

## **ANEJO Nº 1.- MEDIO ABIÓTICO**

## ÍNDICE DEL ANEJO Nº 1

1.-	INTRODUCCIÓN.....	3
2.-	CLIMATOLOGÍA.....	3
2.1.-	TEMPERATURA Y PRECIPITACIONES .....	4
3.-	GEOLOGÍA.....	6
4.-	LITOESTRATIGRAFÍA .....	7
4.1.-	TRIÁSICO .....	7
4.2.-	JURÁSICO .....	8
4.3.-	CRETÁCICO .....	9
5.-	GEOMORFOLOGÍA .....	11
5.1.-	PROCESOS GRAVITACIONALES .....	14
5.2.-	PROCESOS FLUVIALES.....	19
5.3.-	GEOMORFOLOGÍA KÁRSTICA .....	20
6.-	HIDROGEOLOGÍA .....	22
6.1.-	HIDROGEOLOGÍA REGIONAL .....	23
7.-	RIESGOS .....	27
7.1.-	RIESGO POR AVENIDAS E INUNDACIONES.....	27
7.2.-	RIESGO POR DESLIZAMIENTOS Y MOVIMIENTOS EN MASA .....	29
7.3.-	RIESGO POR HUNDIMIENTO Y SUBSIDENCIA.....	31
7.4.-	RIESGOS POR SUELOS EXPANSIVOS.....	32
7.5.-	PROCESOS LITORALES Y RIESGOS ASOCIADOS .....	33
8.-	CONCLUSIONES .....	35

## **ANEJO Nº 1.- MEDIO ABIÓTICO**

### **1.- INTRODUCCIÓN**

Este Anejo recoge todos aquellos recursos y características abióticas existentes en el término municipal de Piélagos, es decir, climatología, características geológicas, hidrogeología, riesgos...

En la medida de lo posible se han tratado de incorporar aquellos aspectos relativos al medio abiótico señalados en el Documento de Referencia. En cualquier caso el nivel de detalle del estudio presentado es suficiente para llevar a cabo un análisis de efectos sobre el medio abiótico consecuencia del desarrollo del Plan General de Ordenación Urbana.

### **2.- CLIMATOLOGÍA**

La complicada orografía de la Comunidad Autónoma de Cantabria conlleva un verdadero mosaico de microclimas a lo largo y ancho de su territorio.

Hay tantas clasificaciones climatológicas como criterios utilizados. Estos pueden ser termopluviométricos, hídricos, ecológicos, paisajísticos, etc. La más sencilla es la que distingue en la Península Ibérica, a grandes rasgos, dos tipos de clima: el oceánico y el mediterráneo.

En este caso concreto, el clima es claramente oceánico y está caracterizado por inviernos suaves, veranos frescos, aire húmedo, abundante nubosidad y lluvias en todas las estaciones.

La totalidad del municipio de Piélagos se encuentra en la “zona verde o clima europeo occidental/marítimo”, que es la zona comprendida entre el litoral y las sierras prelitorales.

## 2.1.- TEMPERATURA Y PRECIPITACIONES

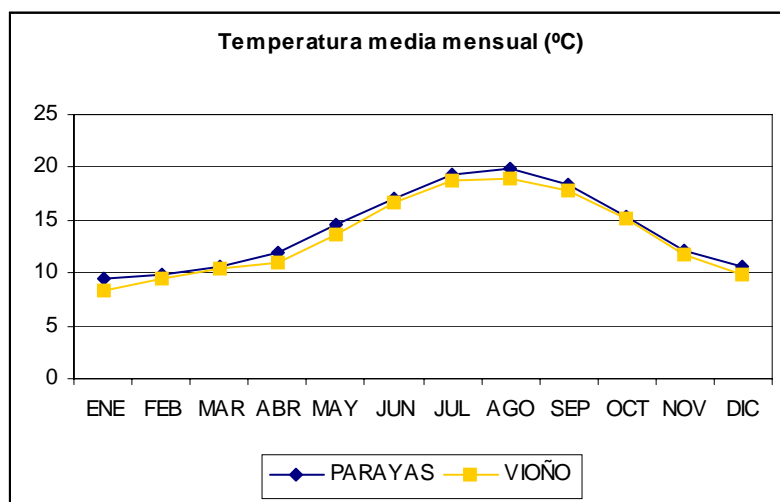
Para la elaboración del estudio climático del término municipal se consultaron las estaciones existentes en las proximidades. Se detectaron estaciones pluviométricas (Mogro en Miengo y Puente Arce en Piélagos) y termoplumiométricas (Vioño en Piélagos, Santander Centro, Santander Ojaiz y Parayas Aeropuerto, esta última en Camargo).

Una vez analizados los datos aportados por cada estación y teniendo en cuenta que algunas de éstas presentaban series muy incompletas, se optó por realizar el estudio de clima con los datos termoplumiométricos de las estaciones del Aeropuerto de Parayas (Estación 1109) y de Vioño en Piélagos (Estación 1131) con una altura entorno a los 4 m.s.n.m y 60 m.s.n.m respectivamente.

Los siguientes datos termoplumiométricos han sido obtenidos de la web del Instituto Nacional de Meteorología ([www.inm.es](http://www.inm.es)) y del SigMapa del Ministerio de Medio Ambiente y del Medio Rural y Marino.

**Tabla 1.- Temperaturas medias mensuales (°C).**

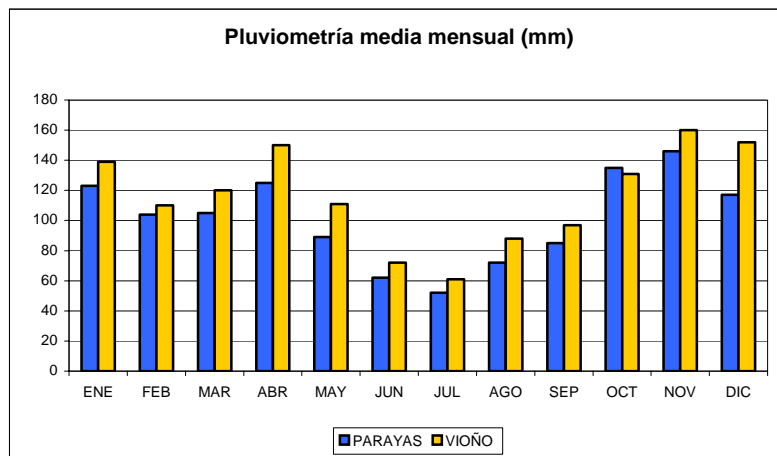
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PARAYAS	9,5	9,9	10,7	12	14,6	17,1	19,4	19,9	18,3	15,4	12,2	10,7	14,1
VIOÑO	8,3	9,5	10,5	10,9	13,6	16,7	18,8	18,9	17,8	15,2	11,8	9,9	13,5



**Ilustración 1.- Temperatura media mensual (°C).**

**Tabla 2.- Precipitación media mensual (mm).**

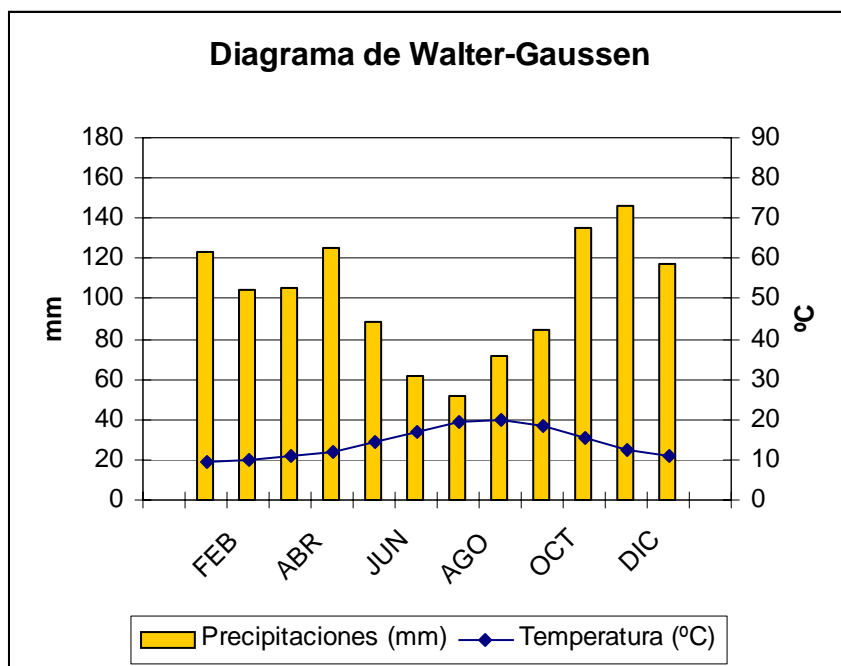
ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
PARAYAS	123	104	105	125	89	62	52	72	85	135	146	117	1246
VIOÑO	139	110	120	150	111	72	61	88	97	131	160	152	1393


**Ilustración 2.- Pluviometría media mensual (mm).**

El diagrama de Walter-Gausson o diagrama ombrotérmico consiste en enfrentar los datos de temperatura y precipitación teniendo en cuenta una equivalencia de 1º C cada 2 mm de precipitación.

