



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

Cartografía de riesgos naturales en el Valle de Pineta

Autor

Elena Polo Allueva

Director/es

María Teresa Echeverría Arnedo

Facultad de Filosofía y Letras

Año 2014

RESUMEN

En este trabajo se presenta una cartografía de zonificación de riesgos naturales de montaña para uno de los valles del Pirineo aragonés, el Valle de Pineta, donde se delimitan las zonas con mayor riesgo de sufrir procesos de inundaciones, aludes y otros movimientos en masa en laderas. La metodología utilizada está basada en un entorno SIG, en el que se han considerado diferentes factores que determinan el comportamiento del valle en cuanto a la probabilidad de suceder alguno de los procesos de riesgo citados; estos factores han sido la isoterma de 0°C, determinados procesos geomorfológicos, el tipo de litología, las clases de pendientes, los usos de suelo y algunas variables climáticas.

Palabras clave: cartografía, SIG, aludes, inundaciones, desprendimientos de ladera, riesgo, vulnerabilidad, peligrosidad, Valle de Pineta.

OBJETIVOS

1. Este trabajo tiene diversos objetivos, uno de carácter general, que consiste en la zonificación de riesgos de aludes, inundaciones y movimientos de ladera en el Valle de Pineta (Pirineo aragonés), para la mejora de la gestión del territorio y la creación de herramientas e información que ayuden en la ordenación territorial, de manera que se reduzca la probabilidad de sufrir catástrofes humanas debido al funcionamiento de determinados procesos de carácter natural.

2. Como objetivos de carácter específico, cabría destacar los siguientes:
 - 2.1. La utilización de un entorno SIG para el tratamiento de la información y la creación de la cartografía temática que ayude a definir el mapa final.
 - 2.2. La definición y caracterización de los principales riesgos naturales en el área de estudio.
 - 2.3. La definición y el diagnóstico de las áreas sometidas a estos procesos de aludes, inundaciones y movimientos de ladera, que puedan suponer un riesgo destacado para las infraestructuras del valle y las actividades humanas que se desarrollan en el mismo, así como entender la dinámica natural en este espacio de montaña.

INTRODUCCIÓN A LA PROBLEMÁTICA DE LOS RIESGOS AMBIENTALES EN LA ALTA MONTAÑA

Según el concepto de riesgo “*posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita puedan verse afectados por un fenómeno de rango extraordinario*” (lo saque de una diapositiva de Ollero), la alta montaña se considera un espacio multirisgo debido a las características generales del medio que pueden dar lugar a diferentes fenómenos y a la ocupación del mismo por el hombre, siendo destacable el auge de la ocupación de la montaña, sobre todo para un uso de carácter recreativo y turístico (Chueca Cía, 2000).

El riesgo de una determinada área se evalúa de la siguiente manera:

$$R = P \times E \times V$$

P: peligrosidad natural, que se mide como probabilidad de ocurrencia. Fenómeno o proceso de carácter natural que puede originar daños a una comunidad, a sus actividades o al propio medio ambiente.

E: exposición, nº de personas y bienes expuestos al riesgo. Es la disposición sobre el territorio de un conjunto de bienes y personas que pueden ser dañados por un peligro natural.

V: vulnerabilidad, se expresa en tantos por uno de daños esperados en función de la fragilidad ante el riesgo de personas y bienes expuestos. Es la pérdida esperable en función de la fragilidad o de la preparación de la sociedad frente al riesgo.

Según estas definiciones, hay que subrayar el aumento de la exposición y de la vulnerabilidad antrópica ante los peligros naturales, debido a la inadecuada actuación antrópica sobre el espacio, puesto que si no existiera una exposición humana no se podría hablar de riesgo natural, simplemente serían fenómenos naturales que desencadenan peligrosidad. Queda justificada, por lo tanto, la necesidad de la cartografía de riesgos para ayudar a la mejora en la gestión del espacio y en este sentido el geógrafo puede desarrollar un papel importante.

En este trabajo se van a analizar tres tipos de riesgos, aludes (riesgo meteorológico y geomorfológico), inundaciones (riesgo hidrogeomorfológico) y desprendimientos de ladera (riesgo ligado a la geomorfología) en el Valle de Pineta, mediante la representación espacial de los factores básicos, que favorecen o determinan el desencadenamiento de estos fenómenos, como son la geomorfología, según las pendientes o la orientación de cada ladera, además de la intensidad de los procesos geomórficos; los usos del suelo, que determinarán la inestabilidad del terreno según la ocupación vegetal y la exposición humana; la litología, nos permitirá determinar las características de este terreno; y las condiciones climáticas, que marcarán la cota de la isoterma de 0°C para los meses determinados, las precipitaciones, las temperaturas, la radiación solar y el periodo de heladas.

Los **aludes** son fenómenos frecuentes en las áreas de alta montaña, los cuales hay que tener en cuenta debido, en gran parte, al incremento de la exposición humana

en estas zonas por el auge de actividades recreativas en la montaña. Por otro lado, las **inundaciones** son el riesgo más frecuente y extendido a escala mundial, generando cada año grandes daños y pérdidas de carácter económico, humano y ambiental. Por último, los **desprendimientos** de ladera también son notables en la montaña, debido sobre todo a las condiciones del terreno, con una fuerte energía de relieve y precipitaciones abundantes. La zonificación de estos tres tipos de riesgos será representada cartográficamente en un mapa final que ayudará a ordenar el territorio con el objetivo de reducir, en la medida de lo posible, la situación de riesgo en el Valle de Pineta.

METODOLOGÍA. Entorno SIG

Los procesos naturales más destacados que afectan a las áreas de alta montaña, como los aludes, inundaciones y movimientos en masa de ladera, están determinados por una serie de factores, unos de carácter extrínsecos a la propia ladera, relacionados con las condiciones nivo-meteorológicas; y otros intrínsecos, por lo tanto directos, de carácter más permanente, que son los que se han tratado con detalle en este trabajo (Chueca Cía, 2000).

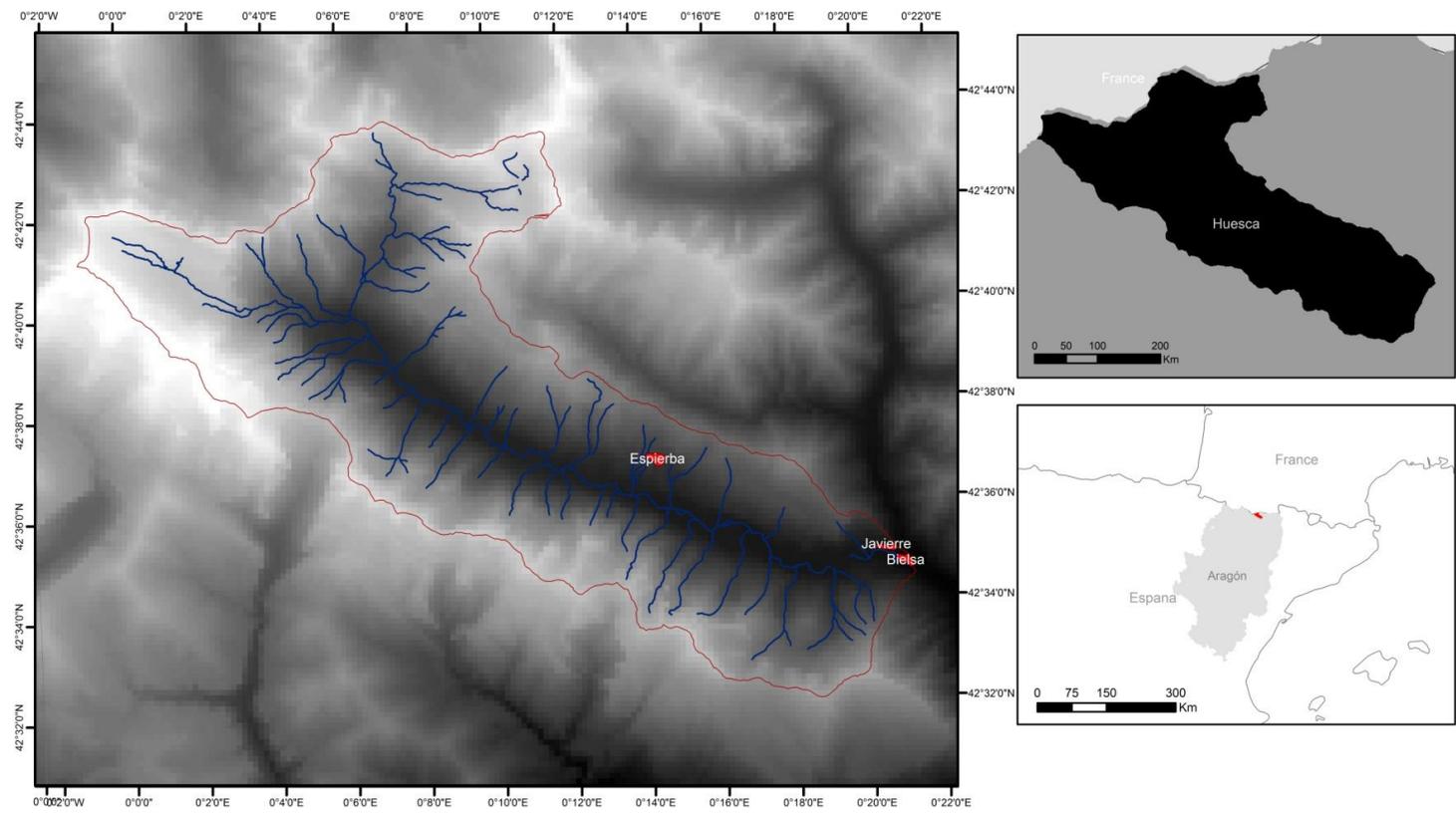
Estos factores determinantes en el desencadenamiento de los procesos de riesgo son:

1. El límite altitudinal de la isoterma de 0°C marca la cota mínima a partir de la cual durante una determinada época del año, que suele corresponder en nuestras latitudes a los meses de finales de invierno y principio de primavera, se conservan las masas nivosas debido a las bajas temperaturas y a las precipitaciones en forma de nieve. Esta isoterma de 0°C se ha establecido en la cota 1614 m en el Valle de Pineta, teniendo en cuenta las cotas de la isoterma de 0°C de los meses invernales (Chueca Cía, 2000). Esta cota va a delimitar las zonas que se encuentren por encima de esta altura, como espacios con mayor riesgo de salida de aludes de nieve; por otro lado, las zonas que se encuentren por debajo de esta cota se pueden ver afectadas por avalanchas de aludes o desprendimientos de ladera.
2. El grado de pendientes de las laderas del Valle de Pineta también va a facilitar la zonificación de las áreas de mayor riesgo. Los valores de pendiente por debajo de 31° son zonas consideradas de media-baja o baja pendiente; mientras que las zonas que superan los 31° hasta los 45°, han sido consideradas de media-alta pendiente; por último las pendientes superiores a los 45° son las que se identifican como espacios con mayor probabilidad de sufrir desprendimientos de la ladera o aludes. Estos valores de pendientes se han determinado considerando necesaria una inclinación en torno a los 30° para que el componente longitudinal del peso de la nieve supere las fuerzas de resistencia, si bien este límite está también determinado por las condiciones de la nieve (húmeda o en polvo) (Chueca Cía, 2000).

