). Afloran en los alrededores de La Carrera y Quintana de Fon con potencias superiores a los 50 m. e intercalaciones de 2-4 m.

Lutitas ocre y rojas con intercalaciones de arenas amarillentas.

Esta unidad presenta en su conjunto una baja permeabilidad (10^{-5} - 10^{-8} m/s). Podemos diferenciar niveles de lutitas ocre y rojas muy impermeables entre los que se intercalan niveles arenosos de hasta 6-8 metros de potencia que tienen permeabilidad media-alta. Las arenas son de grano fino y aunque no están cementadas, la abundante matriz arcillosa y limosa disminuye su inicial permeabilidad.

Arcillas y limos rojos y verdes con concreciones carbonatadas e intercalaciones de arenas.

El comportamiento de esta unidad formada por arcillas (aveces paleosuelos) y limos rojos y verdes, a veces con laminación paralela, con concreciones carbonatadas e intercalaciones de arenas de grano fino a medio, es similar a la anteriormente descrita.

Los sondeos realizados en la zona ofertada y alrededores muestran que esta unidad está formada por una alternancia de lutitas verdes y rojas y arenas de grano fino a muy fino.

Las arcillas presentan una permeabilidad muy baja, $< 10^{-9}$ m/s mientras que las arenas dispuestas en bancos de hasta 8 metros de espesor y una continuidad lateral considerable (0,5-1,5 km), presentan una permeabilidad media-alta.

Arenas amarillentas.

Estas arenas amarillentas de grano medio que se incluyen en las unidades anteriores, presentan permeabilidades media-baja (10^{-5} - 10^{-6} m/s). Están poco cementadas y ocasionalmente presentan cantos blandos, restos vegetales y costras ferruginosas. Se disponen en niveles de 2-3 m, pudiendo alcanzar hasta 15 metros de espesor y tienen una continuidad lateral desde centenares de metros hasta de un kilómetro.

Pleistoceno

Representados en nuestra zona por los canturrales pleistocenos de los sistemas y abanicos aluviales - están encajados en la raña (existente fuera de la zona) y previos a la implantación de la red fluvial-, y por las terrazas altas.

La base de la raña pliocuaternaria y de los sistemas y abanicos aluviales tiene 5-10 metros de espesor y está formado por materiales muy permeables.

Presenta numerosas fuentes que se desarrollan cuando entra en contacto con los niveles arenosos del terciario, aunque de pequeño caudal

Los sistemas y abanicos aluviales, que constituyen los páramos (Chana), formados por 4-8 m. de cantos cuarcíticos redondeados y por arenas de grano medio a grueso con una matriz arcillosa presentan una permeabilidad media-baja (10^{-5} - 10^{-6} m/s.).

Pleistoceno y Holoceno

Los aluviales cuaternarios de los fondos de valle, llanuras de inundación y terrazas bajas están constituidos por niveles de gravas, arenas y arcillas que no suelen superar los 10-15 metros de espesor y presentan una permeabilidad alta. Existe conexión entre los aluviales y las terrazas bajas así como con las áreas de descarga de los acuíferos terciarios.

Los fondos de valle y las terrazas más bajas constituyen acuíferos libres que son explotados a través de pozos de poca profundidad (4-10 m.) y caudales variables de hasta 25 l/s pero de poco rendimiento.

La terraza superior del río Órbigo (gravas, arenas y lutitas sin cementar) con potencias de 2-3 m, presentan una permeabilidad media-baja.

Son numerosas las fuentes y manantiales desarrolladas en las restantes terrazas del río Órbigo y del río Tuerto. Están constituidas por gravas y arenas con espesores de 3-4 m y presentan permeabilidades de medias-altas a muy altas.

Sin embargo las gravas, arenas, y lutitas no cementadas de los glaciares, de los conos aluviales y de los coluviones presentan permeabilidad media-alta (10^{-4} - 10^{-5} m/s).

Los cauces activos de los ríos Tuerto y Órbigo tienen permeabilidad muy alta mientras que los depósitos antrópicos tienen baja permeabilidad.

