

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

E. T. S. I. MINAS

Titulación: Ingeniero Geólogo

PROYECTO FIN DE CARRERA

Departamento:

MATEMÁTICA APLICADA Y MÉTODOS INFORMÁTICOS

PROYECTO FIN DE CARRERA

**MAPA DE PELIGROSIDAD POR AVENIDAS
TORRENCIALES EN LA ISLA DE EL HIERRO**

José Antonio Morata Barrado

Septiembre 2012

TITULACIÓN: INGENIERO GEÓLOGO

Autorizo la presentación del proyecto

**MAPA DE PELIGROSIDAD POR AVENIDAS
TORRENCIALES EN LA ISLA DE EL HIERRO**

Realizado por

José Antonio Morata Barrado

Dirigido por

Pr. D. Carlos Paredes Bartolomé

y

D. Luis Laín Huerta

Instituto Geológico y Minero de España

Firmado: **Pr. D. Carlos Paredes Bartolomé**

Fecha:

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Luis Laín Huerta la concesión de una beca en el Instituto Geológico y Minero de España, que me ha dado la oportunidad de aprender junto a él, y poder realizar este proyecto, así como a los demás miembros del proyecto MODEX, Mario Hernández Ruiz, Celia Rodríguez Delgado y Roberto Sarro Trigueros, por su ayuda a lo largo de estos meses de trabajo. Quiero agradecer al Instituto Geológico y Minero de España todos los medios prestados durante el tiempo de elaboración del proyecto.

A Carlos Paredes Bartolomé, por su dirección y dedicación durante todo el tiempo que estuve realizando este proyecto.

A mi familia, amigos, compañeros de carrera y a ti, Mariapi, por todo vuestro apoyo a lo largo de estos muchos años de carrera.

Muchas gracias a todos.

ÍNDICE

RESUMEN	VI
ABSTRACT	VI
DOCUMENTO 1: MEMORIA	
1 OBJETIVO Y ALCANCE	2
2 ANTECEDENTES	3
3 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA	5
3.1 MARCO GEOLÓGICO	5
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	12
3.3 CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS	14
4 METODOLOGÍA.....	15
4.1 INTRODUCCIÓN.....	15
4.2 RESUMEN METODOLOGÍA.....	16
4.3 MÉTODOS GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICOS	17
4.4 MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS Y CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA	22
4.5 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL ESTUDIO DE EL HIERRO	24
5 DELIMITACIÓN CUENCAS HIDROGRÁFICAS	27
5.1 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES	27
5.2 TRATAMIENTO DEL MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES	31
5.3 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LAS CUENCAS	38
5.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS	40
6 ESTUDIO MORFOMÉTRICO	41
6.1 VARIABLES MORFOMÉTRICAS.....	41
6.2 VARIABLES SELECCIONADAS PARA ESTE PROYECTO	43
7 ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD.....	50
7.1 ÁREA	50

7.2 CIRCULARIDAD	51
7.3 COMPACIDAD	52
7.4 ELONGACIÓN	53
7.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	54
7.6 PENDIENTE	55
8 ANÁLISIS GENERAL DE PELIGROSIDAD	56
9 CONCLUSIONES	59
10 BIBLIOGRAFÍA	60

DOCUMENTO 2: ESTUDIO ECONÓMICO

1 COSTE DEL ESTUDIO.....	66
---------------------------------	-----------

DOCUMENTO 3: ANEXOS

ANEXO A: APLICACIONES INFORMÁTICAS	68
A.1 ARCGIS-ESRI.....	69
A.2 ARCHYDROOTOOLS	73
A.3 HEC-GEOHMS	74
ANEXO B: ANÁLISIS DE DATOS.....	76
B.1 TABLAS DE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS	77
ANEXO C: LEGISLACIÓN APlicable	102
C.1 DIRECTIVA INSPIRE	103

DOCUMENTO 4: PLANOS

PLANO 1 MAPA TOPOGRÁFICO

PLANO 2 MAPA GEOLÓGICO

PLANO 3 MAPA DE PELIGROSIDAD

ÍNDICE DE FIGURAS

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Figura 1: Localización de la Isla de El Hierro	3
Figura 2: Ejes estructurales en el volcanismo en las Islas Canarias.	6
Figura 3: Edificios volcánicos de la Isla de El Hierro	7
Figura 4: Imagen 3D de la batimetría y topografía de El Hierro.....	11
Figura 5: Esquema estructural de El Hierro	11
Figura 6: Evolución de la población en la Isla de El Hierro.....	14
Figura 7: Mapa topográfico de la Isla de El Hierro	14
Figura 8: Cuadro de los principales métodos para el análisis de la peligrosidad	15
Figura 9: Camino seguido a través del cuadro de métodos para análisis de peligrosidad ...	16
Figura 10: Ejemplos de cuencas de recepción.	18
Figura 11: Clasificación básica de los tipos de ríos.....	20
Figura 12: Forma más frecuente de la estructura de un torrente	21
Figura 13: Formas características en las corrientes fluviales.	22
Figura 14: Fragmento de la leyenda del mapa de peligrosidad por inundaciones	24
Figura 15: Esquema de la metodología empleada en el estudio de El Hierro	26
Figura 16: Modelo digital de sombras.....	29
Figura 17: Mapa de pendientes de la Isla de El Hierro.....	30
Figura 18: Relleno de las depresiones del MDE con ayuda comando Fill Sinks.	31
Figura 19: Representación de los valores asignados a cada dirección de flujo.	32
Figura 20: Representación del comando Flow Accumulation.....	33
Figura 21: Red sintética de corriente creada con el comando Stream definition	34
Figura 22: Comparación de la red hidrográfica real y la red sintética.....	34
Figura 23: Representación del comando Stream Segmentation	35
Figura 24: Polígonos resultantes del Catchment Grid Delineation.....	36
Figura 25: Capa vectorial generada con el comando Catchment Polygon Processing	36

Figura 26: Capa resultante de utilizar el comando Drainage Line Processing	37
Figura 27: Comando Adjoint Catchment Polygon Processing.....	38
Figura 28: Resultado de unir las cuencas con Basin Merge.....	38
Figura 29: Capa resultante de aplicar comando Longest Flow Path.	39
Figura 30: Numeración de las cuencas hidrográficas de El Hierro	44
Figura 31: Mapa de peligrosidad basado en el área de las cuencas	50
Figura 32: Mapa de peligrosidad basado en el índice de circularidad.....	51
Figura 33: Mapa de peligrosidad basado en el índice de compacidad.....	52
Figura 34: Mapa de peligrosidad basado en el índice morfométrico de elongación	53
Figura 35: Mapa de peligrosidad de tiempo de concentración	54
Figura 36: Mapa de peligrosidad según la pendiente.	55
Figura 37: Mapa de peligrosidad basado en el estudio de parámetros morfométricos	58

ÍNDICE DE TABLAS

DOCUMENTO 1: MEMORIA

Tabla 1: Medidas geométricas obtenidas con la aplicación Zonal Geometry	40
Tabla 2: Número de cuenca y áreas de las cuencas estudiadas en este proyecto	45
Tabla 3: Principales tipos de índices y construcciones morfométricas	46
Tabla 4: Ejemplo del estudio índice de peligrosidad para cuenca número 1	49
Tabla 5: Ejemplo del estudio índice de peligrosidad para cuenca número 2.....	49
Tabla 6: Valoración de peligrosidad para cada cuenca	57

DOCUMENTO 2: ESTUDIO ECONÓMICO

Tabla 7: Tabla resumen de costes del proyecto	66
---	----

RESUMEN

El objetivo de este proyecto es el estudio y creación de un mapa de cuencas peligrosas para avenidas torrenciales en la Isla de El Hierro, provincia de Santa Cruz de Tenerife (Islas Canarias). Para ello se realizará un estudio de la zona basado en los índices morfométricos que describen cada cuenca, empleando un sistema de información geográfica (ArcGIS).

Se realizará un estudio cualitativo de todos los posibles índices morfométricos a aplicar y se seleccionarán aquellos más determinantes para evaluar la peligrosidad geológica. El análisis morfométrico permitirá caracterizar, por un lado, la configuración hídrica, y por otro lado, sus modelos de organización hidrológica y su capacidad de respuesta ante episodios extremos de precipitación. A partir de estas características, se determinarán las zonas de peligrosidad, generando un mapa de peligrosidad para las personas.

ABSTRACT

The aim of this project is to study and create a map of threatening flash floods watersheds on the Island of El Hierro, Santa Cruz de Tenerife (Canary Islands). This will involve a study of the area based on morphometric indices describing each basin using a geographic information system (ArcGIS).

There will be a qualitative study of all possible morphometric indices to apply and select those most crucial to assess the geological hazard. The morphometric analysis will characterize on the one hand, water settings, and on the other hand, their hydrological models of organization and ability to respond to extreme precipitation events. From these characteristics areas of risk, will be identified and there will be created a hazard map for people.

**MAPA DE PELIGROSIDAD POR AVENIDAS
TORRENCIALES EN LA ISLA DE EL HIERRO**

DOCUMENTO 1: MEMORIA

1 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo del presente proyecto es el estudio y creación de un mapa de peligrosidad por avenidas torrenciales en las cuencas hidrográficas existentes en la Isla de El Hierro, en la provincia de Santa Cruz de Tenerife (Islas Canarias) basado en un análisis cualitativo de las características morfométricas de cada una de las cuencas.

Para elaborar este mapa se realizará un estudio de la zona mediante un sistema de información geográfica (ArcGIS); este proceso tiene como objeto la delimitación de las cuencas en la Isla de El Hierro y la obtención de las características morfométricas necesarias para el análisis de las mismas. Una vez que se haya obtenido esta información, se procederá a realizar el análisis cualitativo de dichas características, que permitirá seleccionar aquellos condicionantes morfométricos más importantes para evaluar la peligrosidad por avenidas torrenciales. En función de los datos obtenidos se realizará la distribución de peligrosidad para cada una de las cuencas.

Después de efectuar el análisis de la información obtenida, se darán las recomendaciones oportunas para su utilización, como su empleo en el futuro para diferentes tipos de usos, tanto a largo plazo -por ejemplo, en la Ordenación territorial-, como a corto plazo -como herramienta para la gestión de crisis provocadas por episodios de lluvias torrenciales-, y un posible punto de partida para el diseño de estrategias mitigadoras de sus efectos.

Por último se debe recordar que se seguirá una metodología concreta, que se detallará más adelante, para la creación, elaboración y posterior estudio del mapa de peligrosidad, que nos servirá como protocolo de elaboración y análisis de este tipo de mapas.

2 ANTECEDENTES

Los efectos que se producen debido a las inundaciones son uno de los mayores peligros naturales en nuestro país, según un estudio realizado por el IGME en colaboración con el Consorcio de Compensación de Seguros en 2004, las pérdidas económicas directas por inundaciones durante el periodo 1987-2002 ascendieron a casi 12.000 millones de euros, es decir, el equivalente al 0,1 % del PIB, y más en concreto, los que se deben a las lluvias torrenciales que se producen en algunas áreas determinadas, como por ejemplo los que afectan a torrentes, barrancos y arroyos que, en situaciones de precipitaciones intensas por focos tormentosos generados por la orografía de la zona -sobre todo en los meses de verano-, pueden dar lugar a inundación de poblaciones; afectan a laderas y piedemontes de los principales sistemas montañosos de la península y también a los de las islas (Díez-Herrero *et al*, 2008), como en el caso de este estudio, en las Islas Canarias (Figura 1).