3. Los diferentes usos del suelo para todo el valle también caracterizan el comportamiento de esta área de estudio, de manera que aquellos espacios con escasa masa vegetal y de bajo porte, o áreas desnudas van a ser los más proclives a sufrir cualquiera de los tres procesos que se están estudiando. Esto se debe al importante papel que juega la vegetación, que actúa como factor estabilizador de la ladera o también regula, hasta cierto punto, los eventos de crecidas de los ríos o la infiltración del agua de lluvia o de fusión nival.
4. Por último, la litología y la geomorfología del valle condicionan el comportamiento del terreno cuando se ve afectado por determinadas condiciones climáticas, ya que las litologías más impermeables van a favorecer la escorrentía superficial por un lado, los movimientos de flujo por otro y, por supuesto, los aludes. En el caso de los desprendimientos de ladera, las características del terreno, topografía previa, pendiente y la actividad de la crioclastia (durante el periodo de heladas) condicionan su activación y la tipología de los movimientos en masa.

Según estos criterios, se ha llevado a cabo el tratamiento de la información geográfica con sistemas SIG, en concreto con el programa ArcMap 10.1, aunque también se ha utilizado Google Earth como sistema de apoyo en cuestiones de visualización. Con estas herramientas, se han elaborado diversos mapas a escala 1:25000 y a color, donde se han plasmado de manera gráfica cada uno de los factores comentados, para facilitar y determinar las zonificaciones del Valle de Pineta según el riesgo de sufrir alguno de los procesos estudiados.

La información base utilizada para la realización de la cartografía se ha descargado del Instituto Geográfico Nacional (IGN), Instituto Geológico y Minero de España (IGME); y por último también se ha descargado del Sistema Territorial de Aragón (SITAR). La información descargada que se ha utilizado para la realización de la cartografía de los factores determinantes (pendientes, isoterma 0°C, usos del suelo, litología y geomorfología), corresponde a las hojas 146, 147, 178 y 179 del MTN del que se han utilizado las curvas de nivel, al MDT-LIDAR, al mapa geológico, a la ortofoto del PNOA de 2009 y al Corine Land Cover (2006). A partir de estos mapas se ha realizado un proceso de análisis y tratamiento de la información, como la reclasificación de leyendas o la fotointerpretación, entre otros, que ha permitido la realización de una cartografía de detalle y específica para el Valle de Pineta. Además, todos los mapas realizados se han completado con los siguientes elementos: red fluvial, núcleos de población, vías de comunicación y edificaciones, para una mejor comprensión, tanto de la exposición como de la vulnerabilidad.



Localización, Valle de Pineta



Fuentes de información: SITAR
 Elaboración: Polo Allueva, Elena

Figura 1.

El área de estudio de este trabajo es el Valle de Pineta, localizado en el Pirineo aragonés oscense centro oriental, al Este del Macizo de Monte Perdido. Presenta una orientación NW-SE desde el Circo de Pineta hasta la localidad de Bielsa, recorriendo aproximadamente alrededor de 12 kilómetros.

La cabecera del Valle de Pineta forma parte del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, junto con el macizo de Monte Perdido, Valle de Ordesa, Cañón de Añisclo y las Gargantas de Escuaín.

Se trata de un valle glaciar con un claro perfil transversal en “U”, delimitado por altas y escarpadas crestas montañosas. Así, la cresta Sur o Sierra de las Cutas es una continuidad de picos entre 2500 y 3000 m, que en menos de 2 km lineales desciende unos 1200-1500 m hasta el fondo del valle situado a unos 1200-1300 m. Por otro lado, la divisoria de aguas septentrionales algo menos escarpada y tiene algún valle glaciar colgado, La Larri, sobre el principal. El cierre del valle es también una ladera muy escarpada, en cuya parte superior se encuentra el Circo de Pineta, el lago helado del Marboré y el sector septentrional del Monte Perdido.

El Valle de Pineta es el más accesible de todo el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, ya que por su fondo discurre una carretera desde Bielsa hasta el fondo del Valle, donde se encuentra el Parador Nacional Monte Perdido, a los pies del Circo de Pineta.

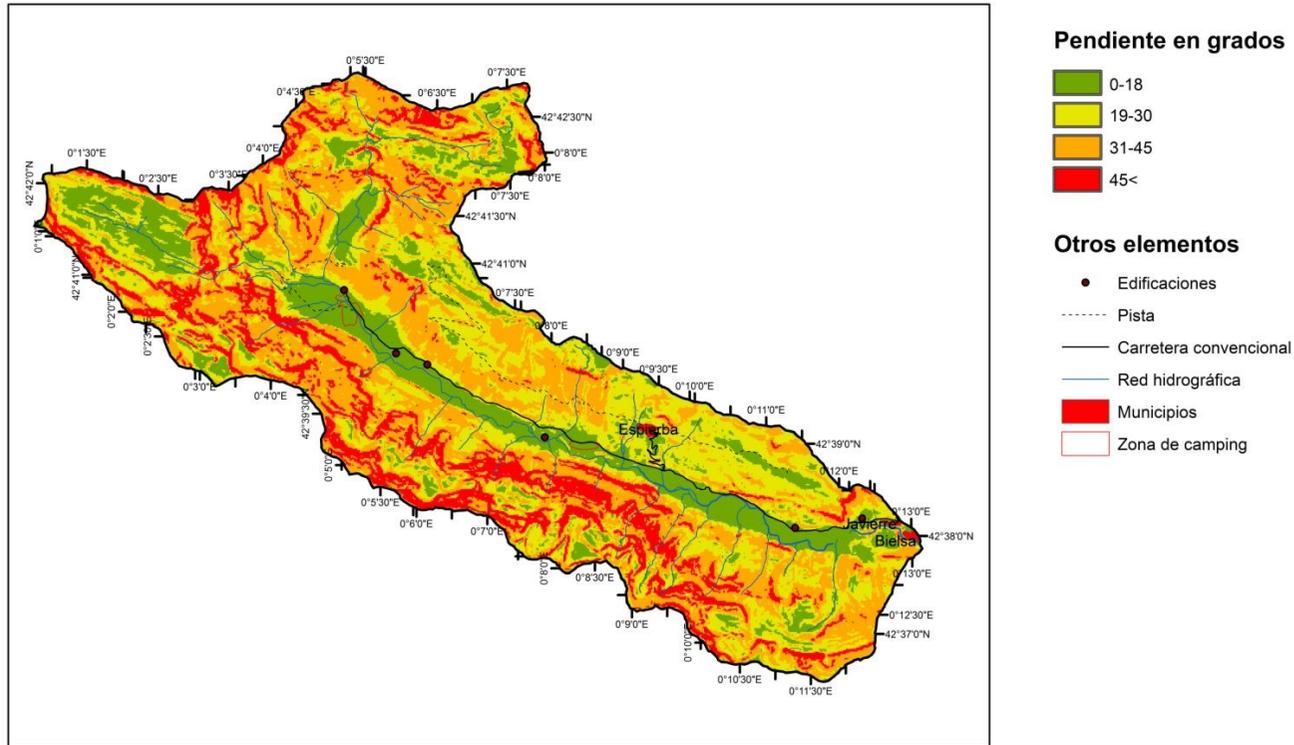
RESULTADOS

A través del manejo y la manipulación de la información mediante procesos SIG como se ha comentado anteriormente, se ha obtenido una serie de mapas de cada una de las variables con interés respecto al desencadenamiento de riesgos naturales (pendientes, isoterma 0°C, usos del suelo, litología y geomorfología). Además se ha completado la información con cartografía obtenida del “*Atlas climático de Aragón*” (López, Cuadrat y Cabrera, 2007) lo que ayuda a caracterizar el Valle de Pineta en cuanto al comportamiento de diferentes parámetros climáticos, como radiación potencial, porcentaje de la radiación estacional con respecto al total anual, probabilidad de acumulación de nieve y temperaturas medias estacionales máximas y mínimas.

A partir de estos mapas se ha creado un mapa de exposición del Valle de Pineta a partir de los usos del suelo; y por otro lado un mapa de peligrosidad a partir de los mapas de litología, geomorfología y pendientes; y por último, mediante la combinación de las dos cartografías resultantes (exposición y peligrosidad), se ha obtenido un mapa final donde se muestra el área de estudio zonificada según el grado de riesgo.

Mapas temáticos

1) Mapa de pendientes



Mapa de pendientes, Valle de Pineta

0 1,5 3 6 9 km



Fuentes de información: IGN
Elaboración: Polo Allueva, Elena

Figura 2.

En el mapa de pendientes del Valle de Pineta destaca principalmente la presencia de fuertes pendientes en la ladera orientada al Norte y en el cierre del valle. Estas zonas muy escarpadas corresponden a tramos de ladera con una inclinación superior a 45° y con una disposición en bandeado, que si se compara con el mapa litológico se observa una relación directa, que se explicará más adelante; son estas zonas las que se muestran más favorables a la ocurrencia de aludes y desprendimientos de ladera, en cuanto a pendientes se refiere. Por otro lado, es en el fondo de los dos valles colgados y en el fondo del valle principal donde las pendientes no superan los 18° , por lo que estas zonas no presentan probabilidad de ocurrencia de esos procesos, pero sí que pueden ser afectadas por inundaciones, sobre todo en el fondo del valle principal, que presenta una amplia llanura fluvial, con valores más reducidos. A pesar de la suave pendiente de los fondos de valle, la intensidad de los aludes y desprendimientos, puede alcanzar el nivel de base local, de forma que, si bien el factor topográfico desencadenante se localiza en las escarpadas laderas de la orilla derecha, las consecuencias geomorfológicas pueden dejarse notar en la parte baja de las laderas. Esta situación se evidencia en la Sierra de las Cutas, en el circo de Pineta y en los relieves que dominan La Larri. De hecho, buena parte de las zonas coloreadas en naranja ($31-45^\circ$ de pendiente), responden a la presencia de desprendimientos y taludes de derrubios tanto colonizados por la vegetación como prácticamente desnudos por su grado de inestabilidad (talud de derrubios en abanico al Este del Parador Nacional de Pineta).