5.4. FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

La figura 8 muestra el funcionamiento hidrogeológico general de la región Esla-Valderaduey. La recarga del sistema se produce fundamentalmente por el agua de precipitación que se infiltra en las zonas de borde - norte y oeste de la zona de estudio- y en las zonas de interfluvio de los ríos donde existen rañas. La descarga se produce a través de los grandes sistemas fluviales.

En nuestra zona, el funcionamiento hidrogeológico es similar. Los acuíferos asociados a cuarcitas fracturadas y diaclasadas junto a los niveles arenosos del terciario más profundos son confinados, y generalmente tienen un potencial hidráulico mayor que el de los acuíferos libres constituidos por los niveles arenosos terciarios más superficiales que afloran en superficie o están en contacto con materiales cuaternarios que también lo son(ver fig. 9).

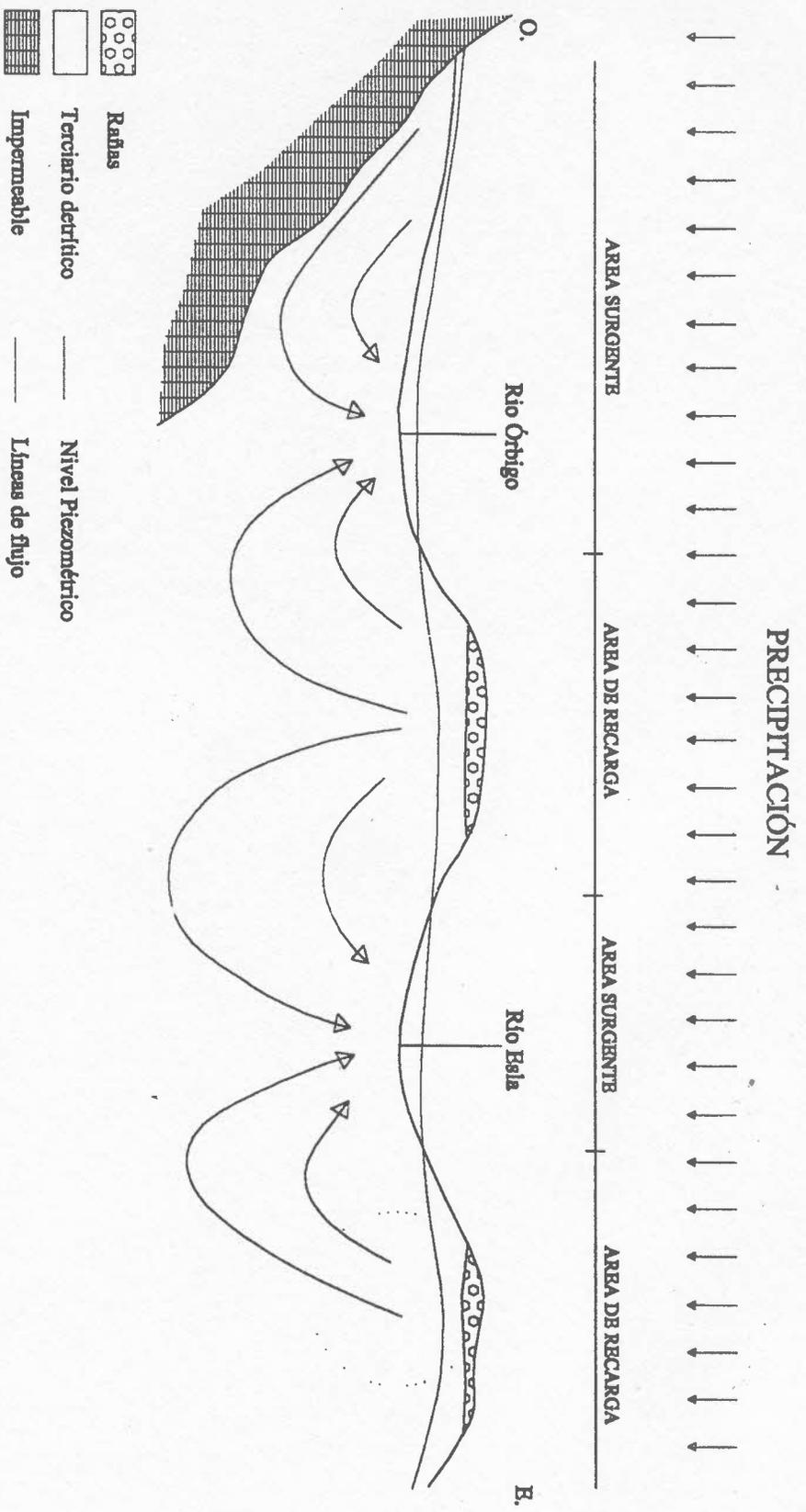


Fig. 8. Esquema de flujo general. Región Esia-Valderaduey.