Dado que la estación ubicada en el Aeropuerto de Parayas (Santander) presenta un régimen inferior de precipitaciones y un régimen de temperaturas ligeramente superior, se ha optado por emplear los datos correspondientes de esta estación para la realización del diagrama de Walter-Gausson, ya que si esta estación presenta días biológicamente secos, sería de esperar la presencia de días biológicamente secos en la estación de Vioño.

Este diagrama permite determinar la existencia de períodos de sequía vegetativa, que viene dado por aquellos períodos en los que la curva de precipitación refleja valores inferiores a los de temperatura y supone el número de días biológicamente secos.



**Ilustración 3.- Diagrama de Walter-Gausson.**

Gausson toma como índice xerotérmico el número de días biológicamente secos, que en este caso, tal y como muestra el diagrama, es cero. El periodo de sequía es inexistente, y por tanto se da una ausencia de días biológicamente secos, ya que la curva de temperaturas medias mensuales, no supera en ningún momento los datos pluviométricos mensuales.

### 3.- GEOLOGÍA

El municipio de Piélagos se encuadra en el extremo occidental de la Cuenca Cantábrica. El esquema geológico-estructural de la región es relativamente sencillo, predominando las estructuras de plegamiento de dirección O-SO-E-NE, entre las que destaca el Sinclinal de Santillana-San Román.

Son importantes los diapiros inyectados a favor de grandes fallas, que a su vez provocan la aparición de redes de fracturación intensas en los alrededores de los mismos.

Los terrenos más antiguos del municipio pertenecen al Triásico, concretamente al Keuper, que siempre se presentan en forma diapírica; los afloramientos del Jurásico están siempre en relación con fenómenos de diapirismo. También se encuentran materiales del Valanginiense Superior a Barremiense en facies Weald, del Aptiense y del Albiense.

En el ámbito de estudio está bien representado y, aunque en las monótonas series margosas del Turoniense-Campaniense es difícil hacer divisiones cartográficas a nivel de piso, se pueden reconocer sedimentos del Cenomaniense, Turoniense y Coniaciense, más o menos afectados por lagunas estratigráficas, así como otros del Campaniense, Santoniense y Maastrichtiense. El Paleoceno y Eoceno afloran en el sector N del municipio.

## 4.- LITOESTRATIGRAFÍA

El Mesozoico esta ampliamente representado en el municipio de Piélagos, siendo los materiales Triásicos los más antiguos que afloran en este. Los materiales cretácicos son los dominantes en la zona, aunque también aparecen materiales Triasicos y Terciarios. A continuación se realiza una descripción de la estratigrafía de la zona.

### 4.1.- TRIÁSICO

Los materiales de esta edad se encuentran limitados a muro y a techo por sendas superficies de discordancia, de forma se superponen indistintamente sobre el Pérmico o el Carbonífero y quedan cubiertos por el Jurásico Marino, pudiendo incluso desaparecer por debajo de este último.

Está constituido por las tres facies características del Trías germánico: Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper.

#### 4.1.1.- Keuper

Los afloramientos pertenecientes al Keuper se localizan fundamentalmente en las zonas diapíricas de Polanco y Parbayón.

Está constituido por arcillas plásticas, de tonos abigarrados, con intercalaciones de yesos variolados (negros, blancos o rojos). Localmente pueden presentar masas o bloques de materiales de formaciones más modernas, principalmente carniolas o dolomías del Lías Inferior que, por situarse caóticamente sobre los materiales plásticos del Keuper, así como por su reducida extensión, no pueden separarse en la cartografía de este último. Dado el carácter acusadamente diapírico de esta unidad, su potencia real no puede estimarse. Debido a su escasa competencia aparece siempre muy tectonizada.

El medio sedimentario de depósito corresponde a una laguna salada o albufera en condiciones climáticas áridas.

#### 4.2.- JURÁSICO

Los sedimentos carbonatados del final del Triásico (Rethiense), del Lías y del Dogger forman un potente conjunto, generalmente conocido por los geólogos que han estudiado la región como Jurásico Marino. Se individualizan netamente por su carácter mayoritariamente carbonatado y sus facies marinas, frente a la naturaleza terrígena de los materiales infra y suprayacentes.

En el municipio de Piélagos aflora en pequeñas manchas, localizadas en las zonas diapíricas próximas al vecino municipio de Polanco.

##### 4.2.1.- Unidad Compresiva (Rethiense-Sinemuriense)

Aflora en la zona de Polanco. Esta definido por una serie inferior dolomítica, con una intercalación caliza, y una serie superior de calizas bien estratificadas con ostreidos, ostrácodos y crinoideos. Su potencia total oscila entre 200 y 260 m.



#### 4.2.2.- Tramo margoso (Sinemuriense Superior-Toarciense)

Es una potente serie alternante de margas y margocalizas estratificadas en bancos delgados. Su tramo inferior es más margoso, incluyendo intercalaciones de lutitas negras laminadas (black shales) con fauna muy escasa. El tramo superior es calcáreo, dominando los bancos de margocalizas y calizas, con fauna muy abundante constituida por ammonites, belemnites, lamelibranquios, equinoideos y braquiópodos; también se encuentran bioturbaciones. Se interpretan como depósitos de plataforma abierta pelágica.

El contacto con la unidad inferior es gradacional. La potencia del tramo es bastante variable, oscilando entre 200 y 400 m. Aflora en la zona próxima al vecino municipio de Polanco.

#### 4.3.- CRETÁCICO

##### 4.3.1.- Cretácico Inferior

Sobre los materiales anteriores, el Cretácico se apoya, discordantemente, por medio de la potente serie terrígena continental correspondiente a las facies "Weald" existiendo una importante laguna estratigráfica que ocupa todo el Dogger, Malm (Purbeck), ocasionado tanto por la importante actividad diapírica de esa época como por las fases tectónicas neociméricas. La sucesión cretácica de la zona incluye las siguientes unidades:

1. Grupo Pas y formaciones terrígenas basales urgonianas (Valanginiense Superior-Bedouliense Inferior)
  - a. "Formación Bárcena Mayor"
  - b. "Formación de Vega de Pas"
2. Formación San Roque de Riomiera (Bedouliense Medio-Superior)
3. Formación Reocín (Gargasiense-Albiense Inferior)

4. Formación Suances (Albiense Inferior-Medio)
5. Formación Barcenaciones (Albiense Superior-Cenomaniense)
6. Formación Bielva (Cenomaniense Inferior)

#### 4.3.2.- Cretácico Superior

Como en el caso anterior se distinguen las siguientes unidades:

1. Formación Altamira (Cenomaniense Medio-Superior)
2. Formación Margas y calizas del Sardinero (Cenomaniense Medio-Campaniense Medio)
3. Formación Cabo de Lata (Campanéense Superior-Maastrichtiense)

#### 4.3.3.- Terciario

Entre las formaciones del Terciario se distingue la unidad Calizas Arrecifales y Dolomias (Paleoceno).