2) Mapa isoterma 0°C

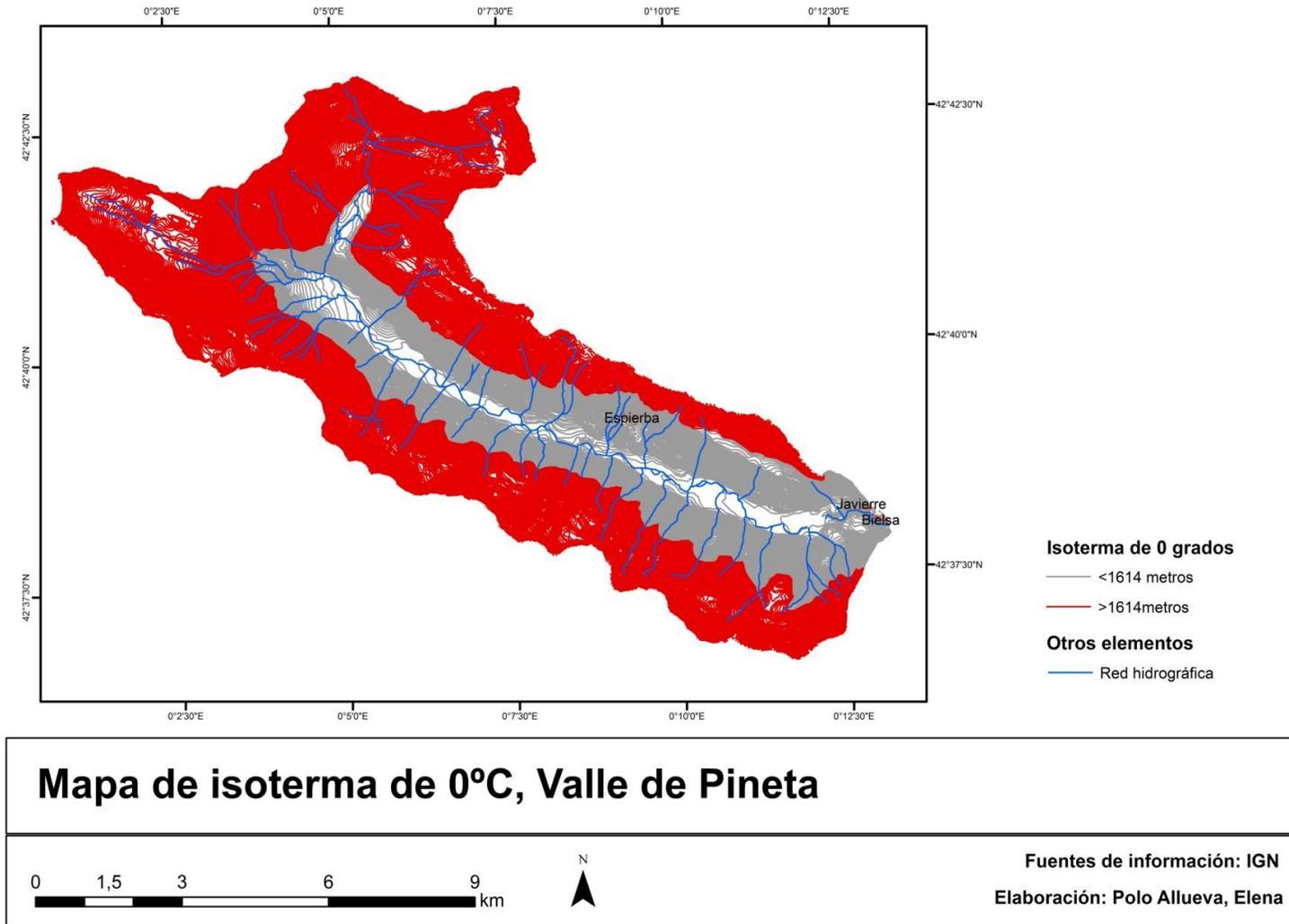


Figura 3.

La isoterma de 0° va a dividir el valle en dos zonas. La que se muestra en color rojo en el mapa hace referencia a la zona cuya altura supera los 1614 m de altura, que es el valor de la citada isoterma calculado para este valle; esto nos indica los espacios donde hay conservación de las masas nivosas, por lo que existe la posibilidad de que se desencadenen aludes y desprendimientos, debido a la acción de la gelifracción sobre litologías gélives como las calizas. Por el contrario, aparece una segunda zona de color gris, que corresponde al área donde las masas nivosas tienen dificultad de conservación, por lo que el riesgo de desencadenamiento de aludes de nieve es mínimo.

Las cotas en torno a esta isoterma van a ser afectadas por procesos de gelifracción, en relación con el periodo de heladas, aunque hay que destacar que la superficie afectada por esta gelifracción era mayor en la Pequeña Edad del Hielo (siglos XVI-XIX), y en la actualidad esas áreas donde ya no funciona este proceso, quedan cubiertas por una serie de sedimentos y masas vegetales que se han ido asentando.

Las cotas más altas durante los meses de abril y mayo van a presentar un importante riesgo, debido al incremento de las temperaturas, lo que dará lugar al deshielo de la nieve, acumulada durante los meses de invierno, provocando potencialmente la activación de aludes.

3) Mapa litológico

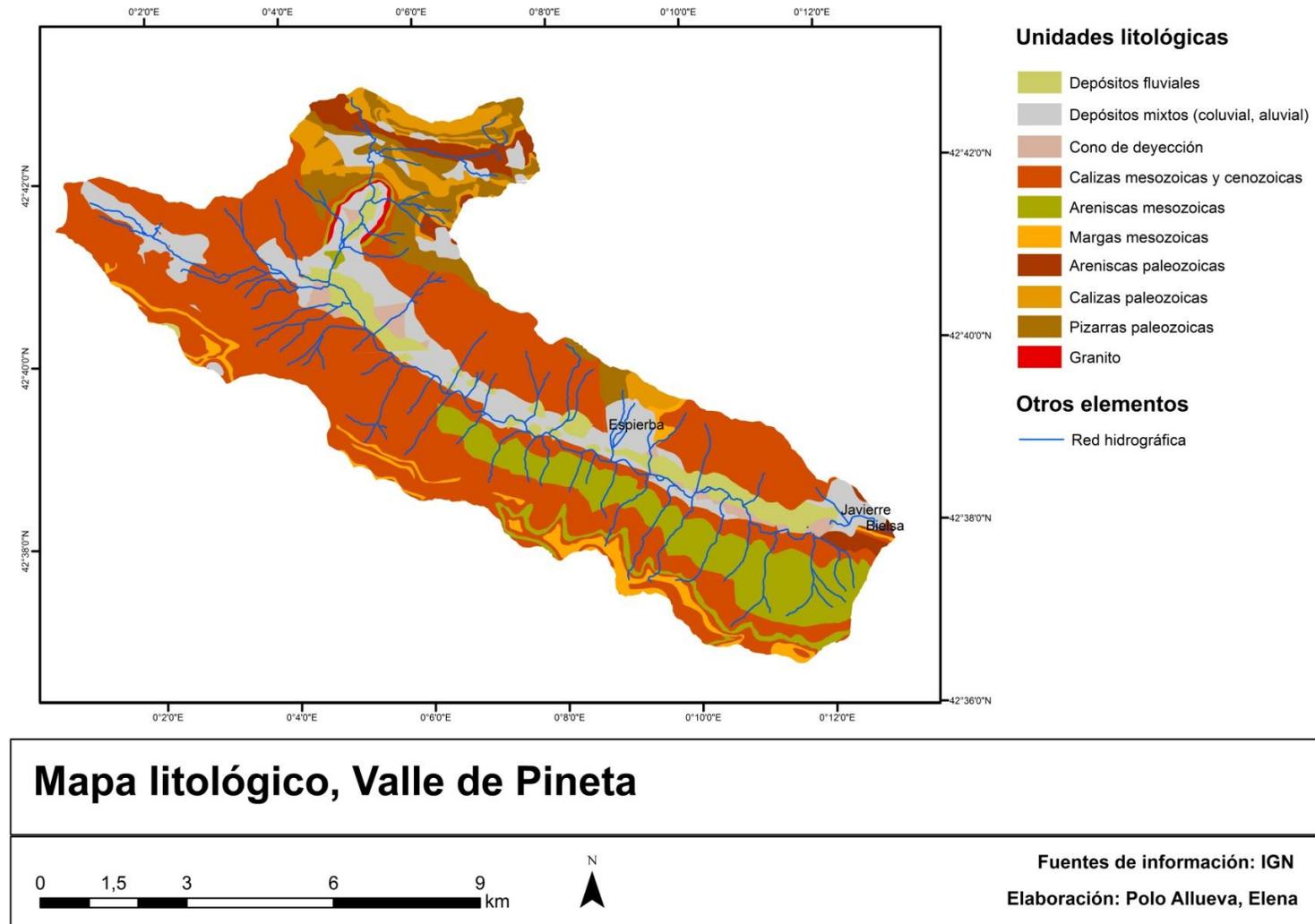


Figura 4.

Como se observa en el mapa, son las calizas cretácicas la litología dominante, presentándose en ambas laderas y en parte del cierre del valle, en el circo de Pineta. La roca caliza, es una roca permeable, soluble y gélive, por lo que va a ser vulnerable a los procesos de erosión del agua y del hielo, tanto químicos, disolución, como físicos, gelifracción. Además, también se aprecia una fuerte presencia de areniscas cretácicas en la zona sur; son litologías porosas, por lo tanto, permeables; y se van a ver afectadas por la acción del agua. En el valle de La Larri, valle glacial colgado en la margen izquierda del Cinca, se observa una dominancia de litología paleozoica compuesta por areniscas, calizas y pizarras; estas últimas son impermeables, por lo que pueden presentar fenómenos tanto de geli-solifluxión como flujos. Y por último, en el fondo del valle principal se localizan las litologías propias de las zonas fluviales: los depósitos mixtos (coluvial, aluvial), depósitos fluviales distribuidos en barras y conos de deyección relacionados con los barrancos y canales de aludes.