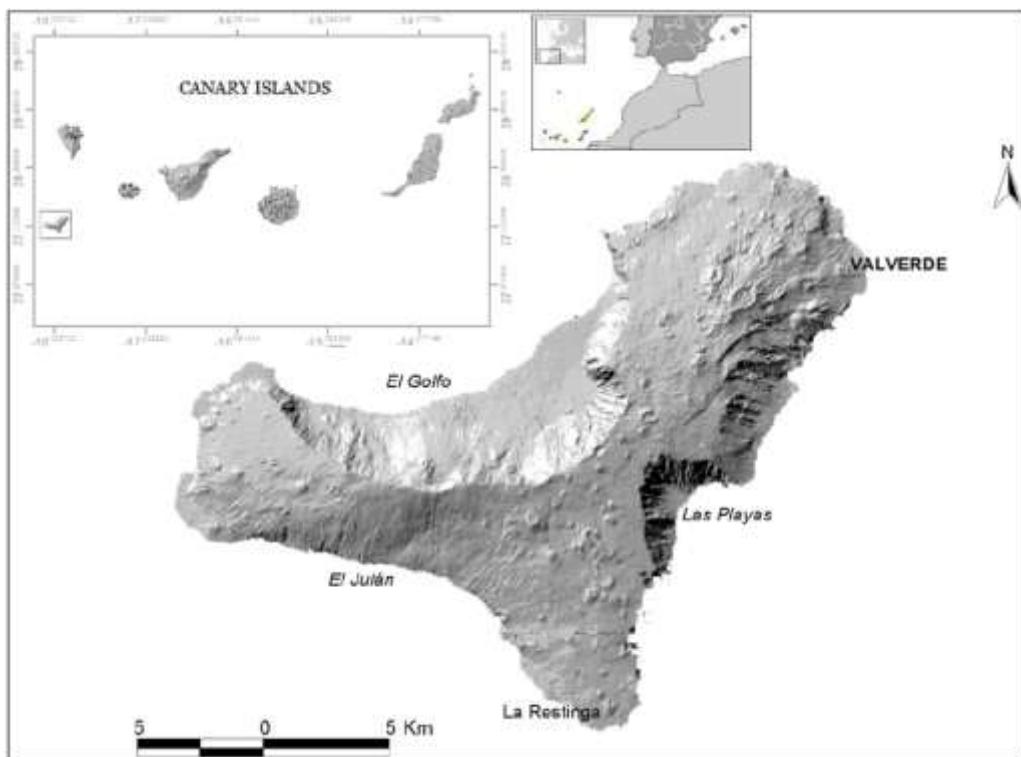


Figura 1: Localización de la Isla de El Hierro

A continuación se van a relatar unos hechos que se produjeron en el archipiélago canario y que afectaron a la Isla de El Hierro. La tormenta tropical Delta afectó a las Islas Canarias (España) y a Madeira (Portugal) en noviembre de 2005 y en enero del año 2007, se produjo en El Hierro un fuerte temporal, con episodios de intensas lluvias que afectaron con especial fuerza a toda la isla. «Los índices pluviométricos registrados, de hasta más de 500 litros por metro cuadrado escasamente en el tiempo de un día, desbordaron cualquier previsión y produjeron

múltiples desbordamientos en cauces de barrancos que arrasaron viviendas y vehículos, y causaron importantes daños en diversas infraestructuras», recoge el texto del Real Decreto del 2007. Además, el temporal originó graves y cuantiosos daños en infraestructuras públicas, especialmente en la red viaria principal y secundaria, redes de alumbrado y telefonía, infraestructuras hidráulicas e instalaciones medioambientales.

Teniendo en cuenta estudios previos (Romero Ruiz et al, 2004) en la zona de las Islas Canarias, todas las islas están afectadas por intensos aguaceros de 50 mm en menos de 24 horas, capaces de desencadenar el funcionamiento esporádico de los sistemas hídricos. Por los hechos acaecidos en la Isla de El Hierro y los estudios antes mencionados se debería realizar un análisis objetivo de los peligros, actuales y futuros, que nos permita minimizar los efectos que se produzcan o se puedan producir en este territorio por estos fenómenos de lluvias torrenciales.

En este contexto, la cartografía de peligrosidad es un componente básico para estos estudios (Díez-Herrero *et al*, 2008), ya que permite evaluar eficazmente la distribución espacial de los diferentes elementos, la severidad y la frecuencia del fenómeno de la inundación. Además, presenta la utilidad de poder cruzar los mapas y las bases de datos asociadas a ellos, con las cartografías de exposición y vulnerabilidad, para analizar y prevenir el riesgo de forma integrada, empleando para ello herramientas como los sistemas de información geográfica (SIG).

3 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA

3.1 MARCO GEOLÓGICO

La Isla de El Hierro es geológicamente algo más joven que La Palma. La actividad del volcanismo subaéreo se inicia en El Hierro con el desarrollo del edificio Tiñor, en la zona Noreste de la isla, desde aproximadamente 1,12 a 0,88 millones de años. Al formarse sobre una fuente magmática estacionaria, ofrece un perfecto desarrollo concéntrico, con edificios superpuestos y un sistema regular de dorsales triples.

3.1.1 FORMACIÓN DE LAS ISLAS CANARIAS

Las principales hipótesis geológicas sobre la génesis del archipiélago canario se enmarcan, a grandes rasgos, en causas térmicas y causas tectónicas (Anguita y Hernán, 1999). Las térmicas son variantes de la supuesta existencia de un punto caliente, como parece ocurrir en el vulcanismo de Hawái y otros archipiélagos volcánicos oceánicos. Las hipótesis tectónicas propuestas para Canarias han sido fundamentalmente dos: la de la existencia de una fractura propagante y la de bloques elevados. En la actualidad no existe una explicación definitiva sobre cuál de estos mecanismos ha dado lugar a las Islas Canarias.

Modelo del punto caliente (*Hot Spot*): Según esta teoría, las Islas Canarias surgieron hace unos 20 millones de años, debido a la existencia de una pluma magmática procedente del manto. El desplazamiento de la placa africana hacia el Este provocó la salida del magma al exterior y la formación de las islas volcánicas: en primer lugar, Lanzarote y Fuerteventura, y, posteriormente las restantes, a medida que el fondo oceánico pasaba por el punto caliente. La explicación de la existencia de un vulcanismo muy reciente en las islas de La Palma y Lanzarote, que no se encuentran en la vertical del punto caliente, en este momento es el aspecto más conflictivo de esta teoría. Por otra parte, los estudios paleomagnéticos parecen indicar que la placa africana apenas se ha movido durante los últimos 20 millones de años.

Fracturación del fondo oceánico: Esta teoría, alternativa a la del punto caliente, apunta a la existencia de grandes fallas situadas en la corteza por donde sale la lava. La existencia de fracturas en el fondo oceánico, prolongaciones de otra fractura gigante situada en el sur del Atlas, podría constituir la base de este vulcanismo según este modelo. Dicha fractura se prolonga desde el continente africano hacia el océano, de manera que, cada vez que se reactiva la falla, se producen erupciones volcánicas.

3.1.2 EJES ESTRUCTURALES DE LAS ISLAS CANARIAS

Se entiende por ejes estructurales las direcciones que coinciden con las de aquellas fracturas que controlan las erupciones más importantes dentro de los procesos geomorfológicos constructivos. Estas fisuras pueden determinar grandes apilamientos de coladas y/o cadenas volcánicas.

La identificación de los ejes estructurales se realiza mediante el análisis estadístico de las directrices que se observan en diques y fallas. Los métodos de trabajo están basados en fotointerpretación aérea, así como trabajo de campo e identificación en la cartografía geológica de las cadenas volcánicas más significativas. Respecto al archipiélago canario, se formulan las siguientes características de los ejes estructurales (lineaciones) con su implicación en el volcanismo (Figura 2):

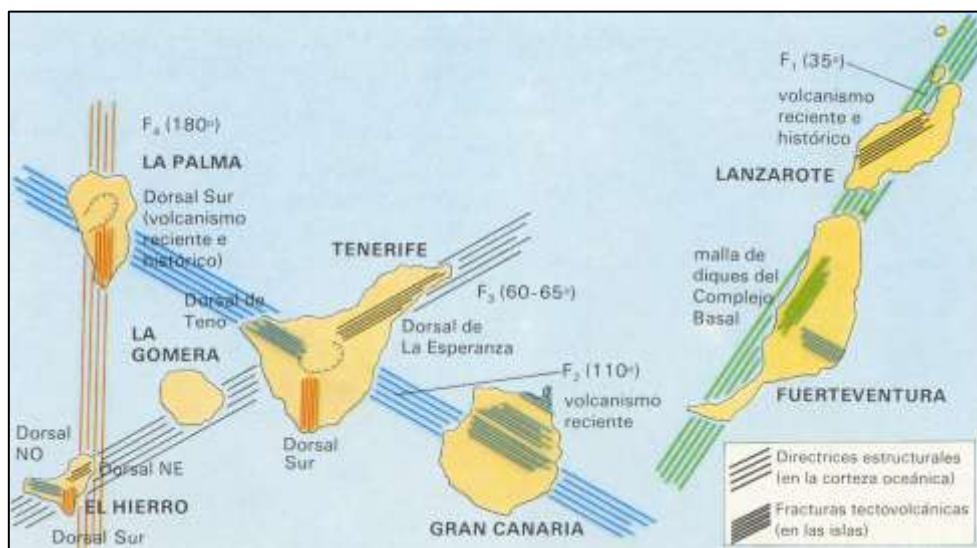


Figura 2: Ejes estructurales con su implicación en el volcanismo en las Islas Canarias (Afonso, 1984).

La distribución de las islas en el espacio no está dejada al azar. Se agrupan en tres conjuntos alineados según las direcciones NNE – SSW para Lanzarote y Fuerteventura, NW – SE para La Palma, Tenerife y Gran Canaria, y NE – SW para El Hierro, La Gomera y Tenerife. De estas lineaciones, la NE – SW y la NW – SE se cruzan entre sí. A escala insular se produce una mayor diversificación de los ejes estructurales, identificándose principalmente lineaciones N – S y E – W.

El volcanismo reciente más activo se localiza en dos puntos principales:

- Cruce entre los ejes estructurales regionales.
- Sectores periféricos del archipiélago canario.

Las fracturas de carácter regional se interpretan a su vez dentro de un marco común caracterizado por la expansión de los fondos oceánicos, el choque entre la placa africana y la euroasiática, y el incremento de la resistencia en la expansión oceánica bajo la placa africana.

En el caso de las fracturas de ámbito insular o local -subordinadas a las de carácter regional-, se interpretan como siguen:

- Las de dirección N – S se relacionan con la disposición de los diques que tienen precisamente esta misma dirección.
- Las fracturas E – W (o direcciones próximas a ésta) que se corresponden con fallas transformantes originadas por la apertura del océano Atlántico.