#### 4.3.4.- Cuaternario

Las formaciones del Cuaternario más representativas se corresponden con:

1. Depósitos aluviales y fondos de valle
  - a. Depósitos aluviales del Pas
  - b. Depósitos aluviales finos y Fondos de Valle
2. Terrazas aluviales
3. Depósitos coluviales
4. Abanicos aluviales

5. Depósitos de relleno de depresiones kársticas
6. Depósitos de playa
7. Depósitos de "rasa" y playas colgadas
8. Dunas
9. Depósitos de marisma
10. Depósitos antrópicos
11. Balsas mineras: Son depósitos artificiales de la zona de Parbayón, constituidos por amplísimas escombreras de acumulación y balsas de decantación de materiales estériles procedentes de la antigua explotación de la minas del área de Peña Cabarga - Cabárceno.

## 5.- GEOMORFOLOGÍA

Las rocas que constituyen el paisaje de Cantabria se formaron en un lapso de tiempo entre 450 y 30 millones de años y se deformaron, plegándose y fracturándose, hasta hace 40-20 millones de años.

Desde entonces estas superficies han sido modeladas por el viento, la lluvia, los ríos, el hielo y el mar hasta dar lugar a la configuración actual del paisaje.

Cantabria es una región con una importante compartimentación de su territorio y un gran vigor topográfico.

Los principales ríos cantábricos discurren casi perpendiculares a la costa, como es el caso del río Pas, separados por cordales montañosos más o menos paralelos entre sí. La cercanía de la Cordillera Cantábrica al mar, unos 60 km, impone valles fluviales de pendientes muy acusadas y corta longitud. En estos valles y montañas intermedios destacan los procesos de ladera y el modelado fluvial. La morfología fluvial está en gran parte determinada por las características de las litologías atravesadas, de modo que, mientras que las rocas blandas y deleznales favorecen la

aparición de amplias vegas en las que se depositan grandes espesores de sedimentos fluviales, el afloramiento de las rocas resistentes que forman las sierras prelitorales hace que los valles se encajen en estrechos desfiladeros.

El encajonamiento progresivo de la red fluvial ha dado lugar a la formación de distintos niveles de terrazas aluviales presentes en todos los cursos fluviales de cierta entidad. Las excelentes condiciones edafológicas que derivan de este tipo de acumulaciones fluviales convierte a estos depósitos en uno de los tipos de suelo más productivos de la región, sobre los que se instalan los mejores prados y cultivos, además de algunos de los principales núcleos de población.

En las laderas que bordean estos valles son notorios los procesos de ladera y la erosión diferencial. Sobre los materiales poco estables son muy frecuentes los movimientos de ladera (reptación, flujos, deslizamientos, coluviones, etc.), tanto superficiales (materiales de cobertera) como profundos (incluye materiales del sustrato rocoso), favorecidos por las fuertes pendientes y las continuas lluvias. Las abundantes precipitaciones empapan los materiales arcillosos que, como consecuencia de su aumento de peso y la lubricación de su base, se deslizan a favor de la pendiente por gravedad; la existencia de fuertes pendientes hace que el movimiento se descomponga en deslizamientos escalonados dando lugar a una topografía suavemente ondulada. El resultado es un conjunto heterogéneo de arcillas y material superficial con fragmentos de bloques procedentes de la roca afectada. Este tipo de procesos son habituales sobre los materiales terrígenos del mesozoico: areniscas, limolitas, arcillas, e incluso las calizas bien estratificadas del Jurásico, con suelos que permiten un buen desarrollo de la vegetación y sobre los que se desarrollan las verdes praderías de la zona central de la región.

En cambio, en zonas de afloramientos calcáreos, especialmente abundantes en el extremo este de la comarca montañosa oriental, son más comunes los desprendimientos. Este tipo de proceso está ligado a zonas de fuerte pendiente, fundamentalmente en calizas muy diaclasadas afectadas por una casi constante gelifracción que las prepara para su caída libre.

Entre las sierras prelitorales y el mar se sitúa la Marina, dentro de la cual se engloba el municipio de Piélagos, que presenta, en general, altitudes bajas,

pendientes suaves y valles anchos y de fondo plano. Los fondos de los bajos valles fluviales, en los que se acumulan grandes espesores de materiales, y los afloramientos de arcillas muy plásticas, junto con yesos y sales, del Keuper (Cabezón de la Sal, Polanco, Parbayón, Solares, etc.) han dado lugar a prácticamente las únicas zonas llanas de cierta envergadura de la región. No obstante, destacan en el paisaje toda una serie de Sierras Litorales menores, cuya altura raramente sobrepasa los 500 m (Udías-Novales, Camargo, Peña Cabarga, Monte Buciero, Monte Cerrredo) constituidas todas ellas por calizas urgonianas muy compactas, y con importantes morfologías kársticas, que dan lugar a fuertes desniveles entre sus cimas y los fondos de los valles en los que se ubican.

La línea de costa es básicamente acantilada y con bajas tasas de retroceso, a grandes rasgos y a largo plazo, debido a su composición litológica, predominantemente calcárea, y a su disposición estructural.

Los procesos que dan lugar al retroceso del cantil (desprendimientos, deslizamientos, corrimientos, etc.) dependen en gran medida, de la composición litológica, la disposición estructural, el grado de fracturación y la configuración morfológica del acantilado. El trazado rectilíneo de la costa se ve interrumpido ocasionalmente por estuarios, como el de Mogro, bahías y ensenadas aprovechando las zonas de debilidad litológica y/o estructural.

Los estuarios, originados al inundar el mar el tramo más bajo de algunos valles fluviales son, en general, de pequeñas dimensiones y se encuentran en avanzado estado de colmatación, por lo que presentan gran desarrollo de zonas marismeñas consecuencia de la gran acumulación de sedimentos fluviomareales.

Las formas sedimentarias más frecuentes de la zona costera están representadas por las acumulaciones de arenas (las playas de cantos son más escasas y de menores dimensiones) que dan lugar a las playas y campos dunares, con diversas configuraciones morfológicas y dimensiones muy variables, estando las más extensas asociadas a las principales desembocaduras fluviales.

Otra morfología litoral típica de las costas de emersión, son las rasas, antiguas plataformas de abrasión marina, correspondientes a distintos periodos de estacionamiento del nivel del mar, con alturas entre 200 y 6 metros sobre el nivel

actual, elevadas directamente sobre el Mar Cantábrico. Estas superficies planas han estado retocadas, desde su emersión, por los diversos agentes de erosión subaérea, por lo que presentan distintos grados de conservación, dependiendo, fundamentalmente, de su constitución litológica. La plataforma de abrasión actual es estrecha y está cortada por profundos cañones submarinos.

Las morfologías y depósitos kársticos, tanto en superficie como en profundidad, aparecen diseminados por toda la geografía regional asociados, obviamente, a los afloramientos calcáreos de cualquier periodo geológico. Muy variadas por su disposición y características y por los procesos de modelado con los que se enfrentan, los distintos tipos de calizas de la zona permiten la existencia de prácticamente todas las formas de los karsts clásicos, que se describirán más adelante.

Los rasgos generales del relieve de Cantabria se deben a la situación de la región en el límite septentrional de la Subplaca Ibérica, en un margen activo sujeto alternativamente, a etapas de distensión o de fuerte compresión que han "arrugado" sus bordes originando las actuales cordilleras. Esto explica tanto el vigor del relieve como su rápida evolución actual bajo la acción de los agentes de modelado. La intensa excavación fluvial, la eficaz erosión marina, los abundantes movimientos de ladera, etc, ponen de manifiesto que el relieve está en plena evolución y se encuentra muy lejos de alcanzar una situación de estabilidad.

## 5.1.- PROCESOS GRAVITACIONALES

Se entiende por proceso gravitacional el desplazamiento de materiales en la vertiente, sin intervenir ningún soporte activo o medio para movilizarlos, es decir, impulsados por su propio peso. Corresponde, por tanto, a una "autotranslación" bajo la acción directa de la gravedad que, en estas circunstancias, deberá considerarse un agente específico más (Pedraza, 1996).