4) Mapa de usos del suelo

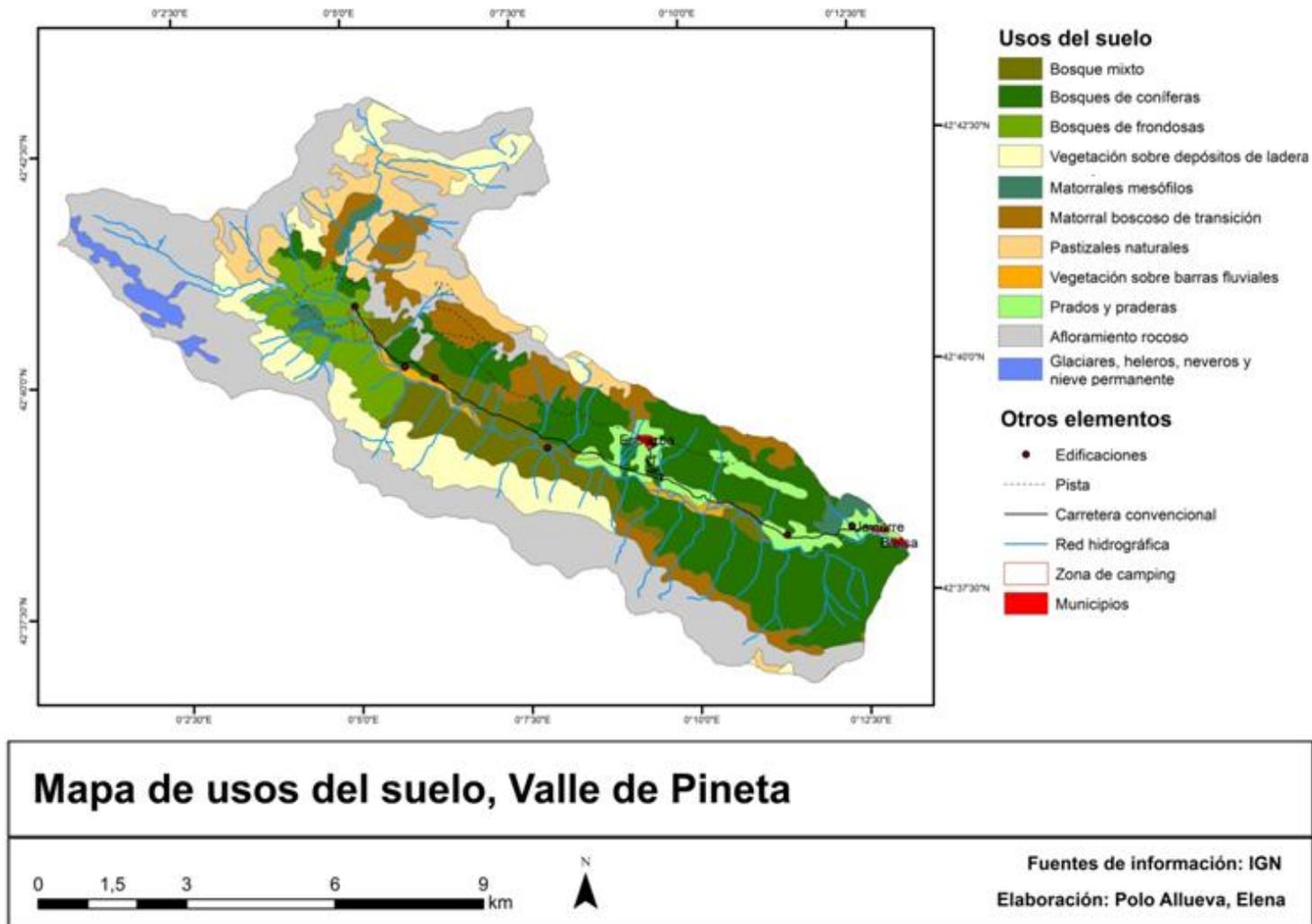


Figura 5.

Se observa un cambio de usos adaptados a la altura, pues en las zonas altas predominan los afloramientos rocosos desnudos, lo que deja al suelo vulnerable a cualquier proceso (gelifracción, disolución...). En cotas inferiores se asienta la vegetación sobre depósitos estables de ladera y en la zona norte también se localizan pastizales naturales. Conforme se desciende hacia el fondo del valle dominan las masas boscosas, sobre todo coníferas. Estas masas boscosas van a actuar como escudo protector del suelo, por lo que los posibles eventos de aludes, desprendimientos e inundaciones se ven amortiguados por la presencia de la vegetación, sobre todo por aquella de porte más alto. Y en el fondo del valle se combinan las masas boscosas con prados y praderas, además de la vegetación adaptada a las inestables barras fluviales.

En cuanto a los elementos de carácter antrópico, se localizan sobre todo en el fondo del valle; una carretera que recorre todo el valle (HU-V-6402) de manera paralela al cauce principal; y en la ladera de solana, a una mayor altura que la carretera se descubre una pista forestal, transversal a la máxima pendiente.

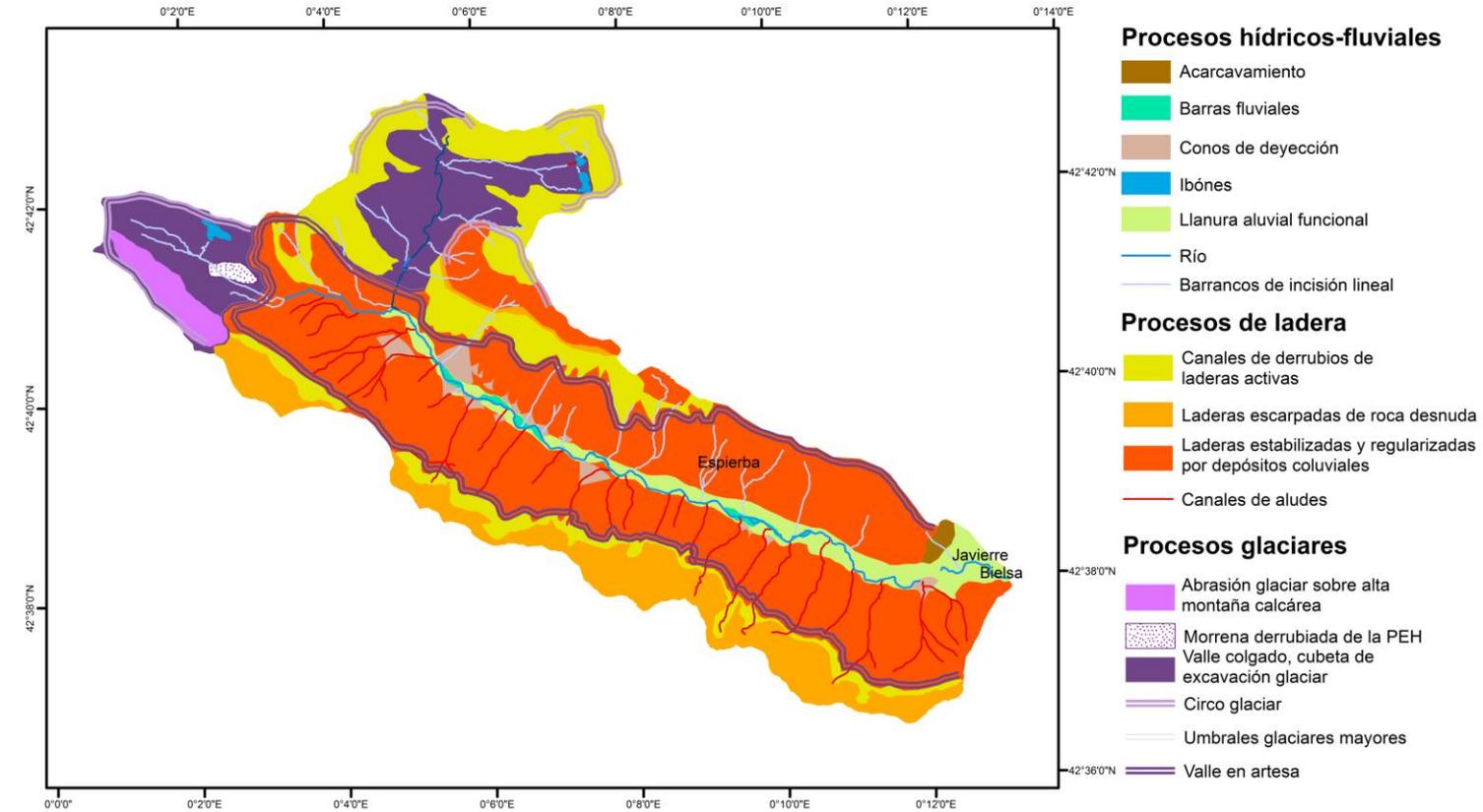
Las edificaciones de este valle se encuentran repartidas a lo largo del mismo y se distinguen dos zonas de camping, una en el centro del valle y otra en su extremo oriental. Ambos campings presentan las típicas instalaciones e infraestructuras ligadas a este tipo de servicio.

Por último, los municipios que se asientan sobre este valle son Espierba, Javierre y Bielsa; localizados los dos últimos en el inicio del mismo a baja cota (1000 m), mientras que Espierba se sitúa en el centro del valle con una posición respecto a la ladera más alta que los anteriores municipios (1400 m).

Por otro lado y en el entorno de la llanura aluvial se localizan tramos de obras de defensa, motas o gaviones, que refuerzan la seguridad de las orillas en las que se asientan los campings y algunos tramos de la carretera.

La ocupación antrópica del valle tiene un carácter marcadamente estacional, estival en los campings y en las actividades de turismo verde y deporte (montañismo, escalada...), e invernal en el caso del turismo de nieve (esquí de fondo en el valle de Pineta). Esto va a condicionar la exposición por zonas según la estación del año.

5) Mapa de procesos geomorfológicos



Mapa de procesos geomorfológicos, Valle de Pineta



Fuentes de información: IGN
Elaboración: Polo Allueva, Elena

Figura 6.

La morfología que presenta el Valle de Pineta está ligada a la acción glaciaria, a los procesos de ladera tras la fusión glaciaria y al modelado fluvial por parte del Cinca y su red hidrográfica.

Se distingue en primer lugar un gran valle glaciario en artesa con laderas estabilizadas en su mayoría y regularizadas por depósitos coluviales correspondientes a la Edad del Hielo o etapas anteriores. Sobre estas laderas se encajan canales de avalancha y barrancos de incisión lineal, que alimentan conos de deyección sobre el pie de la ladera y con la llanura aluvial como nivel de base.

El tramo superior de la orilla derecha en el valle de Pineta, Sierra de las Sucas, se escalona mediante escarpes calcáreos, que abastecen de clastos los taludes, en los que ubican su cabecera los canales de aludes (avalanchas de nieve y de derrubios) ya mencionados y algunos desprendimientos, que también se localizan en la margen izquierda y en la cuenca de La Larri, en este caso sobre sustrato también calcáreo, de edad paleozoica.

En cuanto al modelado glaciario, cabe destacar el circo de Pineta, en el que se conservan morfologías erosivas, circos y umbrales, y morfologías acumulativas, como la morrena de la PEH, así como la alta montaña calcárea sometida a la abrasión glaciaria generalizada. Por otro lado, en el valle glaciario colgado de La Larri, se diferencian circos, umbrales y una cubeta glaciaria colmatada por sedimentos mixtos, así como derrubios de ladera de la PEH e ibones de origen glaciario.

Por último, en cuanto a la red hidrográfica, se han diferenciado tres tipos de cursos; los canales de aludes, agentes complejos en su funcionamiento, transportando tanto agua, nieve, como derrubios, localizados casi todos ellos en la margen derecha; barrancos de incisión lineal, que se encuentran, favorablemente, en la margen izquierda y en los circos de Pineta y La Larri; por último el río Cinca que discurre por el fondo del valle, con un trazado de tipo *braided*, caracterizado por la presencia de barras fluviales, estables las más antiguas de la llanura aluvial e inestables, las más recientes con continuos cambios. Además, existen pequeños sectores donde la escorrentía superficial ha labrado cárcavas sobre las pizarras paleozoicas o las margas mesozoicas, tal y como se observa en el bajo tramo del valle de Pineta, junto a Javierre..

El relieve del valle de Pineta, deriva, en definitiva, de la dinámica geomorfológica no sólo actual, sino también de la derivada de procesos anteriores ligados al modelado glaciario a lo largo del Cuaternario. De forma que las laderas estabilizadas hoy y cubiertas de bosques de coníferas, corresponden a laderas activas durante periodos de clima más frío que el actual. Del mismo modo, el aspecto de valle en U de Pineta, uno de los mejores ejemplos de valle en artesa pirenaicos, corresponde a una etapa de máximo glaciario, en la actualidad drenado e incidido por la dinámica fluvial del río Cinca y sus tributarios. Igualmente las formas de acumulación glaciaria, morrena de la PEH del circo de Pineta, están sometidas a procesos de degradación hídrica. Por último los canales de

aludes, la gelifracción, el acarcavamiento, así como la disolución sobre las calizas, son procesos que han ido modificando su actividad en relación con las últimas oscilaciones climáticas.