3.1.3 GEOLOGÍA DE LA ISLA DE EL HIERRO

En la Isla de El Hierro se han distinguido dos dominios geológicos principales: el dominio NE, constituido mayoritariamente por el edificio Tiñor; y el dominio “resto de la isla”, que comienza su construcción más tarde con el edificio El Golfo–Las Playas, y culmina con el volcanismo de las dorsales o ejes estructurales (Fuster *et al.*, 1993). Estos tres edificios volcánicos están separados por importantes eventos tectónicos (Figura 3).

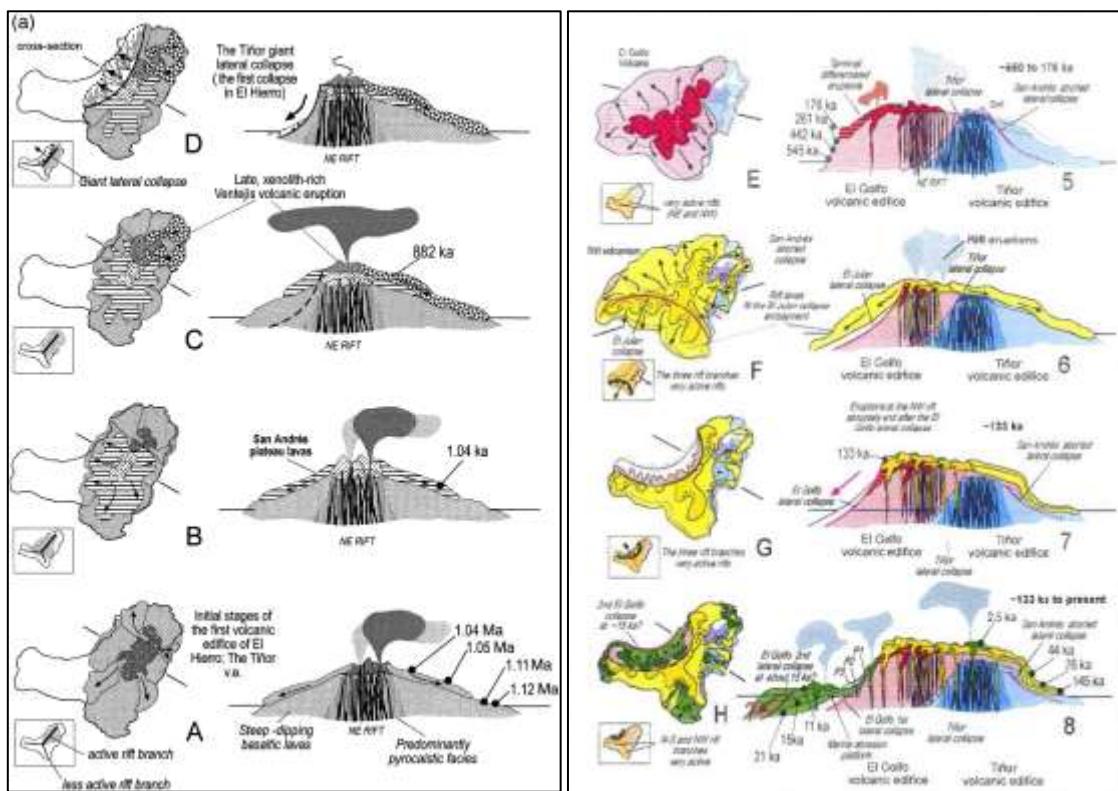


Figura 3: Edificios volcánicos de la Isla de El Hierro (Carracedo, 2008).

Cada una de estas unidades geológicas tiene sus propias características. El edificio Tiñor fue la primera etapa de crecimiento subaéreo de la isla. Dentro del edificio Tiñor se pueden distinguir tres tramos o fases de construcción:

- A) El tramo inferior está representado por coladas delgadas de aspecto brechoide atravesadas por diques de basaltos. Las coladas de este tramo han sido datadas en 1,12 millones de años.
- B) El tramo medio, también denominado “tramo tabular”, ocupa una mayor extensión que el anterior y se dispone discordante sobre él. Está constituido por coladas básicas.
- C) Por último, la construcción de este primer edificio volcánico culmina con la emisión de un gran volumen de piroclastos, que da lugar a un complejo de tipo estratovolcánico. Las coladas de este conjunto volcánico aparecen intercaladas entre el material piroclástico. Tienen una edad del orden de 0,88 millones de años.

Después de la emisión del tramo tabular, debió producirse un período de calma eruptiva del orden de unos 200.000 años, durante el cual comenzó a generarse un paleorrelieve que quedaría fosilizado por materiales posteriores. El período de construcción del edificio se prolongó al menos unos 300.000 años según los datos radiométricos.

El edificio de El Golfo–Las Playas es el segundo gran edificio subaéreo, que configura la parte emergida de la Isla de El Hierro. Surgió hace unos 500.000 años y se supone que se apoya en el flanco occidental del edificio Tiñor, el cual en esos momentos ya debía de estar en una fase avanzada de desmantelamiento. En algunas áreas, el edificio El Golfo–Las Playas no adquiere una gran representación: por un lado, por haberse desmantelado parcialmente; y por otro, por estar parcialmente recubierto por materiales más jóvenes que, a grandes rasgos, han configurado mayoritariamente el resto del edificio volcánico insular tal como se presenta hoy en día. Los afloramientos de ese primitivo edificio aparecen en el escarpe superior de la gran depresión de El Golfo, cuyo origen es el responsable de su desaparición y del acantilado Las Playas. Se distinguen dos tramos en la secuencia volcánica de este edificio:

- El tramo inferior se caracteriza por la existencia de numerosos conos piroclásticos intercalados con las coladas.
- El tramo superior se apoya de manera discordante sobre los materiales del tramo inferior, y está constituido por coladas basálticas.

Las coladas presentan una estructuración más marcada que en el tramo inferior, dando lugar a un escarpe muy vertical, con morfología escalonada y tabular. Con posterioridad al deslizamiento de El Golfo, tienen lugar una serie de emisiones que se localizan dentro del arco y

que contribuyen a llenar la depresión y volver a ganar terreno al mar. El volcanismo de relleno de El Golfo incluye aquellas emisiones volcánicas que se han producido en el ámbito del valle de El Golfo, originadas como consecuencia de la fuerte descompresión litostática que supuso el derrumbamiento de esta parte del edificio insular y la consiguiente formación del valle. El volcanismo de las dorsales, o de rift, corresponde al conjunto de erupciones que han surgido a lo largo de los ejes estructurales, que en el caso de El Hierro, configuran un sistema triple con ángulos de 120 grados entre sí convergentes en la zona central de la isla. Es a lo largo de estos tres ejes, donde se ha concentrado la actividad eruptiva en los últimos 150.000 años, configurando una isla de planta triangular y perfil piramidal. En estos sectores convergen la dorsal topográfica occidental y la meridional, aunque dicha intersección corresponde a un punto hoy desaparecido como consecuencia de la pérdida de una porción de la isla al formarse el valle de El Golfo. En superficie, estas bandas o dorsales topográficas se manifiestan por la alineación de centros de emisión. En profundidad, se corresponden con una red de diques y fracturas cuya densidad es mayor en la zona axial y decrece gradualmente hacia ambos lados. Este esquema volcanoestructural no es propio únicamente de El Hierro, sino que se repite en otras islas del archipiélago, como Tenerife, también con tres ejes convergentes entre sí a 120 grados en la zona central de la isla (Las Cañadas del Teide) y en La Palma (Figura , Carracedo *et al.*, 2001).

El desarrollo de los rift (o dorsales) juega un papel muy importante en la configuración de la Isla de El Hierro (Becerra *et al*, 2007). Los ejes de los rift se definen por la concentración de centros eruptivos. Estos centros eruptivos se encuentran distribuidos a lo largo de tres lineamientos tectónicos bien diferenciados según las direcciones NW, NE y S. Las erupciones de lavas de rift han continuado con una frecuencia y volumen de material relativamente bajos - comenzando hace aproximadamente 158.000 años y finalizando hace 1.000 años-, localizadas en estos tres brazos del sistema de dorsal.

3.1.4 COLAPSOS Y MEGADESЛИZAMIENTOS

La Isla de El Hierro, la más joven de las Canarias y en un estadio de desarrollo aún incipiente (las lavas emergidas más antiguas datadas tienen 1,12 millones de años), es un excelente ejemplo de la interrelación rifts-megadeslizamientos (Becerra, 2007). Existen cinco eventos importantes de colapso gravitacional. A continuación se hace una breve descripción de cada uno de ellos:

A) Colapso del edificio Tiñor: Probablemente, justo después de que los episodios explosivos del volcán Tiñor finalizaran, tuvo lugar el colapso del edificio volcánico. Este episodio provocó un gran deslizamiento del terreno, que pudo poner en movimiento más de la mitad del volumen de la parte subaérea del edificio Tiñor.

B) Colapso de El Julán: Este evento fue identificado en 1991 por Holcomb y Searle. Está datado, como mínimo, en 150.000 años y es anterior al deslizamiento ocurrido en El Golfo. El colapso de El Julán, el cual destruyó el flanco SW del volcán de El Golfo, probablemente ocurrió cuando este volcán estaba bien desarrollado.

C) Falla de San Andrés: El flanco SE de la isla es un bloque aislado, limitado por un sistema de fallas paralelas a la línea de costa. Esta falla ha sido interpretada como un colapso abortado.

D) Colapso de El Golfo: Es quizá, el elemento más espectacular de El Hierro. Abarca una longitud en la costa de unos 15 km y 10 km hacia el interior. La altura del escarpe puede alcanzar hasta 1.400 metros en algunos puntos. La formación de esta bahía por colapso catastrófico fue propuesta como consecuencia del descubrimiento de una avalancha de derrumbes submarina en el norte de la isla por batimetría. La existencia de una plataforma de abrasión marina bajo las lavas que llenaron la bahía, hace pensar que pasó un amplio periodo de tiempo tras el colapso, hasta que las lavas de relleno cubrieron la bahía.

E) Colapso de Las Playas: La interpretación de la bahía de Las Playas como una depresión originada por un deslizamiento, no está clara. Para algunos autores, un deslizamiento de este tipo no se ha dado, y suponen génesis exclusivamente erosivas para el retroceso del acantilado. La acción erosiva sobre el escarpe está bastante clara según los datos geomorfológicos, aunque persiste la duda de que en un principio algún tipo de deslizamiento haya intervenido en su modelado inicial. La forma actual que presenta no es la de un arco homogéneo, ya que en la parte sur, la forma del acantilado es rectilínea y concordante con la malla de diques básicos aflorantes en las partes bajas del mismo. Esto hace suponer que la intrusión de un rift filoniano, ha podido provocar el deslizamiento hacia el este de esta parte de la isla, como sucedió en las paredes de El Golfo. Se trata de un mecanismo bastante común en islas oceánicas de rápida construcción, como es el caso de El Hierro.