Las clasificaciones para los movimientos gravitacionales son múltiples, aún cuando hay una serie de ellas más o menos referenciales y de uso habitual. En el presente estudio se ha adoptado una clasificación basada en la de Varnes (1975), por su sencillez y claridad. En esta clasificación se consideran las siguientes variables: velocidad de cada suceso unitario; conexión con el sustrato o soporte del movimiento;

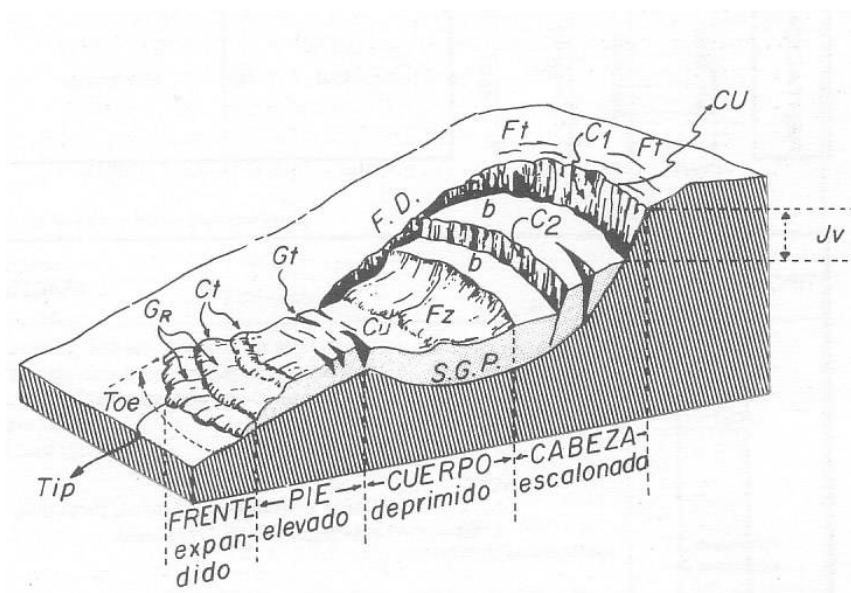
volumen de material movilizado para un suceso unitario relativo; variaciones estacionales y ritmicidad en su conjunto; aleatoriedad, normalmente aproximativa pero que da información sobre grados de fiabilidad para las predicciones; material más proclive a la ocurrencia del fenómeno; y deformación en la masa movilizada, según su tipología y magnitud.

Teniendo en cuenta los anteriores factores, se distinguen: caída, deslizamiento, flujo y creep o reptación. Evidentemente, existen diferentes modalidades o variantes para cada tipo y transiciones entre ellos; por este motivo son frecuentes casos mixtos, en los que resulta difícil discernir entre deslizamiento o flujo, entre flujo o creep, etc.

TIPO DE MOVIMIENTO			TIPO DE MATERIAL		
			Roca (sustrato)	Suelo (formación superficial)	
				grueso	fino
caída			EN ROCA	EN DERRUBIOS	EN TIERRAS
vuelco ( <i>topple</i> )					
deslizamiento	rotacional ( <i>slump</i> )	unidades pequeñas			
	traslacional	unidades grandes			
expansión lateral					
flujo reptación ( <i>creep</i> )					
complejo			combinación de dos o más tipos		

**Ilustración 4.- Clasificación de movimientos gravitacionales (Varnes, 1975).**

En la mayoría de los sucesos gravitacionales suelen mezclarse varios eventos, ya sea instantáneamente, o en secuencias sucesivas, por ello hay fenómenos complejos en los cuales aparecen reflejadas las morfologías generales que implican estos procesos. Según el modelo general de Varnes (1958), la morfología de un movimiento de gravitación complejo consta de: formas de denudación, o formas erosivas, que se caracterizan por una cicatriz y unos escarpes, a veces semicirculares y otras escalonados; y formas de acumulación, o formas deposicionales, que adoptan geometrías tipo lengua, talud, conos o formas irregulares.



**Ilustración 5.- Modelo de Varnes (1958) para movimientos gravitacionales complejos, donde se asocian deslizamientos en la zona superior (cabecera) con flujo en la inferior (pie).**

Los materiales debidos a los procesos gravitacionales se concentran en zonas preferentes, formando taludes y conos de derrubios al pie de escarpes; su composición es equivalente o idéntica al material originario, si bien forman acumulaciones irregulares. Todos ellos suelen referirse como formaciones superficiales coluvionares.

En cuanto a los factores desencadenantes, los más importantes son las precipitaciones, los cambios en las condiciones hidrogeológicas de las laderas, la modificación de la geometría y la erosión. Algunos, como los cambios en las condiciones de agua y de geometría, frecuentemente son consecuencia de acciones antrópicas.

En concreto, en la zona estudiada se han distinguido diversos deslizamientos, flujos y fenómenos de reptación. Además, se identifican varias formas geomorfológicas mixtas y complejas, resultado de la combinación de las tres formas básicas.

### 5.1.1.- Deslizamientos

Según su definición, un deslizamiento está formado por un fragmento o porción de roca o suelo individualizado que se desplaza sobre una superficie soporte o guía, y



mantiene sus constantes geométricas tanto internas como externas. Estas condiciones difícilmente se consiguen, por lo que habitualmente se considera la siguiente definición más adecuada a efectos prácticos: porción de roca o suelos formada por gránulos, granos y partículas, que se desplaza en conjunto e individualizadas respecto a otras masas rocosas utilizadas como soporte. No mantienen ninguna constante geométrica (avalanchas en masa) o solo la externa (lengua de avalancha).

La distinción entre deslizamientos de material con granulometría fina (arena muy fina, limo y arcilla), poco o nada compactado, y el flujo, suele ser difícil. El criterio más utilizado valora el grado de humedad que contengan los materiales: un movimiento en seco se considera avalancha de tierra, y en húmedo (comportamiento pseudoplástico tipo colada de barro), lengua de flujo. Por lo general, deslizamiento y flujo van unidos frecuentemente en un mismo fenómeno.

Habitualmente presentan características similares a las de los deslizamientos rotacionales. Se trata de roturas a favor de superficies curvas, o en forma de cuchara. La masa afectada en estos deslizamientos ha rotado, habiéndose dividido en algunos casos en bloques individualizados, dando lugar a escalones con la superficie basculada hacia la ladera, y a grietas de tracción estriadas.

La parte inferior de los deslizamientos se acumula formando un depósito tipo lóbulo, en que habitualmente se han perdido las características geométricas tanto internas como externas, por lo que, en función de la presencia de agua, pueden comportarse como un flujo.

Los depósitos originados por los deslizamientos pierden gran parte de sus características geomecánicas: su resistencia disminuye drásticamente, su porosidad aumenta, y por tanto, su humedad natural también, es por ello que estos depósitos son fuente potencial de producir flujos.

### 5.1.2.- Flujo

Se define flujo como el material arcilloso o areno-arcilloso poco consolidado, con planos de despegue y alto contenido en humedad entre esos planos. Aparecen múltiples superficies internas de deslizamiento, como consecuencia de las velocidades

diferenciales entre base y techo, o centro y paredes. Esto hace perder las constantes geométricas del conjunto.

Los flujos provocan una deformación muy alta del suelo, movilizándose gran parte de este en cada evento. Estos movimientos gravitacionales están favorecidos por la humedad del otoño-primavera, periodo en el que la susceptibilidad de este fenómeno es mayor.

El alto contenido en agua que presentan los suelos susceptibles al flujo, saturándolos por completo en ocasiones, provoca que las propiedades cohesivas del suelo disminuyan, y se pierda la coherencia geométrica, y se produzca el flujo húmedo del suelo. Los flujos pueden desarrollarse en laderas de baja pendiente (incluso menores a  $10^\circ$ ).

Se observan estos flujos en forma de lenguas lobuladas, con microlóbulos en su superficie. Habitualmente se puede apreciar también el desarrollo de vegetación hidrófila, lo que hace característico el color oscuro de la vegetación en estas zonas.

### 5.1.3.- Reptación o creep

Se trata del flujo de todo el suelo según un fenómeno rítmico, estacional o diario, por variaciones húmedo-seco o hielo-deshielo, que conllevan la expansión-retracción.