Parámetros climáticos

1) Radiación potencial

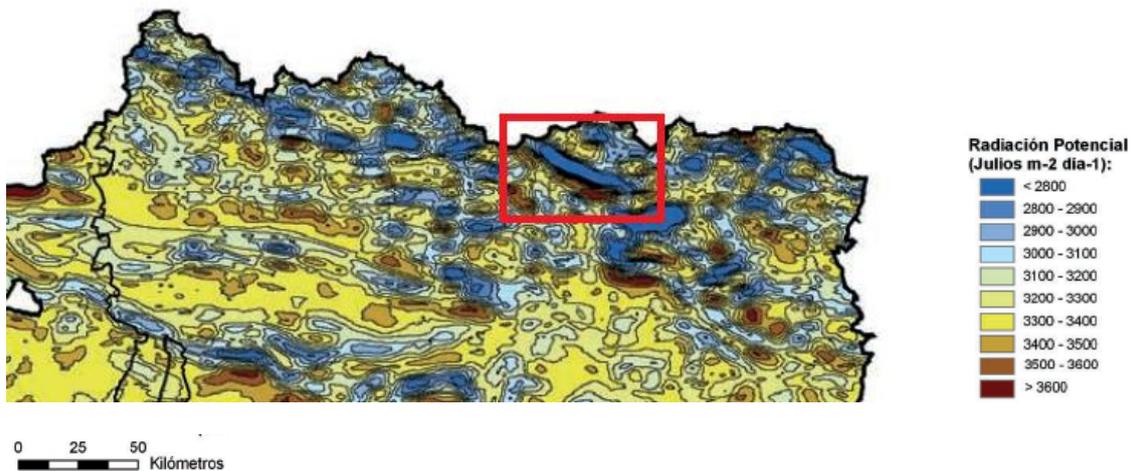
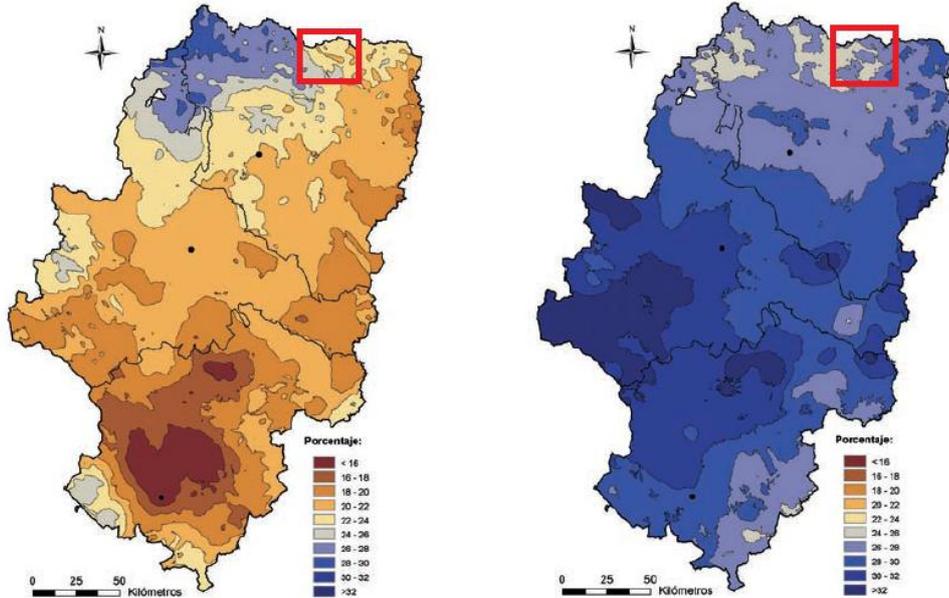


Figura 7. Fuente: Atlas Climático de Aragón (López, Cuadrat y Cabrera, 2007)

Como se puede observar en la ampliación del mapa de radiación potencial del Atlas Climático de Aragón (López, Cuadrat y Cabrera, 2007), el Valle de Pineta presenta una irradiación muy baja, exceptuando las cumbres y solana de la Sierra de las Cutas. Esta área de fuerte irradiación coincide con los picos más altos y con zonas de importante acumulación nival, lo que va a determinar una alta probabilidad de aludes y a su vez puede dar lugar a un aumento de caudal del río Cinca, a través de los canales excavados por la erosión hídrica.

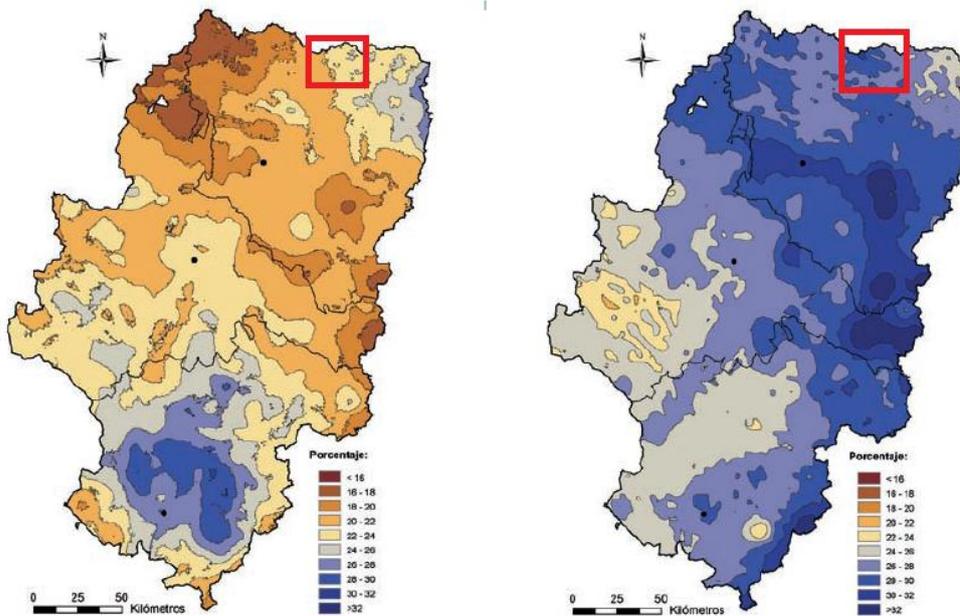
1) Porcentaje de la precipitación estacional con respecto al total anual



Figuras 8 y 9

Invierno

Primavera



Figuras 10 y 11

Verano

Otoño

En cuanto al porcentaje de la precipitación estacional con respecto al total anual se observa que son otoño y primavera las épocas de precipitación más cuantiosa. Esto determina que la peligrosidad en estos meses va a ser máxima, sobre todo en primavera en la cabecera del Valle de Pineta, donde además, coincide con los meses de deshielo, aumentando de esta manera el volumen de agua que discurre por las laderas y que recoge el río Cinca.

2) Probabilidad de acumulación de nieve

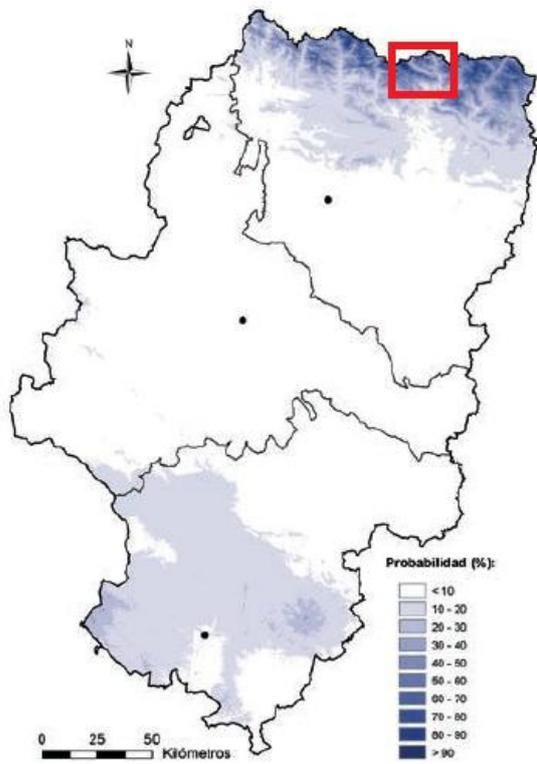
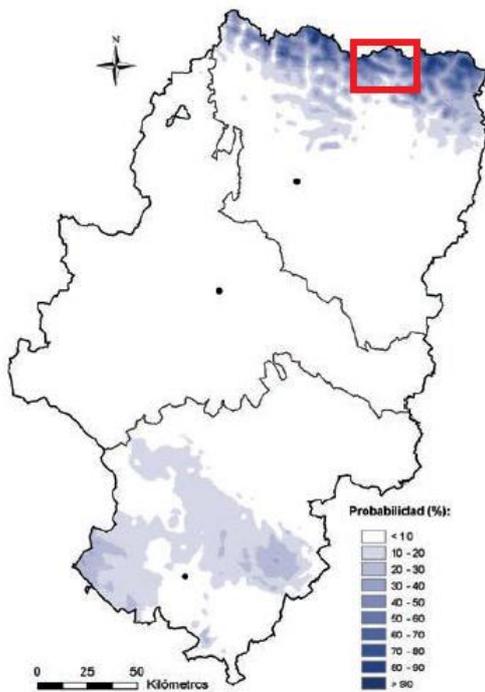


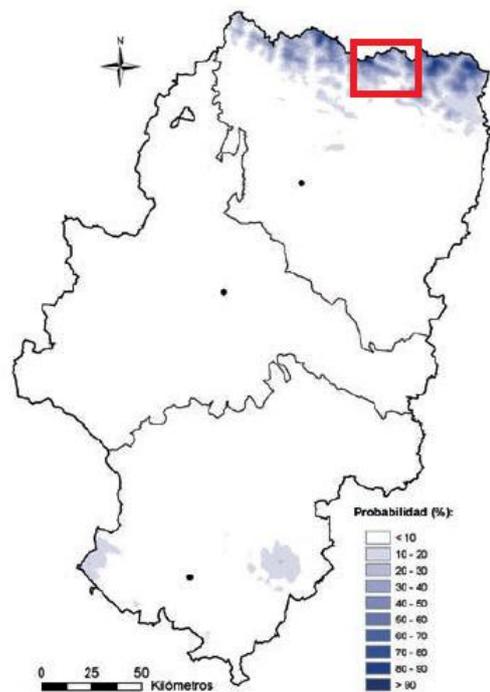
Figura 12.

Enero



Figuras 13 y 14.