3.1.5 GEOMORFOLOGÍA DE LA ISLA DE EL HIERRO

A pesar de su extrema juventud, esta isla presenta rasgos geomorfológicos aparentemente propios de ambientes que han experimentado una fuerte erosión, como son los acantilados verticales de hasta 1.400 m en formaciones de apenas unos cientos de miles de años. Sin embargo, es imposible una tasa erosiva tan elevada, que además tendría que compensar una actividad eruptiva reciente muy intensa y continuada (Figuras 4 y 5).

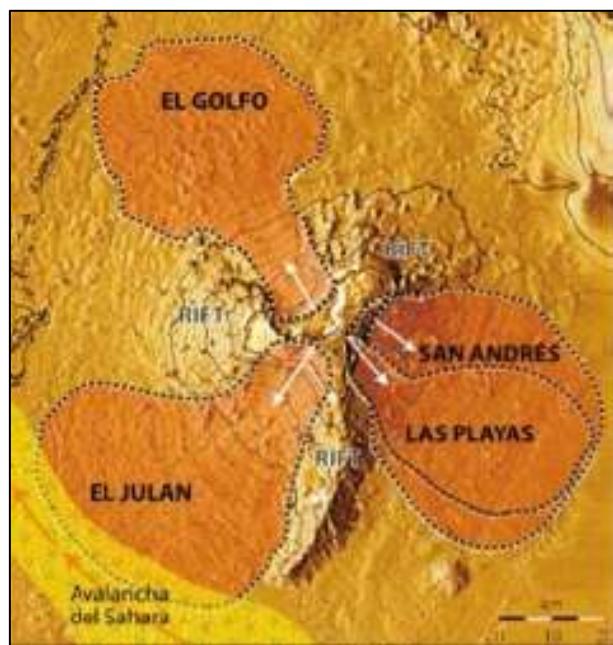


Figura 4: Imagen 3D de la batimetría y topografía de El Hierro mostrando un edificio en forma de tetraedro con agudas aristas y flancos de acusadas pendientes y los lados arqueados formando ensenadas tapizadas con productos de avalancha (Masson et al., 2002).

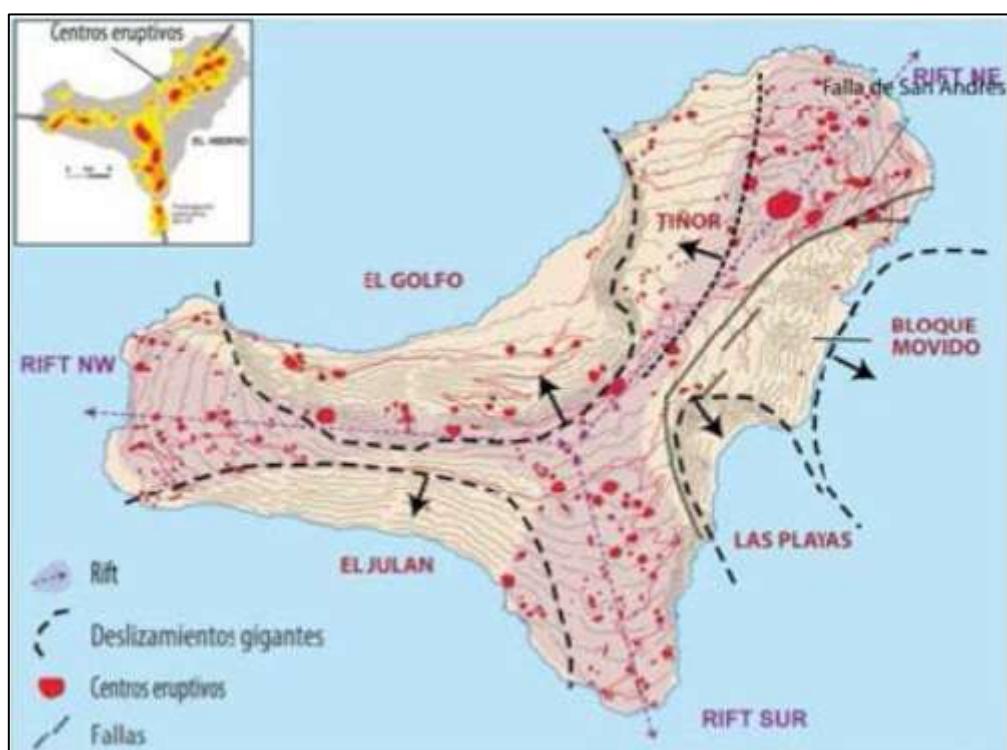


Figura 5: Esquema estructural de El Hierro que asocia las aristas a rifts y las ensenadas a megadeslizamientos. Obsérvese la concentración de centros eruptivos en los ejes de los rifts (Masson et al., 2002).

La existencia de al menos cuatro megadeslizamientos en el corto intervalo de tiempo de un millón de años, explica adecuadamente la morfología de El Hierro, imposible mediante una erosión normal (marina, lluvia, viento, etc.).

La explicación de la morfología de El Hierro implica la presencia de rifts y megadeslizamientos. La isla se va configurando por la suma de sucesivos edificios volcánicos que siguen una pauta común:

- Crecimiento hasta superar el nivel de estabilidad.
- Deslizamiento masivo.
- Relleno de la cuenca de colapso anterior y crecimiento de un nuevo edificio volcánico anidado en la cuenca del deslizamiento anterior.
- Repetición del mismo ciclo.

En el caso de El Hierro se formó inicialmente el edificio volcánico Tiñor, entre 1,12 y 0,88 millones de años. A su colapso siguió una nueva fase de actividad que llenó completamente la depresión originada formando el edificio volcánico El Golfo (545.000-134.000 años), que a su vez tuvo un deslizamiento hace unos 130.000 años que formó la actual depresión de El Golfo, cuyo relleno está actualmente en progreso.

Lógicamente, cuanto más antiguos sean los deslizamientos, más difícil resulta su identificación. El megadeslizamiento de Tiñor, ocurrido en el intervalo entre 0,88 y 0,54 millones de años, sólo ha podido reconocerse y reconstruirse por estudios geocronológicos y estratigráficos, ya que la identificación de los correspondientes depósitos de avalancha en el fondo oceánico no pudieron realizarse al quedar enterrados por avalanchas sucesivas (El Golfo) y por la sedimentación marina.

3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

3.2.1 HIDROGRAFÍA Y OROGRAFÍA

El Hierro tiene una superficie de 278,5 km², que suponen algo más del 8% del total de la provincia de Santa Cruz de Tenerife.

Posee una altitud máxima de 1.501 metros sobre el nivel del mar. Presenta una meseta central y dos grandes depresiones: una abierta al noroeste, el Valle del Golfo, y otra al este, el Valle de Las Playas. Se encuentra atravesada de oeste a este por una gran línea en forma de dorsal con numerosas montañas y las zonas costeras están formadas por malpaíses con abruptos acantilados que llegan hasta los 1.000 metros.

En la hidrografía de El Hierro no se puede olvidar que las cuencas existentes no siempre mantienen un flujo de agua constante, de manera que la ordenación jerárquica de los cauces que permanecen secos durante ciclos hidrológicos completos, no se puede valorar como una red

hidrográfica. En el Plan Insular de Ordenación, que a su vez se basa en el Avance del Plan Hidrológico Insular. Se destaca, para cualquier trabajo relacionado con la hidrología, la escasez de estaciones con series extensas de registros y carencia absoluta de cualquier información acerca de la escorrentía y la infiltración. La red hidrográfica insular es muy irregular, ciñendo su presencia a la mitad oriental de la Isla, en la que pueden distinguirse tres vertientes:

- A) En la vertiente "Guarazoca-Mocanal" las cuencas de los barrancos consisten en estrechas franjas de terreno, que se extienden desde la cumbre hasta el mar abarcando escasas superficies y no permiten generar aguas de escorrentía susceptibles de ser aprovechadas.
- B) La vertiente "Mocanal-Valverde-Tiñor" dispone de la red hidrográfica más desarrollada. Existen en ella barrancos cuyas cuencas tienen la entidad suficiente (dentro del marco isleño) como para presumir que en ellas puedan darse corrientes de agua. Las dos cuencas más importantes son ya explotadas desde hace años, sin que se tenga un conocimiento real del alcance o beneficio del aprovechamiento. Debe ser una zona para el estudio y control de sus características hidrográficas para llegar al óptimo aprovechamiento de sus caudales.
- C) Las barranqueras de la vertiente "Tiñor-San Andrés-Taibique" son, en general, de corta longitud, escasa superficie vertiente, fuertes pendientes y una moderada impermeabilidad. Rasgos éstos que posibilitan la fácil creación de torreteras periódicas.

3.2.2 CLIMA

La orografía condiciona el clima de cada zona de la isla. Los alisios y la Corriente de las Canarias -una bifurcación fría de la Corriente del Golfo que se separa en las Azores-, hacen que la isla no posea un clima árido como ocurre en el Sáhara, que se encuentra en la misma latitud. La temperatura del agua se mantiene a 18°C en invierno y a 20°C en verano. Esto suaviza las temperaturas costeras.

La zona sur de la isla recibe vientos secos y sin nubes, por lo que la temperatura y la aridez es mayor en esa parte. En verano, la temperatura media de la costa norte se sitúa en 26°C, siendo de 30°C en el sur. Valverde, la capital, que se encuentra a 600 metros sobre el nivel del mar, tiene una temperatura media en verano de 18°C. En invierno, la temperatura media de la costa norte se sitúa en 20°C, mientras que en la del sur es de 21.5°C. En Valverde, sin embargo, la media baja hasta los 11.5°C. Las precipitaciones invernales en Valverde ascienden a 80 mm mensuales, mientras que en el sur descienden a 25 mm mensuales. En verano apenas llueve en el sur, pero en Valverde se registran 5 mm mensuales.

3.3 CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS

La isla tenía una población de 10.995 habitantes en el año 2011, según el Instituto Canario de Estadística (ISTAC). A lo largo de la historia ha sufrido un declive demográfico. Esta tendencia se ha revertido en los últimos años, en buena medida gracias a la vuelta de muchos emigrantes que se habían establecido en Venezuela (Figura 6). Sus pobladores reciben el nombre de herreños. En 2011, el censo de El Hierro presentaba las siguientes cifras: Valverde 5.048 hab., Frontera 4.143 hab., y El Pinar de El Hierro 1.804 hab. El porcentaje sobre el total de las Islas Canarias es de un 0,5%.

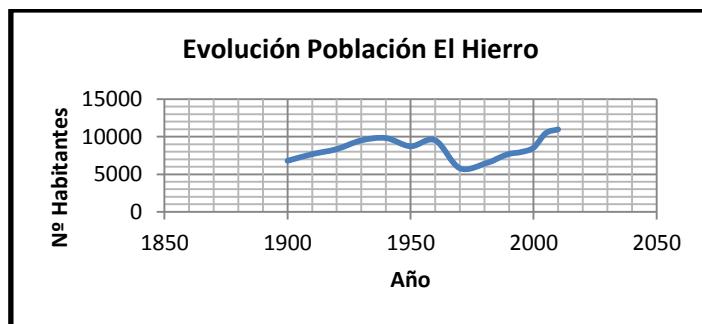


Figura 6: Evolución de la población en la Isla de El Hierro

Es importante saber cuales son las infraestructuras más importantes de la isla (Figura 7), como puertos, aeropuerto, vías de comunicación y centros de población que nos ayudarán en el estudio y análisis del mapa de peligrosidad que se obtendrá en este proyecto.