Es un movimiento muy lento, prácticamente imperceptible, que afecta a suelos y materiales alterados, provocando deformaciones continuas que se manifiestan al cabo del tiempo en la inclinación o falta de alineación de árboles, vallas, muros, postes, etc., en las laderas.

El proceso de la reptación genera dos formas básicas de microgeomorfología: las terracitas y los lóbulos aborregados. Ambas formas se pueden observar en toda la zona de estudio, en aquellos lugares en los que haya gran cantidad de agua en la ladera, y esta esté formada por depósitos cuaternarios (coluviones, principalmente).

En litologías incompetentes puede ocurrir que la reptación afecte a los estratos más superficiales, provocando un ligero plegamiento de arrastre monoclinal. Este fenómeno no se ha observado en el municipio de Piélagos.

## 5.2.- PROCESOS FLUVIALES

Los procesos fluviales tienen gran importancia, y su interacción con los procesos gravitatorios es muy fuerte.

Se pueden distinguir dos tipos de procesos fluviales: aquellos que actúan antes de que el agua se canalice en un cauce permanente, en un río; y aquellos que actúan después de dicha canalización.

Los primeros procesos pueden ser denominados procesos torrenciales, y los segundos, procesos fluviales propiamente dichos.

Son los procesos torrenciales los que mayor interés tienen en la zona de estudio, dada su interacción con las laderas, y, por tanto, con los depósitos que allí se encuentren. De hecho, uno de los desencadenantes de los movimientos de ladera es la presencia de agua, debida en muchas ocasiones a la presencia de los surcos, las cárcavas y los torrentes. Además de la capacidad erosiva intrínseca de estos fenómenos, tienen también interacción con las laderas de un modo indirecto, pues modifican frecuentemente la morfología de los depósitos coluvionares, o de los depósitos de movimientos en masa, provocando su desestabilización.

Tras un episodio de lluvia (o con menos frecuencia, de fusión nival), el agua que no fue retenida por la cobertura vegetal y que superó la capacidad de retención del suelo o sustrato, pasa a ocupar pequeñas depresiones del terreno. Si esta agua retenida no se evapora y sobrepasa la capacidad de almacenamiento de las depresiones, comienza a fluir hacia zonas más bajas, empezando a circular vertiente abajo por microcanales en la denominada fase de laderas.

Estos microcanales pueden ser de dos tipos: por un lado, las acanaladuras (rills) se forman por removilización de materiales finos, siguiendo la dirección de máxima pendiente y trazados subparalelos, apareciendo durante cada episodio de precipitación; por otro lado, los cordones (braids), que se desarrollan sobre materiales con fragmentos gruesos que obligan a la escorrentía a describir hilos de flujo entrelazados bordeando los mismos.

En esta fase, intermedia entre la precipitación y la formación de cauces fluviales propiamente dichos, se modelan principalmente formas erosivas, en lugar de deposicionales.

En laderas con materiales fácilmente erodibles, como son las laderas en materiales finos, y en laderas cubiertas por coluviones, los microcanales forman una notable incisión, formando acanaladuras. De proseguir su evolución profundizan aún más, y se ensanchan, formando surcos. Éstos últimos, al jerarquizarse en regueros, pasan a cárcavas.

Una vez concentradas las aguas en torrentes, la esorrentía circula por conductos bien definidos con mayor capacidad de evacuación, cierta permanencia y régimen irregular. Se trata de torrenteras en su sentido genérico.

Los efectos de la arroyada, arrancando material en zonas superiores, se manifiestan en las inferiores de la ladera, mediante la carga que el torrente transporta hasta su tramo inferior. Aquí, o la deposita en un cono de deyección o abanico torrencial, o la aporta a otra corriente emisaria.

El río Pas es el río más importante que surca el municipio. El aporte de sedimentos de este río es alto, como se puede deducir del elevado grado de colmatación que presenta el estuario de la ría de Mogro. Así mismo son importantes también los amplios valles fluviales de fondo plano, sujetos a inundaciones periódicas, en este caso, desde la zona de Renedo de Piélagos hasta la desembocadura.

### 5.3.- GEOMORFOLOGÍA KÁRSTICA

El fenómeno kárstico o las morfologías kársticas son fundamentalmente el resultado de un proceso de disolución en rocas solubles. Esta importante acción de disolución da lugar a una morfología muy típica (en superficie y en profundidad) a la que haremos referencia a continuación.

El mayor desarrollo del karst se produce en las rocas carbonatadas, y dentro de estas, son las calizas las que mejor se prestan a estos procesos de disolución, pues presentan una baja solubilidad relativa, por lo que el proceso de karstificación es lento y tienen una gran resistencia. Por ello, cuevas y simas pueden alcanzar grandes

dimensiones, tanto en extensión como en profundidad. La intensidad de esta disolución depende de muchos factores, entre ellos, la climatología y la hidrología, así como la sedimentología (planos de estratificación, discordancias, contactos...) y la tectónica (diaclasas, fallas...).

A continuación, se consideran los distintos rasgos de morfología kárstica que se manifiestan en el ámbito, entre los que se incluye a las manifestaciones exokársticas y una primera aproximación a las manifestaciones endokársticas, es decir, subterráneas, (cavidades, cavernas, simas...), que se manifiestan en la zona.

Las áreas en las que potencialmente se manifestarán más intensamente este tipo de morfologías y procesos serán, por lo tanto, aquellas en las que se presentan las unidades geológicas carbonatadas: calizas jurásicas, cretácicas y terciarias.

Podemos diferenciar las distintas morfologías exokársticas más importantes implicadas, caracterizándolas como siguen:

### 5.3.1.- Formas de absorción

Se hallan en la superficie del karst y por ellas se produce la infiltración del agua. Las principales formas cerradas, de menor a mayor tamaño, son las siguientes:

**1) Lapiaz:** El "lapiaz" o "lenar", es posiblemente la forma inicial más sencilla de "karst embrionario" que puede degenerar, posteriormente en dolinas. Se presentan, generalmente, como un conjunto de pequeñas acanaladuras ("rills") o surcos estrechos (desde centímetros -"microlapiaz"- hasta 1 metro -"megalapiaz"-), separadas por crestas, a menudo agudas, o bien por orificios tubulares, "nidos de abejas" etc. Aparecen normalmente en superficies más o menos inclinadas y ausentes de vegetación.

**2) "Paleolapiaz":** Es conocida en la zona la presencia de un paleolapiaz con desarrollo de espículas y "pseudotorrecillas" calizas con rellenos de arcillas, que parecen corresponder a un importante paleorrelieve kárstico fosilizado. Son frecuentes los suelos residuales kársticos que, estando más o menos aflorantes, se asocian a formas paleokársticas que, o bien debido al propio relleno, o a la erosión, no tienen

una manifestación superficial directa y que tendrán una mayor manifestación en las zonas con lapiaz ruiniforme.

**3) Dolinas:** Son depresiones circulares o elípticas que se forman por disolución (y consiguiente pérdida de volumen) en su fase inicial, a partir de la intersección de diaclasas o fallas, generalmente a favor de los planos de estratificación. En cualquier caso, no se disponen caprichosamente, sino que generalmente están alineadas según fracturas o direcciones de estratificación determinadas. En sección tienen forma de cubeta o embudo. Sus dimensiones varían desde unos 10 m de diámetro hasta incluso 500 m, siendo las más frecuentes de 20 a 25 m y, normalmente, están rellenas en su centro por "terra rossa" o arcillas de decalcificación. Respecto a su morfología, la mayor parte de las dolinas aquí presentes pueden clasificarse como "dolinas en embudo" o tipo "torca".

En algún otro caso aislado se puede tratar de "dolinas inducidas", "de colapso", "de lavado y arrastre", es decir, pseudodolinas formadas por el arrastre o colapso de los limos y arcillas superiores hacia una cavidad o dolina subterránea, desarrollada en algún lentejón de calizas subyacente. En este caso se manifiestan en materiales no calcáreos por el arrastre de los materiales terrígenos suprayacentes (particularmente arenas), hacia cavidades o dolinas situadas en profundidad y desarrolladas en niveles o formaciones calcáreas subyacentes.