Marzo



Abril

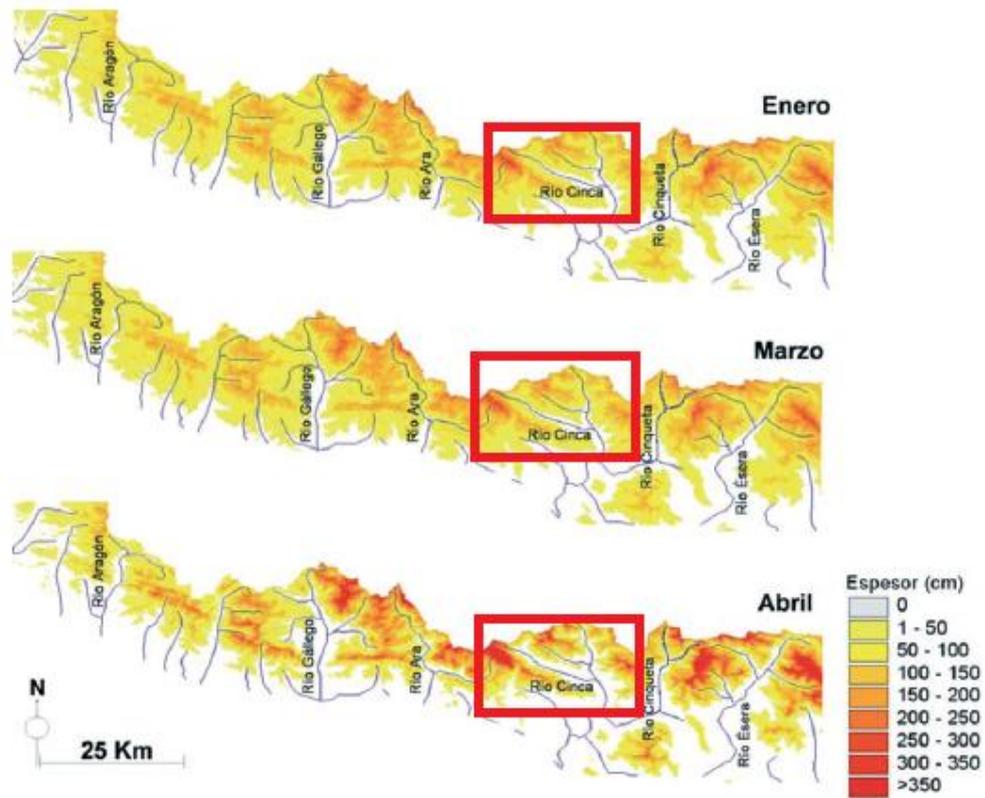
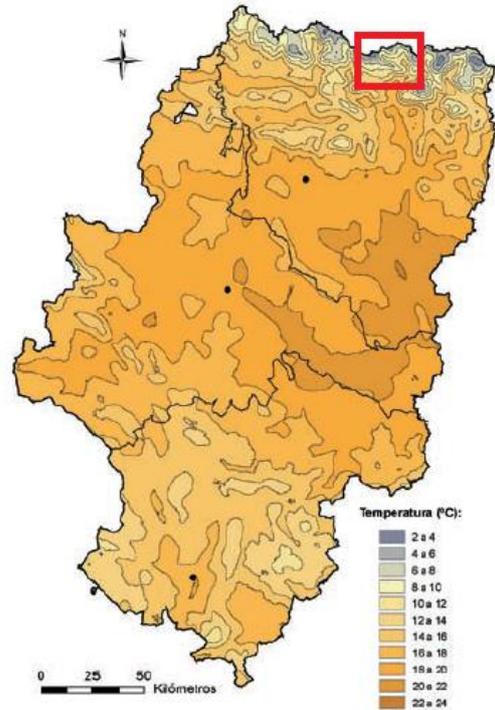
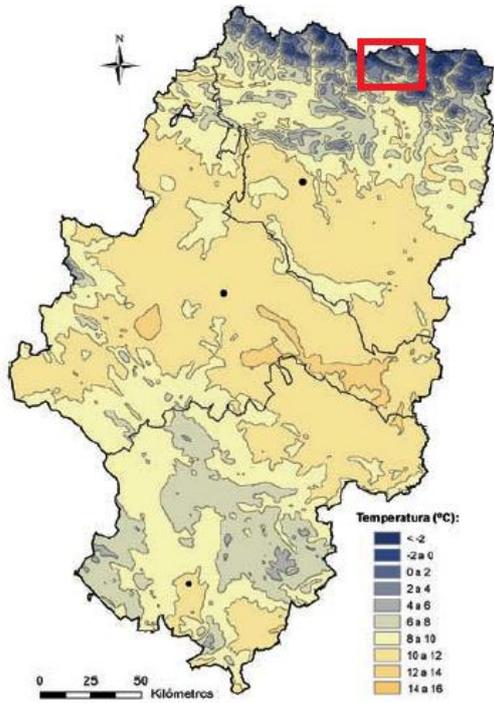


Figura 15.

Se observa, en las figuras 12, 13, 14 y 15, que es la Sierra de las Cutas la que acumula una mayor cantidad de nieve con un importante espesor; sobre todo en la zona de cabecera (Circo de Pineta) y en el mes de enero en el caso de probabilidad de acumulación de nieve, mientras que el espesor máximo se da en la misma zona pero en el mes de abril. Al igual que los parámetros climáticos mostrados anteriormente, es la ladera orientada al norte la que se ve más afectada por la potencialidad del riesgo.

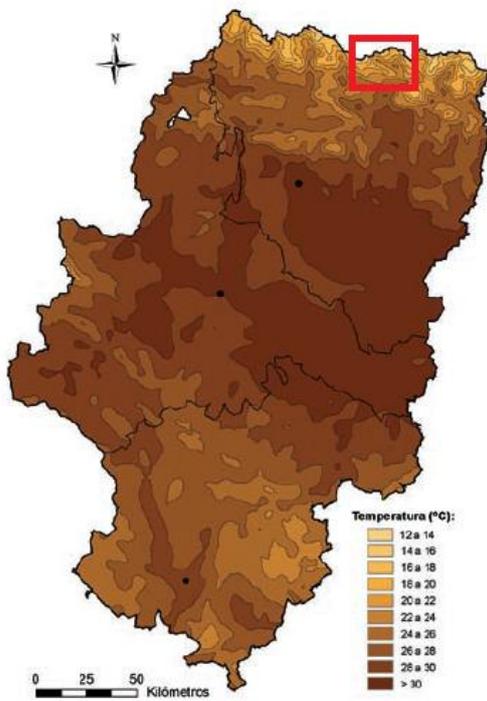
3) Temperatura media estacial

Máximas

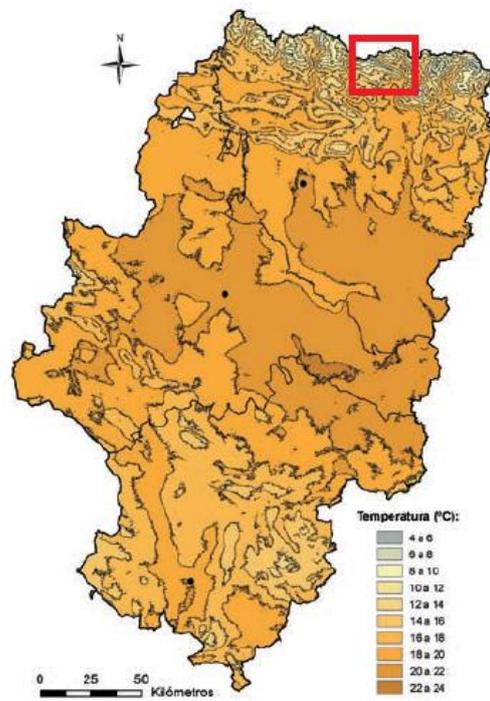


Figuras 16 y 17.

Invierno



Primavera



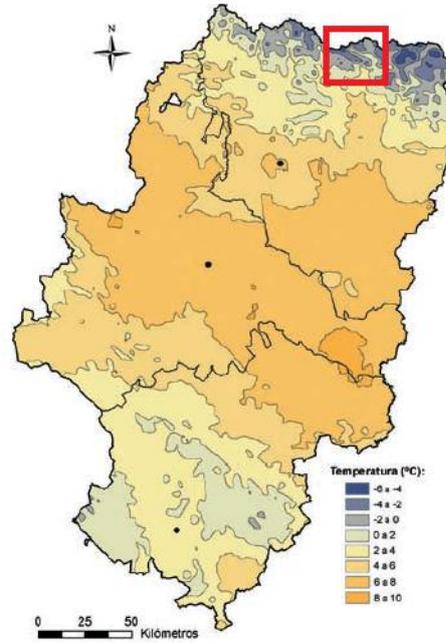
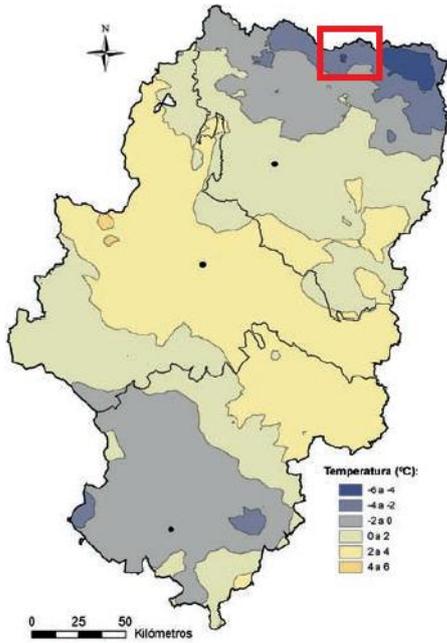
Figuras 18 y 19.

Verano

Otoño

La temperatura media de las máximas estacionales, marca en invierno unas temperaturas mínimas, tanto en la Sierra de las Cutas como en la cabecera del valle, lo que favorece la conservación de las masas nivosas. Por otro lado estas temperaturas se incrementan en primavera, verano y otoño; lo que da lugar a la fusión de las masas nivosas y a la desestabilización de las cubiertas de nieve acumuladas en las cumbres.

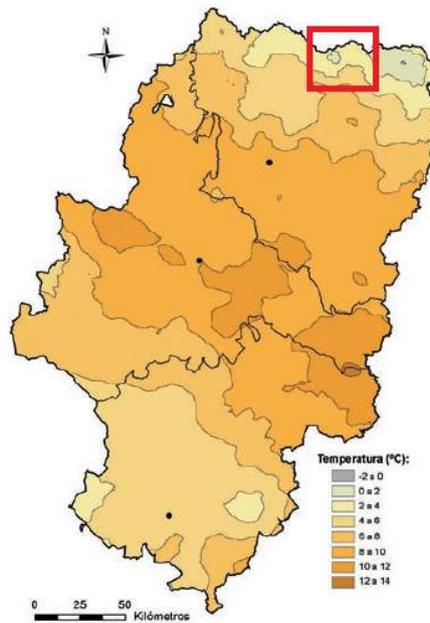
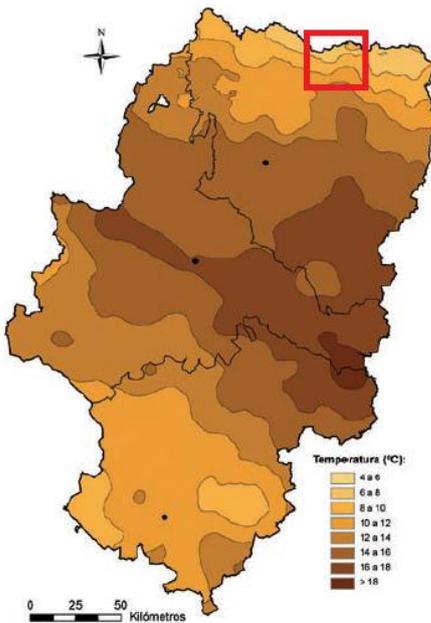
Mínimas



Figuras

20 y 21.