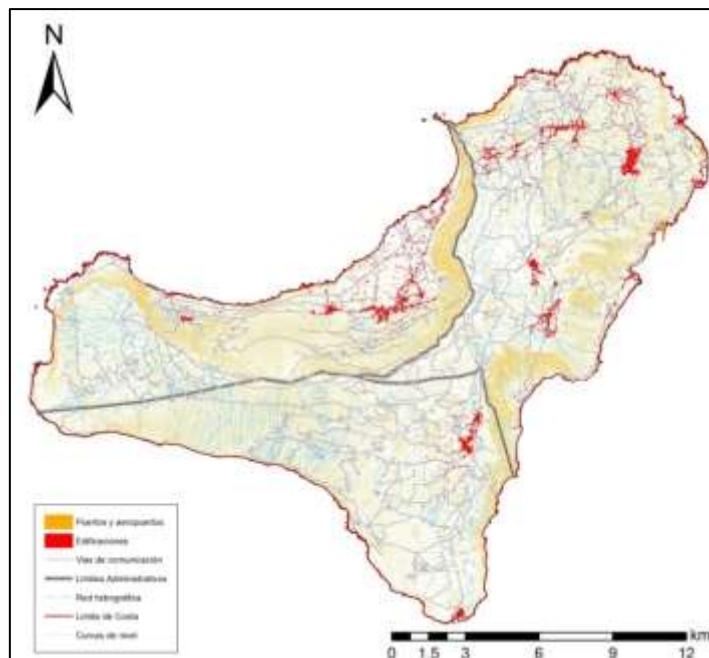


Figura 7: Mapa topográfico de la Isla de El Hierro

4 METODOLOGÍA

4.1 INTRODUCCIÓN

En nuestro país, al igual que en el resto de Europa, el análisis de la peligrosidad de inundaciones se realiza empleando de forma combinada y complementaria una serie de técnicas y procedimientos, que a grandes rasgos pueden agruparse en tres aproximaciones metodológicas (Figura 8): métodos históricos y paleohidrológicos, métodos geológicos y geomorfológicos, y métodos hidrológicos e hidráulicos (Díez-Herrero, 2002a). A parte están los métodos mixtos y los de fundamento botánico o ecológico, como los dendrogeomorfológicos (Díez-Herrero *et al.*, 2008) y los liquenométricos, aún en fase de investigación.

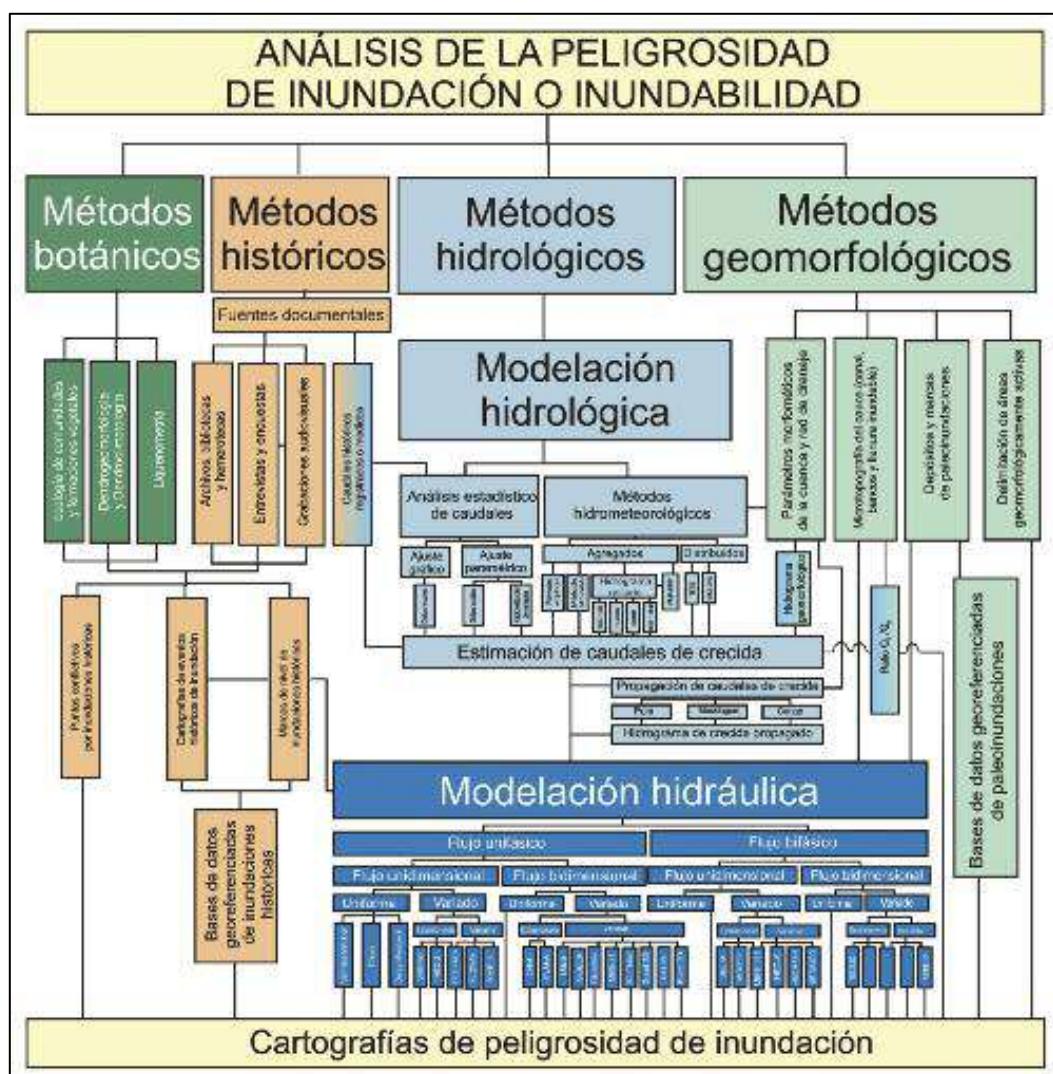


Figura 8: Cuadro sinóptico de los principales grupos de métodos para el análisis de la peligrosidad de inundaciones y sus relaciones mutuas (modificado y ampliado de Díez-Herrero, 2002c y Díez-Herrero, 2008).

Estos grandes grupos de métodos no son excluyentes, sino al contrario; deberían emplearse y aplicarse todos ellos de forma integrada y complementaria para el estudio de la peligrosidad de inundaciones, siempre que existan las fuentes de información que precisan. En este proyecto el procedimiento a seguir según el cuadro anterior es el siguiente (Figura 9).



Figura 9: En rojo marcado el camino seguido a través del cuadro sinóptico de los principales métodos para análisis de peligrosidad

4.2 RESUMEN METODOLOGÍA

En los siguientes apartados se realizará un resumen muy esquemático de los métodos disponibles y subtipos que suelen ser utilizados, tanto en el ámbito científico como en el técnico, para el análisis de la peligrosidad (Díez-Herrero, 2002a):

- Métodos históricos:

Se trata de recabar información de muchos tipos, ya sea a base de documentación histórica, o de marcas y placas en construcciones, o testimonios, para poder reconstruir una crecida ocurrida en el periodo histórico. Es un método muy sencillo pues se trata de recopilar información de avenidas ya ocurridas, que probablemente pueden volver a ocurrir; así se determina una zona de recurrencia de crecidas.

- Métodos paleohidrológicos del registro geológico:

Se observan depósitos o marcas de inundaciones de las que no se dispone información histórica, en relación con elementos datables mediante técnicas paleontológicas, dendrocronológicas, radiométricas o arqueológicas.

- Métodos geológico-geomorfológicos:

Se utiliza para delimitar las áreas geomorfológicamente activas, dentro del cauce fluvial y sus márgenes, mediante la disposición y tipología de las formas del terreno generados por la avenida. Es decir, se trata de delimitar la zona susceptible de ser inundada.

- Métodos hidrológicos e hidráulicos:

Se parte de diferentes hipótesis, simplificaciones o aproximaciones al flujo del agua en la naturaleza, que simplificarán las ecuaciones físicas que lo modelizan, y cuya resolución permitirá estimar diferentes parámetros para facilitar el posterior cálculo de caudales, velocidades o calados.

El factor limitante en la selección de un método u otro de análisis de la peligrosidad va a ser, sin duda, la disponibilidad de datos. Los datos necesarios para completar un estudio de este tipo son: un análisis geomorfológico; una revisión de inundaciones históricas y paleoindicadores; un análisis hidrológico de la cuenca; y un modelo hidráulico de la zona. El estudio geomorfológico, de los procesos y de las formas del terreno, será la base de los fundamentos conceptuales en el modelo hidráulico y en el comportamiento hidrológico, y es, por tanto, de aplicación en todos los casos.

4.3 MÉTODOS GEOLÓGICO-GEOMORFOLÓGICOS

A continuación se abordarán más en detalle los métodos geológico-geomorfológicos, ya que son los que se van a utilizar en este proyecto. Si se tiene en cuenta que casi todas las técnicas y fuentes de información geológica se pueden aplicar a la cartografía de peligrosidad por avenidas e inundaciones, se pueden encontrar una serie de ámbitos para su desarrollo (Ayala, 1990). Estos campos son los siguientes:

- Análisis geomorfológico.
- Cartografía geomorfológica.
- Constitución geológica y geomorfológica.
- Constitución litológica del sustrato.
- Funcionamiento hidrogeológico de las aguas subterráneas.

- Análisis y cartografía de otros fenómenos geológicos asociados a la inundación.
- Estudio paleohidrológico.

4.3.1 CONCEPTOS DE LA GEOMORFOLOGÍA DE AVENIDAS

La Geomorfología Fluvial, tiene un papel relevante en el estudio de la génesis y propagación de las crecidas y avenidas fluviales, así como en sus efectos de inundación por anegamiento de las márgenes en las corrientes donde tienen lugar estos eventos. Se pueden citar algunos autores como (Schumm, 2005), (Downs y Gregory, 2004), (Thorne *et al*, 1997) y en España (Gutiérrez Elorza, 1994), de los cuales se ha obtenido información para desarrollar estos conceptos. Esta influencia se manifiesta en una triple faceta: configuracional, dinámica, y evolutiva. Así pues, puede hablarse de condicionantes geomorfológicos de las inundaciones fluviales en tres aspectos: morfográficos, morfodinámicos y morfoevolutivos.

4.3.1.1 MORFOGRAFÍA FLUVIAL

El papel de la morfografía fluvial en las inundaciones se manifiesta en tres ámbitos espaciales diferentes: areal o de cuenca hidrográfica, con escala regional a comarcal; lineal o de red hidrográfica, con escala semejante a la anterior; y puntual o de tramo de corriente fluvial, con escala comarcal a local. Estos ámbitos se corresponden con otros tantos niveles de influencia, desde la intervención de la morfografía de la cuenca en la génesis de avenidas, a la incidencia de la morfografía de la corriente en la hidráulica fluvial, pasando por la influencia en la propagación de la morfografía de la red de drenaje.