## 6.- HIDROGEOLOGÍA

En este apartado se analizan las características de drenaje, permeabilidad y niveles freáticos, que pueden afectar de manera más o menos directa a las condiciones constructivas de los diferentes terrenos atravesados por los corredores de la zona y su área de influencia hidrogeológica.

El análisis se basa fundamentalmente en la valoración cualitativa superficial de la permeabilidad de los distintos materiales basándose en el tipo litológico, su estado de fracturación, rasgos geomorfológicos, condiciones de drenaje superficial, etc. Con base a estos parámetros, se ha procedido a la inclusión de estos aspectos

hidrogeológicos dentro del estudio, aspectos que también darán información sobre la vulnerabilidad de las distintas unidades acuíferas identificadas.

La infiltración será menor en los terrenos arcillosos, pero mucho mayor en los arenosos hasta llegar prácticamente al cien por cien en los niveles calcáreos donde se encuentran drenajes kársticos bien desarrollados.

Es normal la existencia de importantes acuíferos en las llanuras aluviales que desarrollan los ríos.

La posibilidad de aparición de zonas en las que surjan problemas hidrogeológicos es elevada en zonas de llanura aluvial.

Localmente, pueden aparecer zonas de acumulación preferente de agua, de forma aislada en zonas de inestabilidad, de acumulación de materiales granulares cuaternarios o en zonas intensamente fracturadas, pudiendo dificultar el saneamiento de una ladera, una zona de apoyo de terraplén o producir zonas encharcadas o con tendencia a inundarse.

A continuación, se realiza una Síntesis Regional y la ubicación de la zona respecto a los grandes Sistemas hidrogeológicos o Acuíferos regionales, definidos en distintos Estudios de Síntesis publicados por el I.G.M.E.-I.T.G.E. De esta forma se realiza una valoración y cuantificación global de la gran importancia que presentan estos Sistemas Acuíferos.

## 6.1.- HIDROGEOLOGÍA REGIONAL

Los terrenos del término municipal de Piélagos se encuentran situados en la zona norte de Cantabria, dentro del sistema acuífero número 4, que se extiende en una franja costera que va desde Solares hasta Unquera, penetrando incluso dentro de la provincia de Asturias. Tiene una superficie total de 866 km<sup>2</sup>.

Está limitado al Norte por el Mar Cantábrico; al Sur por la unidad estructural denominada “Franja cabalgante del Escudo de Cabuérniga”, impermeable; al Este por los materiales impermeables del Trías y al Oeste por los materiales impermeables del Trías y Paleozoico.

Se pueden distinguir cuatro unidades hidrogeológicas o subsistemas:

- Subsistema 4A, Unidad de San Román
- Subsistema 4B, Unidad de Comillas
- Subsistema 4C, Unidad Mesoterciaria Costera
- Subsistema 4D, Unidad Diapirizada de Santander

Dentro del municipio, podemos encontrar 2 de estos subsistemas, el 4A y el 4D, los cuales se describen a continuación.

#### **6.1.1.- Subsistema 4A: Unidad de San Román**

Estructuralmente se trata de un amplio sinclinorio, formado con materiales cretácicos y terciarios, cuyo eje se encuentra inclinado en dirección a la costa.

Se trata de una unidad hidrogeológica bien definida, en la que el único acuífero importante se encuentra en las calizas del Cretácico terminal–Terciario.

El acuífero Cretácico terminal–Terciario está constituido por una serie de calizas, calcarenitas, calizas arenosas y dolomías de edad Campanéense Superior-Cuisiense, cuya potencia oscila entre los 400 y 500m.

Se trata de una serie fundamentalmente calcárea y dolomítica, con transmisividad y coeficiente de almacenamiento muy variables, en función de la fracturación y karstificación de los diferentes tramos de la serie, pero en general altas.

##### **A. Funcionamiento hidrogeológico**

Los materiales del Cretácico terminal-Terciario constituyen un manto acuífero libre cuya alimentación se realiza exclusivamente, a partir de la infiltración de agua de lluvia.

La descarga se lleva a cabo, fundamentalmente, a través de una serie de manantiales, entre los que destacan Fuente Soto y manantial de Yatas, y, en menor



cuantía, directamente al Mar Cantábrico y a través de algunos arroyos de escasa importancia.

### **B. Aportaciones**

Las aportaciones que recibe la Unidad de San Román totalizan un volumen de 5-10 hm<sup>3</sup>/año, que corresponden a las aportaciones propias (lluvia útil).

La precipitación se ha evaluado a partir de los datos pluviométricos del período 1970-71/1980-81, facilitadas por el Instituto Nacional de Meteorología.

La infiltración se ha calculado por el método de las isoyetas, a partir del mapa de lluvia útil, teniendo en cuenta la superficie aflorante de acuífero, y suponiendo un coeficiente de infiltración para el mismo de un 25-50 por ciento.

### **C. Salidas**

Se ha evaluado una descarga mínima del Subsistema de 4 hm<sup>3</sup>/año distribuida de la siguiente forma:

- 2,8 hm<sup>3</sup>/año drenados a través del manantial Fuente de Soto.
- 0,6 hm<sup>3</sup>/año, estimados, se descargan por el manantial Fuente de Yatas.
- 0,6 hm<sup>3</sup>/año, estimados, drenados por el resto de los manantiales.

No ha sido posible evaluar la descarga directa al mar por falta de datos.

### **D. Reservas**

El volumen de agua almacenada hasta una profundidad de 100 m por debajo de la cota de manantiales, para una porosidad eficaz media del 1 por ciento, se estima en 23 hm<sup>3</sup>.

### 6.1.2.- Subsistema 4D: Unidad diapirizada de Santander

En esta unidad se encuentran dos acuíferos calcáreos cretácicos, independientes entre sí:

- Acuífero calcáreo Aptiense-Albiense Inferior-Medio, constituido por calizas y calcarenitas dolomitizadas, su potencia es de 650 m.
- Acuífero calcáreo Aptiense, similar al definido en el Subsistema 4B pero de menor potencia (250 m), constituido por calcarenitas masivas.

Estos materiales calcáreos y dolomíticos tienen transmisividad y coeficiente de almacenamiento muy variables, en función de la importancia de la fracturación y karstificación, pero en general altas.

El sustrato impermeable de estos acuíferos son los materiales del Wealdense.

#### A. Funcionamiento hidrogeológico

Los materiales calcáreos Aptienses-Albienses constituyen un manto acuífero libre, con una alimentación exclusivamente a partir de la infiltración del agua de lluvia.

La descarga se realiza a través de una serie de manantiales, entre los que destacan los de Medio Cudeyo y Fuente El Collado, así como a través de los ríos Pas y Miera y del arroyo Cubón.

#### B. Aportaciones

Las aportaciones que recibe la Unidad totalizan un volumen de 35-52 hm<sup>3</sup>/año, que corresponden a las aportaciones propias (lluvia útil).

La infiltración se ha calculado a partir de la superficie aflorante de los acuíferos y de los valores de la lluvia útil, suponiendo un coeficiente de infiltración del 50-75 por ciento.

#### C. Salidas

Las salidas estimadas, a través de los manantiales existentes, son del orden de los 3 hm<sup>3</sup>/año.

No se ha podido cuantificar la descarga a través de los ríos que atraviesan el Subsistema, puesto que no se dispone de estaciones de aforo.

En el área ocupada por la Unidad existen sondeos que se bombean 0,3 hm<sup>3</sup>/año, pero no explotan el acuífero cretácico sino un pequeño acuífero calcáreo jurásico.

#### **D. Recursos subterráneos**

Teniendo en cuenta los datos reflejados en los dos apartados anteriores, los recursos del Subsistema suponen 35-52 hm<sup>3</sup>/año, que corresponden a la infiltración a partir del agua de lluvia.

#### **E. Reservas**

El volumen de agua almacenada hasta una profundidad de 100 m por debajo de la cota de manantiales, para una porosidad eficaz media del 1 por ciento, se estima en 132 hm<sup>3</sup>.

### **7.- RIESGOS**

En el presente apartado se analizan los distintos tipos de riesgos o procesos geológicos existentes en la zona de estudio.