Invierno Primavera



Figuras 22 y 23.

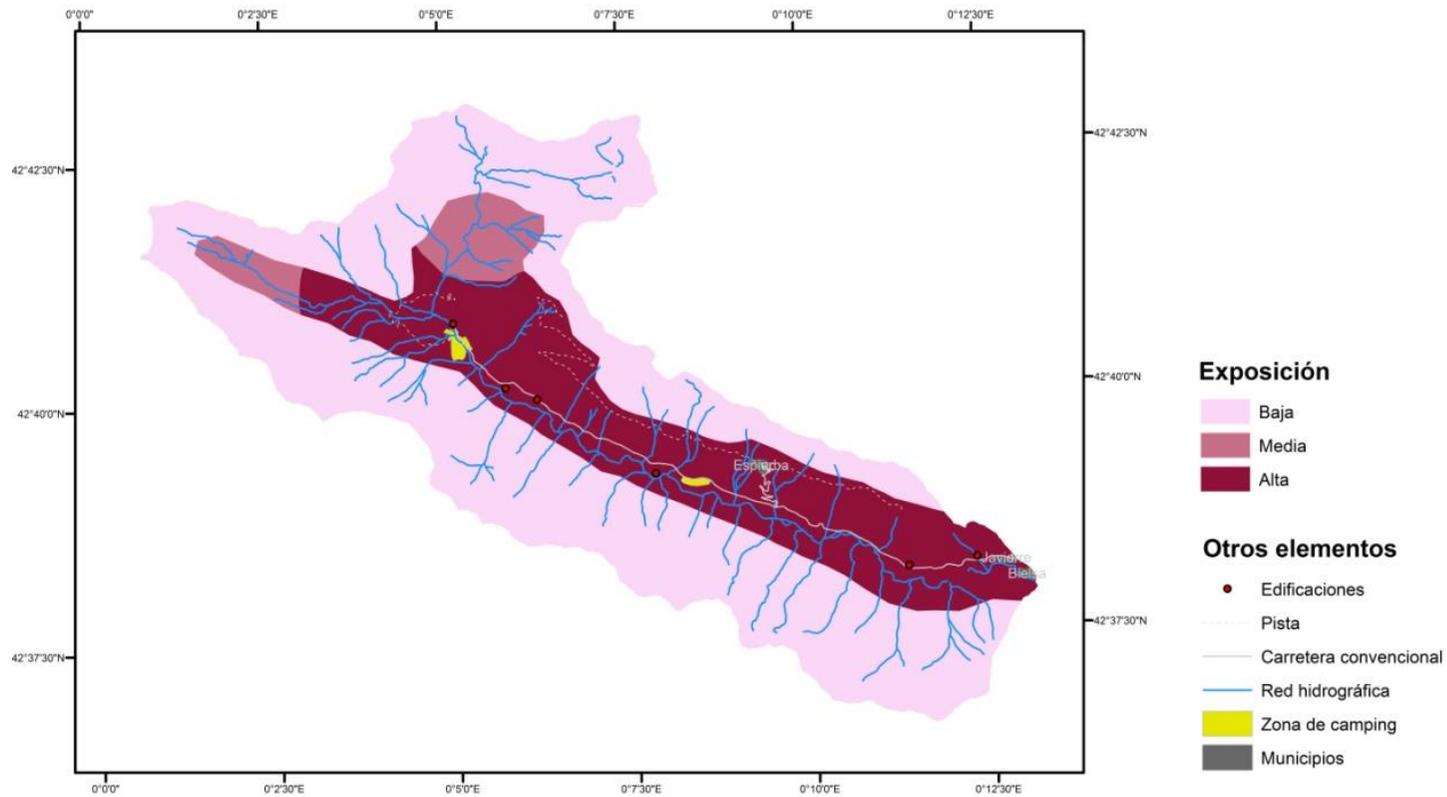
Verano

Otoño

En cuanto a las máximas estacionales, van a influir en el deshielo de las masas nivosas sobre todo en primavera, favoreciendo el desencadenamiento de aludes; mientras que en caso de las mínimas, los valores pueden conservar las acumulaciones de nieve y las van a mantener, especialmente en la Sierra de las Cutas.

Todos estos parámetros, en combinación con las características determinadas anteriormente para este valle (topografía, isoterma de 0°C, usos del suelo, litología y procesos geomorfológicos), determinan la zonificación del área de estudio según el acontecimiento de procesos de aludes, desprendimientos e inundaciones.

Zonificación de la exposición en el Valle de Pineta



Mapa de exposición, Valle de Pineta

0 1,5 3 6 9 km



Fuentes de información: IGN
Elaboración: Polo Allueva, Elena

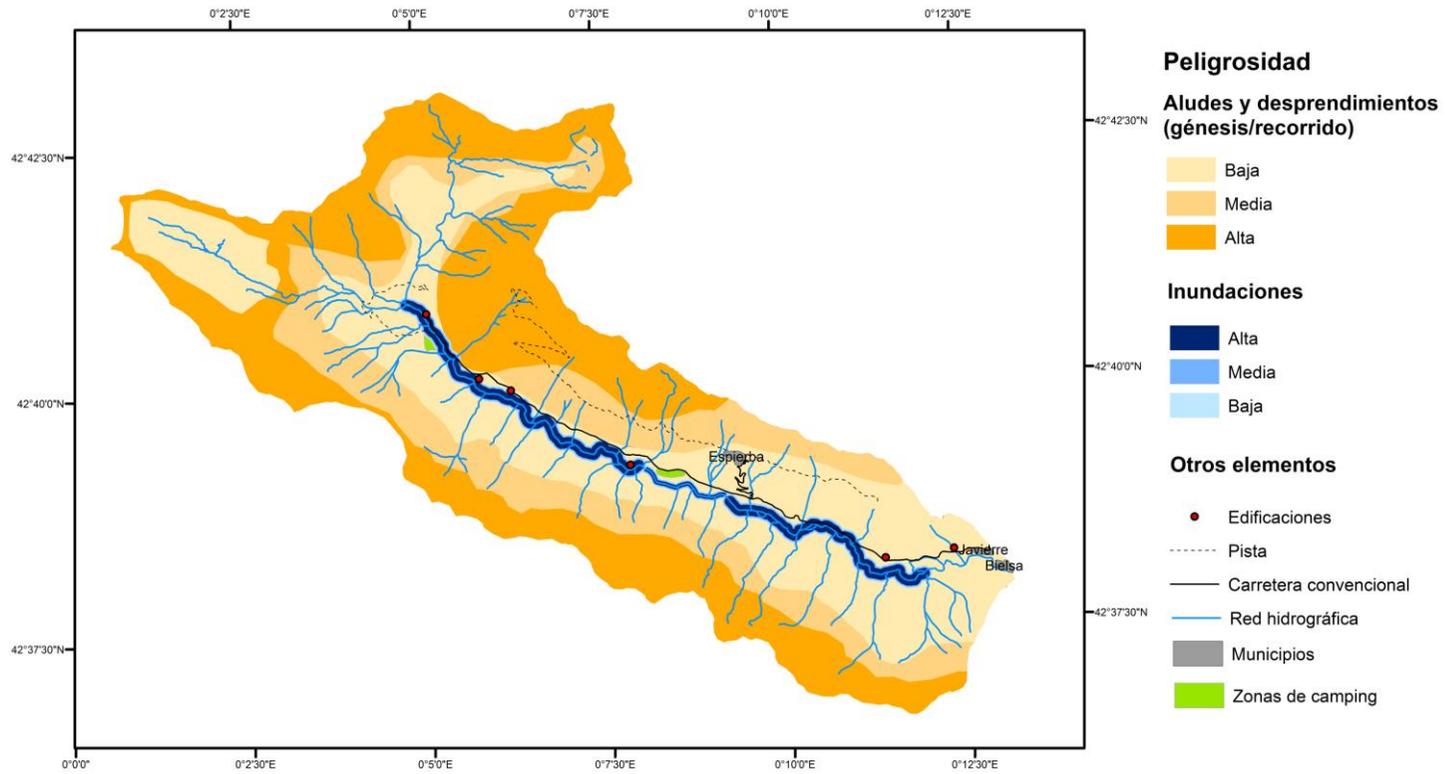
Figura 24.

A partir del mapa de usos del suelo se ha determinado el grado de exposición a la peligrosidad en el área de estudio, donde se observa una mayor exposición en el fondo del valle, ya que aquí se localizan los municipios de Espierba, Javierre y Bielsa; edificaciones de carácter disperso, las dos áreas de camping; además de la pista forestal y la carretera convencional que recorren el valle de manera paralela al río Cinca. Es decir que el área marcada con el tono más oscuro corresponde a la zona más accesible y, por tanto, la que concentra un mayor número de bienes y personas que pueden ser dañados por alguno de los procesos naturales estudiados.

Parte del Circo de Pineta y del valle colgado de La Larri presentan una exposición media, ya que son espacios con interés turístico, pero con una mayor dificultad de accesibilidad; y en las cotas más altas, las condiciones son más extremas con una mayor pendiente y un clima difícil, sobre todo en la época invernal, lo que limita la presencia de bienes y personas.

Por último hay que incidir en la estacionalidad de la exposición en este valle, estival en los campings y en la actividad ligada al turismo verde, e invernal en el caso del turismo de nieve.

Zonificación de la peligrosidad en el Valle de Pineta



Mapa de peligrosidad, Valle de Pineta

0 1,5 3 6 9 km



Fuentes de información: IGN
Elaboración: Polo Allueva, Elena

Figura 25.

La zonificación del valle en cuanto a la peligrosidad, se ha realizado a partir del mapa de pendientes, el de procesos geomorfológicos y el de la isoterma de los 0°; y se ha diferenciado una zona de alta peligrosidad de génesis de **aludes y desprendimientos** que bordea casi todo el valle donde, en la ladera orientada al norte y en el Circo de Pineta se presenta una peligrosidad de carácter bandeado, que se asocia principalmente a procesos de aludes, pues cuentan con fuertes pendientes, zonas desprovistas de vegetación y acumulación de nieve.