4.3.1.2 CUENCAS DE RECEPCIÓN

Primero se define el concepto de cuenca hidrográfica, que se entiende como una unidad territorial en la cual el agua que cae por precipitación se reúne y escurre a un punto común o que fluye toda al mismo río, lago, o mar (Strahler, 1964).

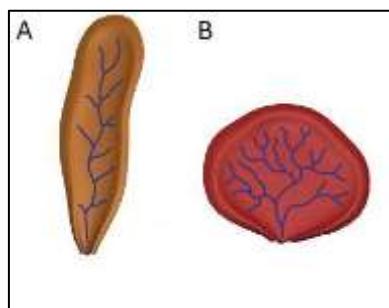


Figura 10: Ejemplos de cuencas de recepción el ejemplo A es una cuenca alargada y el ejemplo B es una cuenca de recepción con forma circular. Adaptado de Strahler (1964).

También se define como una unidad fisiográfica conformada por la reunión de un sistema de cursos de ríos de agua, definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o divisoria de aguas se definen naturalmente, y en forma práctica corresponden a las partes más altas del área que encierra un río. Se han definido algunas medidas básicas, que pueden obtenerse de la observación directa sobre la cartografía de la cuenca hidrográfica, útiles en su caracterización morfométrica:

- Área (A) o superficie total de la cuenca.
- Perímetro (P) o longitud del contorno de la cuenca.
- Altitud media de los puntos de la cuenca respecto al nivel del mar (H_m).
- Longitud de la cuenca (L) según diferentes direcciones.
- Relieve de la cuenca (R) o diferencia de altitud entre los puntos más bajo y más alto.
- Orden y magnitud de la cuenca (M) o número de cuencas de un orden dado y área de las cuencas de un orden dado.

4.3.1.3 REDES DE DRENAJE

El tamaño y disposición de la red de drenaje condiciona la velocidad y grado de incorporación de las precipitaciones o aportaciones de las vertientes a la red de drenaje. Al igual que ocurría con las cuencas hidrográficas, se han establecido una serie de medidas y relaciones morfométricas como son la forma, altura y tamaño en medidas, y relaciones como la de elongación, compacidad o radial-línea (Gardiner, 1974) que resultan de utilidad a la hora de evaluar sus repercusiones en la hidrología de avenidas.

4.3.1.4 CORRIENTES FLUVIALES

En lo que respecta a las corrientes fluviales individuales o a tramos aislados de éstas, los parámetros morfométricos son aquellos que definen la geometría hidráulica de la corriente, considerados en las tres dimensiones ortogonales del espacio.

Igualmente pueden definirse índices o relaciones entre estos parámetros, siendo los más característicos:

- Radio hidráulico (A/P).
- Relación entre perímetro sumergido y emergido (P/P_b).
- Caída del canal ($C=z_0-z_b$ (m)).
- Pendiente o gradiente del lecho ($S_0= C/L$)

- Pendiente de la lámina de agua (S_w).
- Sinuosidad ($s = Lt / Lv$).
- Parámetro de braiding.

También se han establecido íntimas relaciones entre estas medidas e índices, y sus consecuencias hidrológicas, como es el caso de la influencia de la longitud de la corriente y la pendiente de su lecho en los tiempos característicos obtenidos mediante hidrogramas unitarios sintéticos:

- El tiempo de desfase de la punta calculado de acuerdo a la metodología hidrometeorológica del S.C.S. (1975).
- El tiempo mediano (en horas) según la fórmula propuesta por el U.S. Corps of Engineers (US Army, 1957).
- El tiempo de concentración propuesto por Témez (1991).

4.3.1.5 TIPOS DE RÍOS

La tipología de los ríos es un aspecto de la morfografía fluvial y sirve para la caracterización de las avenidas (Figura 11). Un primer criterio para clasificar los ríos es considerar las características del material que conforman el lecho de su canal.

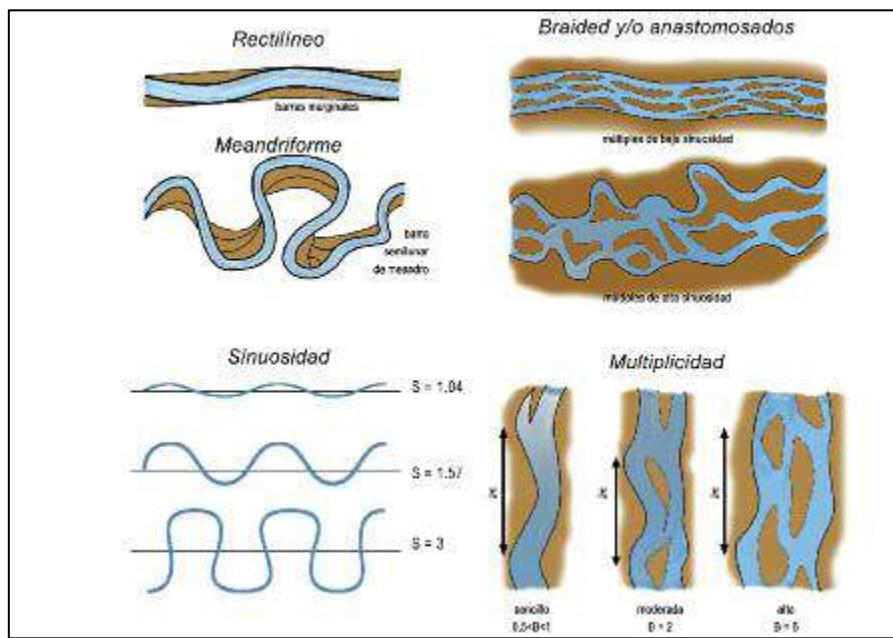


Figura 11: Clasificación básica de los tipos de ríos según el número de canales de corriente y su sinuosidad. Basado en Díez y Pedraza (1996).

Se han propuesto innumerables clasificaciones de las corrientes fluviales de lecho aluvial, pero básicamente pueden agruparse en dos conjuntos, geomorfológicas y sedimentológicas. En

nuestro caso se utilizarán las geomorfológicas ya que debido a la configuración geológica de El Hierro son las que definirán más claramente los tipos de cauces existentes en la isla.

Como en El Hierro los ríos que predominan son los torrentes se definirá su significado, el torrente es un curso de agua impetuoso y violento vinculado a lluvias de carácter torrencial. El torrente consta de tres partes: la cuenca de recepción en la que la erosión es muy fuerte, el canal de desagüe y el cono de deyección (Figura 12). Los torrentes son más comunes en las islas Canarias donde la escasez de lluvias provoca la aparición de barrancos que sirven de cauce al agua de la lluvia formándose así los torrentes.

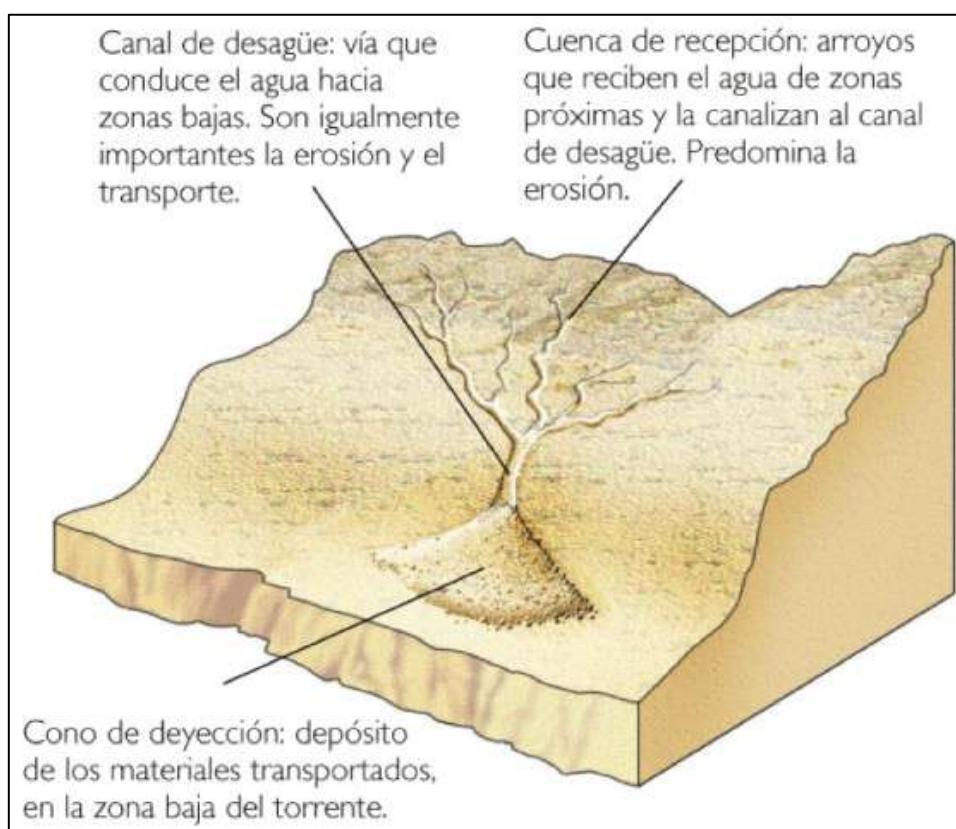


Figura 12: Forma más frecuente de la estructura de un torrente, que predominan en la Isla de El Hierro

4.3.1.6 MORFODINÁMICA Y MORFOEVOLUCIÓN FLUVIAL

En las crecidas se produce una notable variación en los campos de velocidades de la corriente, lo que conlleva la modificación de las acciones elementales clásicas de los procesos fluviales. En las avenidas se generan formas características en las corrientes fluviales (Figura 13) y sus márgenes.



Figura 13: Formas características en las corrientes fluviales.

4.3.1.7 ZONACIÓN DE LAS FORMAS FLUVIALES

La evolución en el tiempo de un sistema fluvial de acuerdo a los modelos clásicos de Davis (Davis, 1973), conlleva el paso de etapas torrenciales a amplias llanuras de inundación; los parámetros e índices morfométricos de la red varían progresivamente con el tiempo, modificando la tipología y características de las avenidas que se producen y, sobre todo, de las inundaciones que llevan aparejadas.

4.4 MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS Y CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA

En este apartado se detalla cuál es el protocolo de actuación existente para el análisis de peligrosidad en función de las características geomorfológicas de la zona de estudio, y cómo apoyarse en información disponible, cartografía y bibliografía, para obtener resultados concretos.

Existe abundante bibliografía sobre geomorfología fluvial aplicable para el estudio descriptivo, análisis y cartografía de las formas y depósitos fluviales asociados a las avenidas, que puede ser consultada para la aplicación de métodos geomorfológicos en el estudio de la peligrosidad de inundaciones (Leopold *et al*, 1964), (Morisawa, 1968 y 1985), (Schumm, 1977), (Knighton, 1984), (Baker *et al*, 1988) y (Tarbuck y Lutgens, 1999).