#### **7.1.- RIESGO POR AVENIDAS E INUNDACIONES**

El río Pas es el principal río que surca el termino municipal de Piélagos, lo atraviesa por su margen Oeste, de Sur a Norte, y desemboca en la ría de Mogro al Mar Cantábrico. Como la mayor parte de los ríos montañosos europeos, de clima húmedo y templado, basa gran parte de su dinámica en las avenidas fluviales, también llamadas riadas. Estos fenómenos suceden con mayor frecuencia en los periodos de mayores precipitaciones y en los meses en los que más agua se deshiela en la alta montaña. En el municipio de Piélagos el periodo de abundancia de agua se sitúa entre noviembre (mes de más elevada precipitación), y los meses primaverales (por

ejemplo, abril y mayo, meses en los que además de la lluvia se une a los ríos el agua del deshielo).

Estas avenidas, producidas por el deshielo y las precipitaciones tormentosas, dan lugar a lo que se denomina inundaciones relámpago, en las que se vierten grandes cantidades de lluvia sobre pequeñas cuencas vertientes. Estas inundaciones son de una duración muy corta, pero sus efectos son importantes para la población.

Las inundaciones (lluvias torrenciales, deshielo) son los riesgos naturales más frecuentes. Las inundaciones provocan daños materiales, con las consecuentes pérdidas económicas, destruyen los cultivos y dañan el medio ambiente al erosionar y contaminar los suelos.

Por otro lado, las inundaciones están muy condicionadas por las actividades humanas en la cuenca de recepción: las actividades agrícolas, el sobrepastoreo, la deforestación o la construcción. Esto es debido a que cualquier modificación del terreno suele llevar asociada una disminución de la capacidad de absorción del suelo, por lo que aumenta la escorrentía superficial y, evidentemente, la frecuencia e intensidad de las avenidas fluviales.

La escorrentía, tránsito del agua sobre la superficie de la tierra, aumenta cuando los bosques se talan o la vegetación herbácea es eliminada (como consecuencia de actividades mineras, excavaciones, proyectos de urbanización, etc.). Un río alimentado por una cuenca de alta infiltración y baja escorrentía será mucho más resistente que un río que presente una baja infiltración y deba evacuar el agua mediante escorrentía.

La construcción de encauzamientos y correcciones de los cauces fluviales, como se ha hecho en el Pas en diversos tramos, aunque mejora temporalmente el flujo, ha convertido el río en un sistema monótono, alterando la vida acuática y anulando la capacidad de infiltración del fondo del cauce, mediante lechos de hormigón, aspecto que incrementa de manera notable la velocidad y la potencia de las avenidas. Aunque estas medidas contrarrestan las riadas de baja intensidad, y disminuyen la frecuencia de las de gran intensidad, no son capaces de retener las avenidas de mayor poder destructivo, aquellas que afectan a las construcciones y bienes que se encuentran en la llanura aluvial. Por otra parte, la alteración de la vegetación de ribera y de la zona de vega, potencia la manifestación de inundaciones.

En el municipio de Piélagos, las zonas que presentan, en principio, cierta peligrosidad por inundación, se sitúan en los márgenes del río Pas y las zonas donde sus tributarios se unen a este. Estas áreas de la llanura de inundación están destinadas a actividades agrícolas y ganaderas fundamentalmente, si bien existen varias vías de comunicación y edificaciones que se asientan sobre la misma. El riesgo es medio ya que podrían verse afectadas las viviendas construidas en estas áreas inundables, así como las vías de comunicación.

## 7.2.- RIESGO POR DESLIZAMIENTOS Y MOVIMIENTOS EN MASA

Un deslizamiento se define como una masa de terreno que se mueve por fuerzas gravitatorias. El proceso incluye tanto un movimiento ladera abajo como el desplazamiento lateral del material. En ocasiones incluso pueden registrarse movimientos ladera arriba, como ocurre cuando un movimiento en masa que desciende una ladera de un valle, cruza el fondo y por inercia asciende por la ladera opuesta.

En general, se aplica el término deslizamiento a movimientos rápidos del terreno, aunque comiencen con una lenta reptación. En tiempo geológico, los deslizamientos son absolutamente instantáneos.

Aunque son varias las zonas que plantean peligrosidad por deslizamiento en el municipio, solo inducen riesgo aquellas que pueden afectar a seres humanos o a sus bienes (ganado, construcciones, plantaciones, etc.).

El fenómeno de la caída de rocas presenta una mayor duración, y no se considera instantáneo. Una roca sí cae instantáneamente, pero el fenómeno global se considera continuo, a modo de goteo. Difiere así de los deslizamientos, que suceden en pulsos, de carácter catastrófico.

Se distinguen varios tipos de caídas, que se describen a continuación:

- Los desprendimientos, que consisten en caídas libres individualizadas, o en pequeños grupos de partículas asociados, sin contacto alguno con el sustrato, de bloques, cantos, granos, etc. Le afectan especialmente los ciclos de helada, por lo que las laderas sur son las más propicias para que

suceda este fenómeno, por darse mayor variabilidad de temperatura, si bien el fenómeno también se presenta en las laderas norte.

- Los desplomes, muy similares a los desprendimientos, suceden cuando caen bloques, gránulos, partículas, etc., por zapamiento. Se podrían dar en zonas acantiladas de la costa.
- Las avalanchas suceden cuando se ha acumulado material suelto y se desprende masivamente. Pueden ser avalanchas de rocas o de tierras. Es improbable una avalancha rocosa en Piélagos. Una avalancha de tierra se podría dar en algún coluvión, o en algún talud que afecte al Cretácico del este del municipio.

Además de deslizamientos y caídas, también pueden localizarse habitualmente en la zona diversos flujos o argayos. Suelen estar asociados a los deslizamientos. Sucede cuando material arcilloso o areno-arcilloso poco consolidado, con planos de despegue y alto contenido en humedad entre esos planos, sufren la aparición de múltiples superficies internas de deslizamiento. Esto es consecuencia de las distintas velocidades de deslizamiento, por lo que se pierde la coherencia geométrica de la masa (en los deslizamientos se suele conservar). En Piélagos pueden darse estos fenómenos en las laderas cercanas a las llanuras aluviales, donde más potencia de suelo se registra. Además, los estratos pizarrosos pueden favorecer estos fenómenos.

Otro fenómeno que se observa en las laderas de montaña de gran parte de Cantabria, y, por tanto, en Piélagos, es el flujo o creep, consistente en el flujo de todo el suelo según un fenómeno rítmico, estacionario o diario, por variaciones húmedo-seco o hielo-deshielo, que conllevan expansión-retracción, descendiendo así todo el conjunto del suelo.

El flujo se aprecia en los árboles, provocando su arqueado, y en muros de contención de mampostería, que sufren la presión creciente del terreno. Se trata de un fenómeno bastante común, que puede acabar provocando movimientos en masa e, incluso, afectando a las construcciones próximas. Sin embargo, es un proceso suficientemente lento para poder ser paliado, en el caso de viviendas, creando zanjas que separen los muros de la casa del terreno ladera arriba. Los flujos se ven

acentuados por el paso del ganado, que aumenta el peso sobre el suelo y lo mueve aún más.

Finalmente, dentro de este apartado de riesgo de laderas, deben considerarse los torrentes. Cuando en una cabecera de una pequeña cuenca hidrológica se acumula suficiente material suelto, una lluvia tormentosa intensa puede desencadenar un flujo húmedo de tierra y piedras. Desciende por un canal torrencial y se deposita cuando pierde energía en una llanura aluvial o en una ladera menos pendiente que el canal. En caso de suceder, supone un proceso destructivo alto y conlleva un riesgo geológico de importancia. En Piélagos pueden darse flujos torrenciales en las laderas que flanquean las llanuras aluviales, especialmente en aquellas en las que ya existe un cauce torrencial y se ha acumulado material suelto, como es en la zona noroeste del municipio.

### **7.3.- RIESGO POR HUNDIMIENTO Y SUBSIDENCIA**

La subsidencia es el hundimiento local de la superficie del terreno con escaso o ningún movimiento horizontal, debido a fallos del terreno y que puede ocasionar colapsos con apertura de una oquedad hacia el exterior. La evolución de esta oquedad es rápida, pasando sus paredes de ser verticales a adoptar formas de embudo que suelen terminar por rellenarse. También se produce subsidencia cuando se dan en el terreno condiciones geológicas naturales o inducidas por la actividad humana.