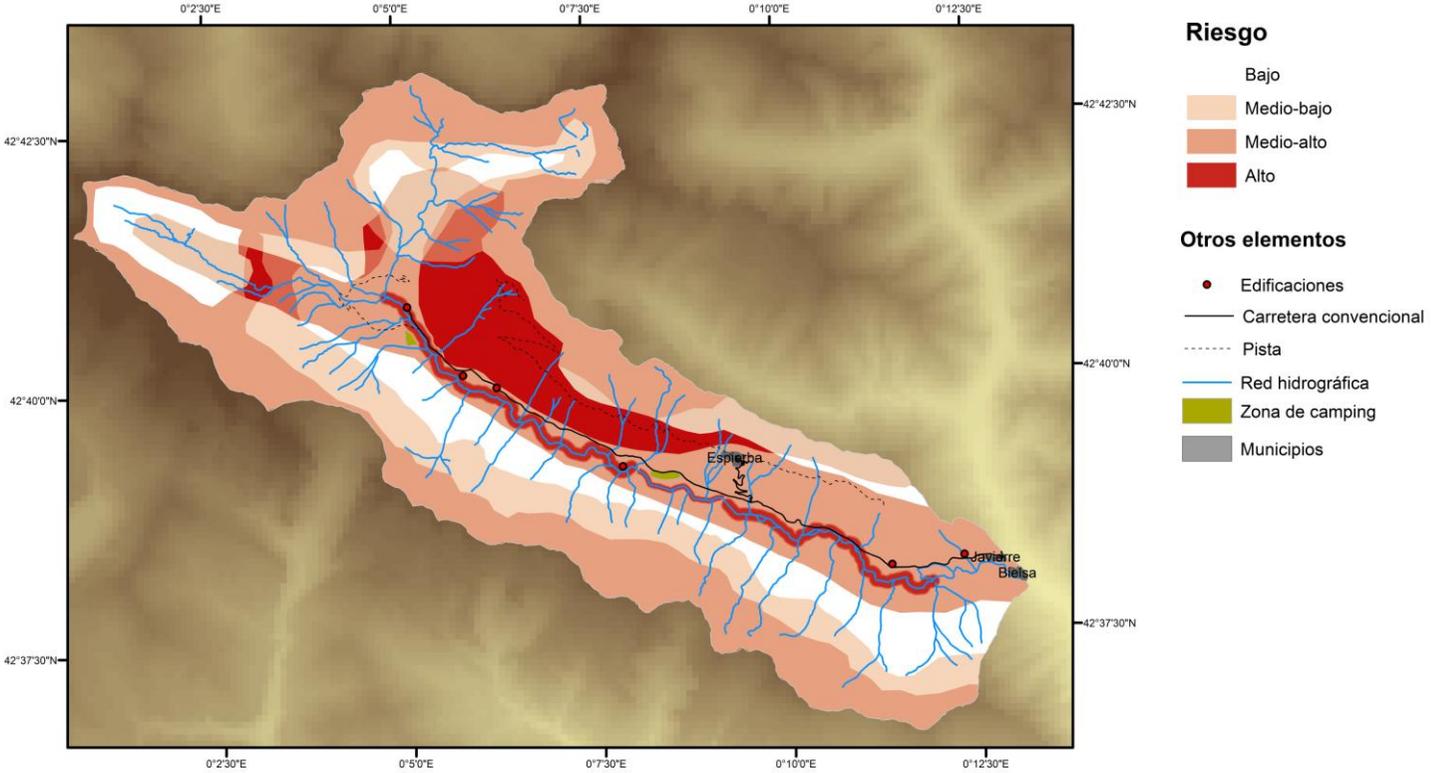
Por otro lado, en La Larri y la ladera orientada al sur, la alta peligrosidad se asocia a desprendimientos de ladera, ya que se localizan canales de derrubios en laderas activas en áreas con pendientes destacadas y vegetación que en algunos casos no es de alto porte, lo que favorece el movimiento de materiales de ladera. Hay que destacar que es un riesgo que puede bloquear sobre todo las vías de comunicación, ya que la pista forestal y la carretera quedan dentro de esta área de peligrosidad por desprendimiento.

La peligrosidad tanto de génesis de desprendimientos como de aludes, disminuye conforme nos acercamos a la parte baja del valle, debido al incremento de áreas cubiertas por vegetación de alto porte y la suavización de las pendientes.

Por último la probabilidad de **inundaciones** se localiza en el fondo del valle, donde confluyen tanto los canales de aludes como los barrancos de incisión lineal que alimentan el Cinca mediante la fusión nival y los propios caudales hídricos. Se ha zonificado la peligrosidad de inundación según el criterio morfológico de la llanura de inundación en cada tramo; de esta manera entre la presa de Pineta y Bielsa la peligrosidad más alta se localiza hasta los 10 m de distancia con respecto al cauce; media a los 15 m y baja a los 20 m; por encima del embalse, el cauce se ensancha bastante y los valores cambian llegando a una anchura de 100 m para la franja de alta peligrosidad, 125 m para la media y 150 m para la baja; en el tramo próximo al camping más oriental los tres valores de riesgo vuelven a disminuir por el estrechamiento del cauce y pasan a 40, 60 y 80 m de distancia al *talweg*; aguas arriba y ya hasta el parador se vuelve a ensanchar y los valores son 100 m de distancia para la alta peligrosidad, 125 m para la media y 150 m para la baja.

Hay que prestar especial atención a los eventos de inundación primaverales, alimentados por elevadas precipitaciones y fusión nival, puesto que como se aprecia en el mapa, este riesgo afecta a las áreas donde se concentra gran parte de la población en el Valle de Pineta.

CONCLUSIONES: Mapa de riesgos



Mapa de riesgos, Valle de Pineta

0 1,5 3 6 9 km

Fuentes de información: IGN
Elaboración: Polo Allueva, Elena

Figura 26.

Como resultado final del tratamiento y la interpretación de la información, se ha realizado el mapa de riesgos del Valle de Pineta, el cual se ha obtenido de la combinación del mapa de exposición y el mapa de peligrosidad según “ $R = P \times E \times V$ ”.

Se observa en el mapa, que tras la combinación de los factores exposición y peligrosidad, la ladera de umbría se zonifica con tres áreas de riesgo bajo, medio-bajo y medio-alto donde, como se ha visto anteriormente, los eventos más destacados que se pueden producir son los aludes. Estos están favorecidos por una topografía abrupta, combinada con un suelo desnudo y una acumulación nival permanente según la isoterma de los 0°C; sin embargo esta ladera no cuenta con infraestructuras antrópicas, por lo que se reduce la exposición y de esta manera el riesgo es menor que en el caso de la ladera contraria. Esta zonificación es similar en La Larri y en el Circo de Pineta.

Por otra parte, en la ladera de solana, se localizan áreas con pendientes elevadas que, combinadas con una exposición alta, delimitan un área de alto riesgo, la más extensa de todo el valle. En esta zona la combinación de fuertes precipitaciones, suelo con escasa vegetación de alto porte y alta exposición, sobre todo en primavera y verano (turismo verde), favorece la concurrencia de desprendimientos de ladera, que pueden llegar a afectar las vías de comunicación del valle y las zonas de camping u otras edificaciones. Hacia la parte baja del valle el riesgo disminuye a causa de una menor peligrosidad, puesto que las características topogeomorfológicas y la cubierta vegetal amortiguan estos desprendimientos, sin embargo la exposición se mantiene a lo largo del valle, siendo máxima en el fondo del mismo.

En el caso del fondo del valle, hay que prestar especial atención a la ocurrencia de avenidas provocadas por procesos de deshielo, sobre todo en los meses de final de primavera y comienzo de verano, donde la fuerte radiación da lugar a la fusión de la nieve. Si esta fusión coincide con periodos de fuertes lluvias, el riesgo se incrementa, puesto que aumenta el caudal del Cinca, en un área donde se concentra la mayor cantidad de población, edificaciones y diferentes usos (Bielsa, Parador, campings y edificaciones dispersas).

En definitiva, la elaboración de una cartografía de riesgos del Valle de Pineta permite su utilización como un instrumento en la gestión y planificación territorial (ordenación, planeamiento urbano, planificación de infraestructuras públicas, gestión de emergencias, etc). Este tipo de cartografía está cobrando gran interés, puesto que en las últimas décadas, la balanza del riesgo se ha inclinado del lado de la vulnerabilidad y de la exposición antrópica a los peligros naturales. Se vive en una “sociedad de riesgo”, que fabrica “territorios de riesgo” (Olcina y Ayala, 2002).

En el caso en concreto del Valle de Pineta, se deduce que hay que prestar principal atención a las cotas más bajas donde hay una mayor exposición, sobre todo en las estaciones de primavera y verano, ya que es el periodo más vulnerable en relación con el turismo verde; son áreas que se pueden ver afectadas por avenidas, desprendimientos de ladera y en menor medida aludes. No obstante, esta actividad de turismo verde y deportivo, llevada a cabo por senderistas, montañeros, escaladores, se

ha incrementado en los últimos tiempos, frecuentando cada vez más la alta montaña y con ello la exposición ante el riesgo, bien sea de aludes o desprendimientos.

En conclusión la elaboración de cartografía de riesgos para el Valle de Pineta ha cumplido el principal objetivo de zonificar este espacio en cuanto a peligrosidad, exposición y riesgo para una mejor gestión del valle. No obstante, las labores de planificación de usos de suelo e infraestructuras que amortigüen la exposición deben ser llevadas a cabo mediante cartografías temáticas como las que se recogen en el presente trabajo, pero con una escala de mayor detalle, llegando a valores de 1:1000, si es necesario, y acompañadas por una intensa labor de campo.

Finalmente, se pueden destacar las zonas de camping y edificaciones dispersas como áreas con necesidad de una gestión más eficaz de manera que se anule el riesgo que en la actualidad presentan. Una de las medidas de intervención a aplicar es la ya existente creación de diques que protegen, hasta cierto punto, estas zonas de posibles eventos de avenidas, lo que puede generar un impacto paisajístico y/o modificación de las condiciones naturales relativas tanto al comportamiento hidromorfológico del Cinca, como a los ecosistemas fluviales asociados. Por otro lado, la medida más eficaz y que reduciría el riesgo a cero, es la relocalización de estos usos o la eliminación de los mismos, pues no hay que olvidar que también se pueden ver afectados por los desprendimientos de la ladera de la margen izquierda del río Cinca. En relación a los municipios, Bielsa y Javierre, no presentan un alto riesgo derivado de los procesos naturales y Espierba, por otro lado, se puede ver afectado por los desprendimientos de ladera, los cuales se amortiguarían con una densa masa vegetal de alto porte, ya que no genera un impacto visual destacado, respetando así el paisaje natural que caracteriza al Valle de Pineta.

BIBLIOGRAFÍA

A. Julián Andrés, J. L. Peña Monné, J. Chueca Cía, J. Zabalza Martínez, A. Lapeña Laiglesia e I. López Moreno. “*Cartografía de zonas probables de aludes en el Pirineo aragonés: metodología y resultados*”.

J. L. Peña Monné, J. Chueca Cía, F. Pellicer Corellano, A. Julián Andrés, M. T. Echeverría Arnedo, M. V. Lozano Tena y M. Sánchez Fabre. “*Mapa geomorfológico de Aragón*”.

J. M. García Ruiz, J. L. Peña Monné, C. Martín Bono, A. Gómez Villar, A. Constante Orríos y M. Espinalt Brillas. “*El relieve del Alto Aragón occidental. Cartografía y síntesis geomorfológica*”.

C. Martín Bono y J. M. García Ruiz. “*El glaciario surpirenaico: nuevas aportaciones*”.

J. Chueca Cía y F. Lampre Vitaller. “*Cuadernos altoaragoneses de trabajo, 21. Los glaciares altoaragoneses*”.

Documentos de la asignatura de riesgos naturales proporcionados por A. Ollero.