4.4.1 MÉTODOS Y PROCEDIMIENTOS DE CARTOGRAFÍA. GEOMORFOLOGÍA FLUVIAL APLICADA A LA PELIGROSIDAD DE INUNDACIONES

La caracterización geomorfológica de las formas fluviales asociadas a las inundaciones se realiza mediante métodos clásicos de cartografía y descripción de formas y depósitos, utilizando cartografía básica (morfometría, hidrografía, toponimia) y temática (mapas geológicos, geomorfológicos, de formaciones superficiales, de procesos activos). Ello requiere además, la realización de recorridos de campo para comprobar la cartografía y resolver zonas problemáticas. Puede consultarse en libros como (López-Vergara, 1988), (Herrero, 1988) y (Pedraza *et al*, 1988).

De forma simplificada, la elaboración de la cartografía geomorfológica con potencialidad para su empleo en la cartografía de peligrosidad de inundaciones, requiere dos pasos sucesivos pero complementarios: la delimitación de unidades y elementos cartográficos; y la asignación a los mismos de niveles de peligrosidad o de alguno de sus parámetros (periodicidad, severidad, dimensión temporal).

4.4.2 DELIMITACIÓN DE ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS

La delimitación de unidades y elementos cartográficos en la cartografía geomorfológica, puede realizarse con mapas basados en la clasificación morfogenética del territorio y con mapas basados en la clasificación fisiográfica del territorio (Peña Monné, 1997).

Con respecto a las escalas de trabajo y representación para la realización de la delimitación de los elementos y unidades, dependerá en gran medida de los objetivos del estudio, del ámbito del mismo y de la información disponible de partida. Se procurará trabajar con la mayor escala posible (mayor nivel de detalle), aunque luego se hagan simplificaciones y generalizaciones si la escala de representación es menor. Si se dispone de información topográfica y fotográfica a escalas adecuadas, y los objetivos y plazos temporales del proyecto lo permiten, las escalas ideales para conseguir una cartografía geomorfológica enfocada a la peligrosidad de inundaciones, oscilan entre 1:2.000 y 1:5.000.

4.4.3 ASIGNACIÓN DE PELIGROSIDAD A LOS ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS

La asignación de peligrosidades puede hacerse con dos enfoques: cualitativo, atribuyendo únicamente unos grados genéricos y relativos de peligrosidad (alta, media, baja) a cada unidad; o cuantitativo, ensayando indicios que permiten fijar parámetros como la frecuencia, velocidad, calado, carga sólida, etc.

Para el primero de los aspectos, la asignación cualitativa de la peligrosidad de inundaciones a las unidades del mapa geomorfológico (Figura 14), el técnico debe tener una notable experiencia, que le permita tener un amplio bagaje en estos estudios, a la vez que una visión de conjunto de toda la zona a estudiar, para establecer escalas relativas (Martín-Serrano *et al.*, 2004-2008).



Figura 14: Fragmento de la leyenda del mapa de peligrosidad por inundaciones correspondiente a los ríos en tramos altos, torrentes y arroyos del Pirineo Central oscense (Ríos *et al.*, 2001). En ella se hace una valoración cualitativa de la peligrosidad según diferentes parámetros.

Más interesante es el enfoque cuantitativo, ya que determinadas formas y depósitos cartografiados, según su posición, tamaño, composición litológica y textural e incluso grado de conservación y colonización vegetal, permiten delimitar los rangos de parámetros como la velocidad de la corriente, el calado, la duración de los eventos de inundación, la carga sólida transportada, o la frecuencia de inundación de una zona.

4.5 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL ESTUDIO DE EL HIERRO

Para el estudio de las avenidas torrenciales y la definición de los niveles de amenaza ante dicho evento, se emplea una metodología que da razón de la posible intensidad de una avenida torrencial. Hay que aclarar que la amenaza por avenidas torrenciales integra gran cantidad de fenómenos hidrológicos, físicos, hidráulicos, entre otros, y en general una descripción completa de todos estos fenómenos es compleja.

El objetivo que se pretende es identificar el grado de peligrosidad por avenidas torrenciales en cada una de las cuencas existentes en El Hierro. Para ello se utilizará la siguiente metodología, que se describe a continuación y se esquematizará posteriormente.

Teniendo en cuenta que el objetivo de este proyecto es la obtención de una cartografía de peligrosidad para avenidas torrenciales por medio del análisis cualitativo de índices morfométricos, se decide emplear el método geomorfológico para determinar los parámetros de la cuenca y de su red de drenaje si la hubiera. El método hidrológico y el hidráulico, por tanto, quedan fuera del alcance de este estudio. Además, los métodos históricos y botánicos se deben dejar de lado debido a la escasez de datos necesarios para llevar a cabo el análisis de la peligrosidad.

De acuerdo a lo que se acaba de mencionar la metodología utilizada para este proyecto se trata de una ligera modificación de la que se indicaba en la tabla de los principales métodos de análisis de peligrosidad (Diez-Herrero, 2008). Se realizan algunas variaciones en esa metodología debido a que no se disponía ni datos ni información suficiente, como es el caso de la microtopografía de los cauces o de la red de drenaje, de la cual no se disponía y del estudio de depósitos y marcas de paleoinundaciones del cual no se recabó información.

Por tanto, primero se procede a la delimitación de las cuencas hidrográficas presentes en la Isla de El Hierro por medio de un SIG (en este caso el software *ArcGIS* y también con el programa HEC-GeoHMS). A continuación se determinan las características físicas e hidrográficas que permitirán definir adecuadamente los índices morfométricos. Se tendrán en cuenta para la selección de los índices, todas las variables existentes y se seleccionarán aquellas más determinantes en nuestro estudio.

Una vez seleccionadas las variables en función de criterios geomorfológicos, se realizará un análisis de los datos, para posteriormente realizar una asignación de índices de peligrosidad en función del grado de intensidad de los mismos.

Finalmente, con los datos obtenidos se procederá a la construcción y elaboración de una cartografía de peligrosidad, con la coloración de los mapas en función del grado de intensidad de la amenaza de torrencialidad de cada cuenca.

A continuación se muestra un esquema con el desarrollo del proceso (Figura 15) y los pasos más importantes que hay que realizar para llevar a buen término la creación de esta cartografía.

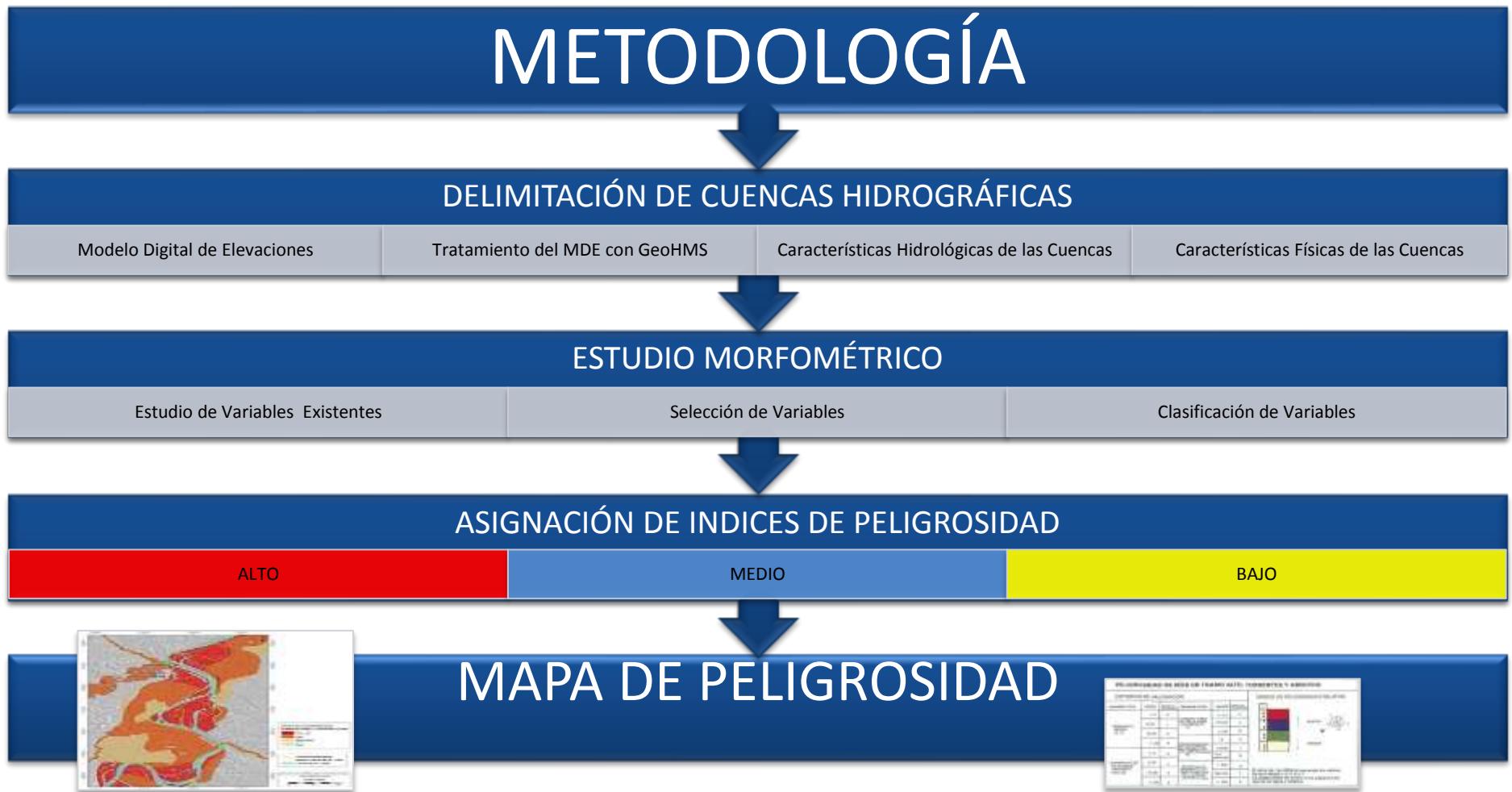


Figura 15: Esquema de la metodología empleada en el estudio de El Hierro

5 DELIMITACIÓN CUENCAS HIDROGRÁFICAS

En este capítulo se describen los pasos seguidos para delimitar las cuencas hidrográficas existentes en El Hierro.

En primer lugar se partirá de las curvas de nivel del territorio más una nube de puntos acotados, con el propósito de obtener un Modelo Digital de Elevaciones (MDE). Una vez obtenido el MDE, y con ayuda de la aplicación HEC-GeoHMS creado por el U.S. Corps of Engineers (US Army, 2010), se realizarán una serie de correcciones con el objeto de preparar el MDE para elaborar, a partir de él, el mapa de las cuencas hidrográficas. Tras haber determinado las cuencas hidrográficas presentes en el área de estudio, es preciso obtener las características físicas de las mismas, las cuales se determinan mediante la extensión HEC-GeoHMS. Para la determinación de las cuencas se ha empleado el entorno informático ArcGIS, desarrollado por la compañía *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*.