El colapso de rocas solubles o la compresión de rocas débiles y suelos son causas principales de subsidencia natural. La roca soluble más corriente es la caliza, compuesta por carbonato cálcico. Con el tiempo, el agua se filtra a través de las grietas existentes en la roca y percola hacia abajo, mientras disuelve la roca y crea huecos cada vez mayores.

En muchos lugares las dolinas (huecos de planta circular, originados por procesos kársticos) han sido empleadas como vertederos y basureros, ignorando que son conductos conectados con los abastecimientos de aguas subterráneas. El resultado ha sido la contaminación del agua infiltrada.

Otro riesgo que supone la interacción del ser humano con el paisaje kárstico es el peligro existente por construir sobre una caverna oculta; puede causar el colapso de la superficie inmediatamente. Si no hay rotura inmediata, entonces la leve subsidencia asociada con la estructura puede permitir la captación de las precipitaciones y su percolación dentro del terreno hacia la estructura. El proceso ha sido llamado “recarga inducida”, la cual, una vez comenzada, tiende a incrementar el flujo de agua, que finalmente debilita el techo de la cavidad, causando la rotura. Incluso la eliminación de árboles de un área de bosque puede inducir la recarga y el inicio de subsidencia. Algunas veces los hundimientos en rocas solubles llegan a ser rellenados con limo y arcilla, y las cavidades rellenas de arcilla no soportan bien las estructuras pesadas, por lo que las mismas pueden asentarse desigualmente dentro de la cavidad rellena de arcilla blanda, incluso aunque sea soportada parcialmente por roca resistente.

En el municipio de Piélagos existe un paisaje kárstico ampliamente desarrollado en diversas zonas, existen dolinas y lapiazes en varios puntos. Además, en general, se observa un gran número de pequeñas depresiones en praderas situadas sobre terrenos correspondientes calizas cretácicas, fundamentalmente.

También pueden aparecer fenómenos de subsidencia asociados a los materiales triásicos, en donde los frecuentes niveles de sales intercalados constituyen posibles vías de penetración de agua de escorrentía, sobre todo en los niveles superficiales, donde el grado de meteorización es mayor que en el resto, aspecto que puede dar lugar a fenómenos de disolución y pérdidas de resistencia de la masa, hechos que podrían repercutir directamente sobre las construcciones que se asienten sobre estos materiales.

El hundimiento no parece suponer un riesgo elevado en Piélagos. Se recomienda de todos modos un estudio adecuado para cada caso concreto de construcción, además de una planificación que evite en lo posible la edificación en el entorno de las dolinas, estén rellenas o no.

#### **7.4.- RIESGOS POR SUELOS EXPANSIVOS**

Algunos materiales geológicos cambian de volumen en presencia de agua: los suelos expansivos casi siempre contienen arcillas, cuyos minerales tienen una



estructura en láminas. Los minerales de la arcilla son el resultado de la simple alteración química de rocas comunes. Los componentes de los minerales de la arcilla (normalmente sílice, con alúmina o magnesia y un poco de potasio y sodio) se disponen en láminas o estructuras tipo sándwich.

Los componentes de un grupo especial de minerales de la arcilla tienen una poderosa atracción por las moléculas de agua situadas entre dichas láminas. Cuando un suelo arcilloso tiene un elevado porcentaje de esmectitas, absorbe agua y se expande o hincha. Las minúsculas partículas de arcilla pueden expandirse hasta un 20 y un 50 %, (los suelos que sufren aumentos de volumen de tan sólo un 3% se suelen considerar suelos problemáticos). Las presiones ejercidas pueden exceder fácilmente los 5,38 kg/cm<sup>2</sup> y se han llegado a medir presiones de hasta 10,7 kg/cm<sup>2</sup>. Tales presiones pueden romper fácilmente pavimentos de hormigón y causar importantes daños a las cimentaciones. La transformación de la anhidrita en yeso origina fenómenos semejantes.

En el municipio de Piélagos, este tipo de riesgos se asocia a las zonas con existencia de arcillas, principalmente a las cubetas de descalcificación de los materiales calcáreos y a las arcillas triásicas del Keuper.

También los niveles de sales triásicas pueden dar lugar a este tipo de procesos, es decir, los riesgos se deben al ascenso de materiales y a la composición de los mismos, como por ejemplo los diapiros. Se trata de estructuras formadas como consecuencia del ascenso de las rocas salinas que tienen menor densidad que otras rocas que las recubren. Las sales pueden disolverse y en el caso de la anhidrita, originar expansiones.

## **7.5.- PROCESOS LITORALES Y RIESGOS ASOCIADOS**

La energía que actúa en el medio costero procede esencialmente de las olas y de las mareas.

La erosión se produce por el impacto del oleaje, por el efecto de cavitación del aire comprimido, por la abrasión de los fragmentos, por la disolución, por la acción de las sales y por los efectos de las corrientes, entre otros.

La energía de las olas se concentra en los salientes costeros, alcanzando menos energía en las bahías, ensenadas, calas, etc, por lo que en estas últimas son más propicios los depósitos de materiales, cuyo origen puede ser muy lejano.

Las mareas desplazan la línea de costa en la vertical. Otros procesos geodinámicos, tanto externos como internos, también pueden influir en dicho desplazamiento, pero a más largo plazo (movimientos eustáticos, transgresiones locales y universales, subsidencia, isostasia, movimientos tangenciales, etc.).

Las formas de erosión más representativas son los acantilados y las plataformas de abrasión, que son formas típicas de costas de hundimiento. Las rasas costeras son antiguas plataformas de abrasión emergidas.

Las olas que se aproximan oblicuamente experimentan refracción y resaca, dando origen a corrientes de deriva de gran competencia en el transporte.

La acumulación de sedimentos es más importante en las costas bajas, pues esta acumulación hace que se levanten. Son formas de acumulación los deltas, las flechas, las restingas y los cordones litorales.

Los principales riesgos en las costas se deben a la erosión de los acantilados y a la redistribución de los sedimentos. La redistribución de los sedimentos puede originar el relleno de las zonas de puerto, provocar el retroceso de los deltas o erosionar playas y afectar así a las construcciones y a la industria turística. La interrupción de los aportes de sedimentos o la construcción de diques alteran la dinámica marina y aceleran estos procesos.

Además, la erosión provocada por el hombre en los continentes -canalizaciones, deforestación, etc.- puede aumentar los aportes al litoral. Por otra parte, se pueden reducir los aportes por construcción de embalses, por regulación de los cauces, extracción de áridos, repoblación forestal, etc.

Las tormentas tienden a eliminar los sedimentos costeros transportándolos hacia mar abierto.

La llegada masiva de sedimentos puede influir sobre los seres vivos de la zona, colmatar albuferas y puertos, producir barras peligrosas para la navegación, cambiar la dinámica de la zona, etc.

## 8.- CONCLUSIONES

A lo largo del presente Anejo se han descrito las características más reseñables del medio abiótico del municipio de Piélagos. Se ha encuadrado geológicamente dentro de la zona Cantábrica, y se ha detallado su estratigrafía, geomorfología e hidrogeología, entre otros.

Además, se ha hecho especial hincapié en la presencia/ausencia de riesgos naturales en el municipio, relacionándolos, en su caso, con ciertas actividades de carácter antrópico. Entre los riesgos tratados, es de especial importancia las avenidas e inundaciones, debido a la presencia del río Pas como eje vertebrador del municipio.

Tal y como se puede observar en las fichas del Anejo nº 10 y en el plano nº A4, alguno de los sectores propuestos como Urbanizables presentan riesgos según la cartografía oficial disponible.

Gracias al estudio del medio abiótico del municipio de Piélagos, el equipo redactor del PGOU cuenta con información de gran importancia a la hora de calificar y clasificar los suelos, evitando, entre otros, que los futuros crecimientos se lleven a cabo en las zonas de mayor susceptibilidad a riesgos.