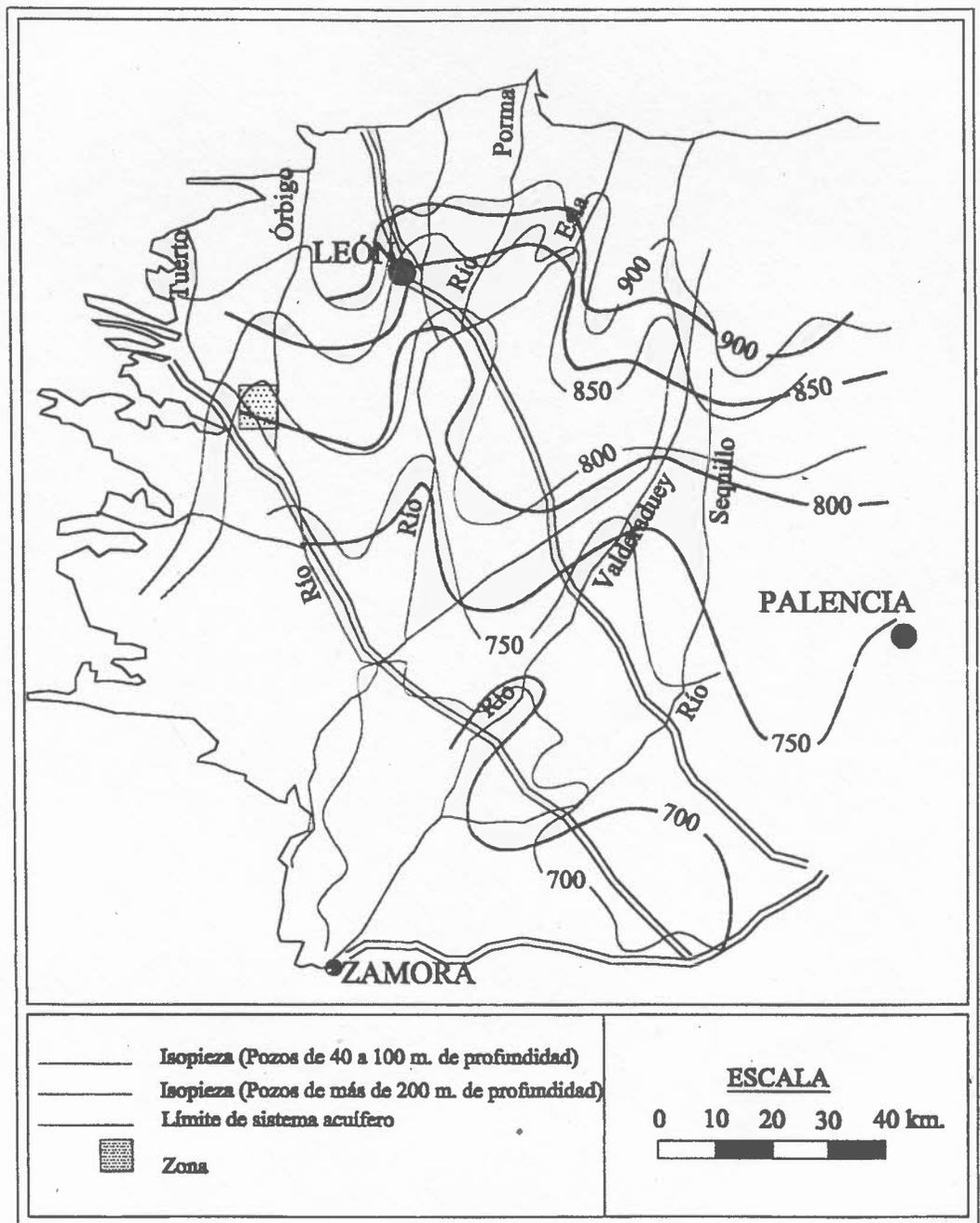


Fig.9. Isopiezas en el detrítico terciario

Los ríos Órbigo y Tuerto son la zona de descarga local de las aguas que aportan los acuíferos confinados a través de los niveles arenosos del terciario que afloran en las laderas de los valles y de la infiltración del agua de lluvia que cae en los abanicos, sistemas aluviales, y terrazas de los propios ríos.

La dirección general del flujo subterráneo en esta zona, tiene una dirección SSE hacia el río Órbigo y a los valles tributarios de este. Localmente hay adaptaciones a las condiciones de la zona y, por ejemplo, al noroeste y oeste de la ubicación del CTR lo hacen con dirección SE, hacia el valle del río Tuerto y sus valles secundarios.

La dirección preferencial del flujo subterráneo en la zona donde se proyecta construir el CTR, es SSE. Las líneas de flujo convergen hacia los aluviales y fondos de valle del Arroyo del Valle de Portugal. Y los niveles piezométricos, tanto de los acuíferos inferiores como de los superiores, están próximos a la superficie.

5.5 HIDROQUÍMICA

Las aguas subterráneas de la zona son, en general, bicarbonatadas cálcico-magnésicas (ITGE, 1995), aunque en ocasiones se corresponden con bicarbonatadas sódicas y de buena calidad. Mientras que la composición química de las aguas de los niveles detríticos terciarios esta en relación con los materiales por los que circula, y las aguas asociadas a los aluviales y terrazas modernas tienen sus composiciones influidas por las aguas superficiales de los cauces fluviales.

La mineralización de las aguas es baja, normalmente entre 40-400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que va aumentando según nos desplazamos hacia el sur, en la dirección del flujo.

La presencia de nitrato, fosfato, amonio y boro es baja en las muestras, pero en la zona del Valle de Portugal y alrededores aumenta su presencia por las actividades agropecuarias de la zona.

En el siguiente cuadro se resumen los parámetros químicos, físicos y biológicos de las aguas de la zona (INYPESA, 1998):

PARÁMETRO	Unidad	Medida*	Observaciones
Temperatura	° C	13-22	
Conductividad	µS/cm	40-400	Mayor en sondeos de cotas inferiores hasta 2060.
PH	-	5,2-8,2	Valores más básicos en puntos de agua más profundos.
Oxígeno Disuelto	mg/l	1,5-11	Mayor contenido en puntos de agua más profundos.
Bicarbonato. CO ₃	mg/l	0,8; 1,4	Sólo presente en Quintanilla del Monte y fábrica Kraft. Valores respectivos.
Carbonato. HCO ₃	mg/l	60-140	Mayor contenido en puntos de agua más profundos.
Calcio. Ca	mg/l	1-2	Mayor contenido en p.a. Nistal (4,64) y en p.a. Hospital - Santibáñez (7,52)
Magnesio. Mg	mg/l	3-10	Mayor contenido en puntos de agua más profundos.
Sodio. Na	mg/l	2-32	
Potasio. K	mg/l	1-3	
Cloruros. Cl	mg/l	2-30	Menor contenido en puntos de agua más profundos.
Sulfato. SO ₄	mg/l	< 50	Mayor contenido en puntos de agua de cota inferior.
Sílice. S ₂ O ₂	mg/l	5-16	
Fosfato. PO ₄	mg/l	< 0,3	
Amonio. NH ₄	mg/l	< 0,06	
Boro. B	mg/l	< 0,1	
Nitrato. NO ₃	mg/l	< 10	Mayor presencia en zonas con actividad agropecuaria.
Nitrito NO ₂	mg/l	6-22	
Bacterias coliformes	nº/ml	10 ⁵ -5.10 ³	Muestras tomadas en puntos de abastecimiento antes de la cloración.