5.1 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Un Modelo Digital de Elevaciones (MDE) (Moore *et al.*, 1991), es una matriz ordenada de números que representan la distribución espacial de elevaciones del terreno por encima de un dato arbitrario. Felicísimo (1995) lo define como un modelo simbólico, una estructura numérica y digital que pretende representar la distribución 3D de una variable cuantitativa y continua como es la elevación del terreno.

La obtención automática de datos hidrogeomorfológicos de una cuenca, partiendo de datos topográficos de los MDE, es una forma más rápida, menos subjetiva y provista de cálculos más reproducibles que las técnicas de digitalización manual aplicadas a mapas topográficos (Tribe, 1992).

Un aspecto importante de estos MDE es la dependencia del tamaño del grid en ciertos parámetros topográficos computados (Fairfield y Leymarie, 1991). Los MDE son utilizados en diversos proyectos relacionados con recursos hídricos para identificar formas como elevaciones, red de drenajes, cuantificar subcuenca y propiedades del cauce, como tamaño, longitud o pendiente. La precisión de esta información topográfica está en función de la calidad y de la resolución del MDE y de los algoritmos que extraen esta información de los MDE.

Calidad y resolución deben ser consideradas en la selección de un MDE para modelos hidrológicos. Ambas deben considerarse en función del modelo de los procesos físicos considerados y con los objetivos del estudio.

Una de las desventajas del uso de los MDE en hidrología, es la costosa identificación de superficies de drenaje cuando los terrenos son llanos. En estas ocasiones, la resolución del MDE es muy importante. Para solucionar estos problemas, algunos autores como Garbrecht y Martz (1996) afirman que lo mejor es “acostumbrar” al MDE con una resolución predefinida; otros como Zhang y Montgomery sugieren la utilización de la más alta resolución del MDE mediante avanzados métodos.

Garbrecht y Martz (1996) sugirieron que la resolución del MDE utilizado para aplicaciones depende, no sólo de la escala de los procesos que están siendo modelados, sino también de los parámetros del terreno de los que partimos. Zhang y Montgomery (1994), concluyeron que el tamaño de celda de 10 m es suficiente para algunos MDE utilizados para aplicaciones geomorfológicas e hidrológicas.

En primer lugar, para obtener el MDE, se ha partido de una cartografía de escala 1:5.000, en el cual, la equidistancia entre curvas de nivel es de 5m. Estas curvas se han procesado con la herramienta *3D Analyst* de ArcGIS, la cual emplea un método de interpolación para crear una red irregular de triángulos o TIN (*Triangulated Irregular Network*).

Generalmente, las estructuras TIN se calculan a partir del algoritmo de Delaunay, resultando uno de los mejores modos que existen para representar y trabajar con formas irregulares como la superficie terrestre. Los modelos TIN tienen una enorme ventaja sobre las estructuras de datos raster: permiten la incorporación de líneas de ruptura de las pendientes, que son elementos lineales de altitud conocida, como ríos o carreteras, y que se añaden al cálculo de los triángulos como una nube de puntos más de cota conocida, lo cual da lugar a una mayor precisión en el cálculo y evitan que en la red irregular de triángulos generada, al descomponerse en nube de puntos, se den triángulos horizontales.

A partir de este TIN, empleando nuevamente la herramienta *3D Analyst*, se obtiene una capa en formato matricial o ráster, que es el más adecuado para la integración de las elevaciones en un SIG, ya que permitirá la utilización de diversas herramientas para la obtención de nuevos mapas a partir de este. Esta capa ráster es la que se conoce como MDE, en la que cada píxel representa un promedio de las cotas del área que cubre y como resultado se ha obtenido un MDE con tamaño de pixel de 5m.

Una vez se ha obtenido el MDE, se puede generar a partir de éste un modelo digital de sombras (MDS) o *Hillshade*, que permite visualizar el relieve del terreno, facilitando la localización e identificación de errores en el MDE.

5.1.1 MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Para la generación de este modelo digital de sombras, es necesario proporcionar la posición y altura del foco luminoso, el tamaño de celda del MDS resultante y, opcionalmente, un factor de exageración de la escala vertical.

La posición del foco luminoso viene determinada por acimut, esto es, el ángulo que forma con el eje N – S medido en sentido horario desde el Norte, y la altitud es la referenciada al nivel medio del mar (en España se toma el nivel del mar en la ciudad de Alicante). ArcGIS sugiere unos valores predeterminados con los cuales se asegura que el terreno se aprecia como relieves positivos (las montañas elevadas y los valles deprimidos) para la gran mayoría de las personas, debido a la configuración anatómica de los ojos y a la forma más frecuente de interpretar las sombras. Con valores diferentes podría darse el caso de que esta percepción del relieve se invierta. En la figura siguiente (Figura 16) se representa el modelo digital de sombras obtenido a partir del MDE anterior.

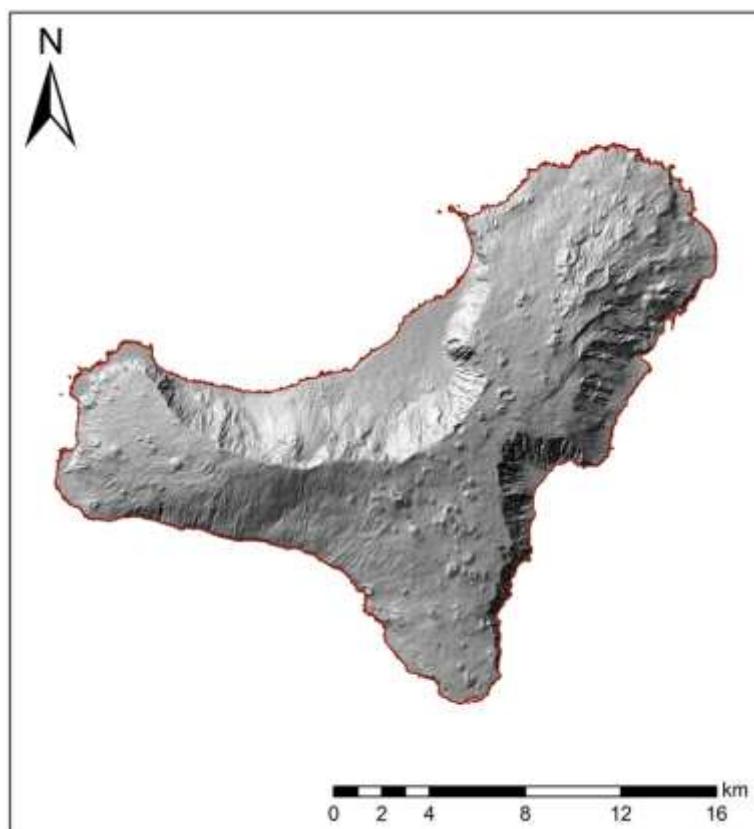


Figura 16: Modelo digital de sombras.

5.1.2 MODELO DIGITAL DE PENDIENTES

También se puede generar, mediante el MDE, un modelo digital de pendientes, que permite visualizar el grado de inclinación del terreno, facilitando así la identificación de las pendientes más pronunciadas mediante un esquema de tonos. La finalidad de este mapa es representar mediante colores las zonas del territorio con pendiente semejante (Figura 17).

Dentro del comando *Spatial Analyst* en el submenú *Surface Analyst*, encontramos la opción *Slope* que permite el cálculo del mapa de pendientes. Será muy importante a la hora de su creación, indicar el tamaño de pixel en el que se realizará: en este caso será también de 5 m como el aplicado anteriormente.

Con el mapa de pendientes se pueden estudiar las zonas donde la pendiente es más pronunciada y, por tanto, constituir zonas de mayor peligrosidad en las avenidas torrenciales, ya que la pendiente del terreno es un factor importante como se verá más adelante, cuando se realice el estudio morfométrico.

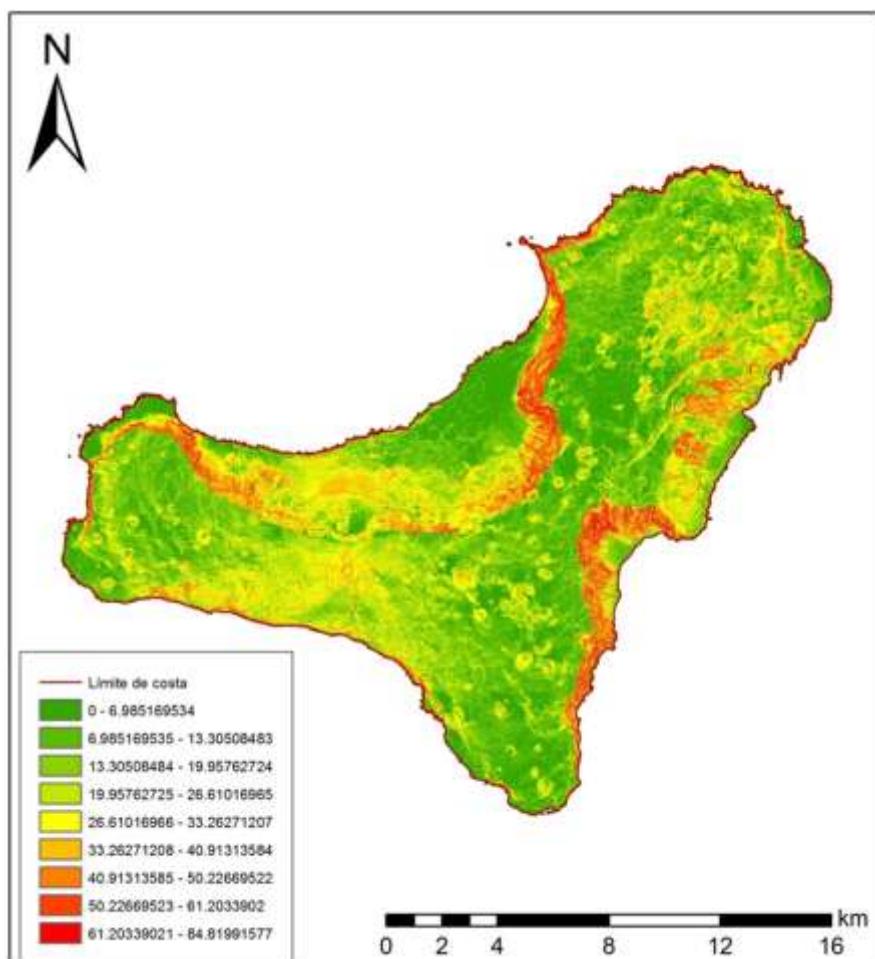


Figura 17: Mapa de pendientes de la Isla de El Hierro

5.2 TRATAMIENTO DEL MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES

Antes de determinar las cuencas debe realizarse un procesamiento previo del terreno para corregir defectos y añadir parámetros hidrogeológicos. Con ayuda del programa HEC-GeoHMS, se hará el preprocesado de los datos obtenidos y, por tanto, se detallará paso a paso el proceso seguido en el tratamiento de los datos.

5.2.1 RELLENO DE DEPRESIONES, COMANDO *FILL SINKS*

En primer lugar, debe realizarse un “rellenado” de las pequeñas depresiones presentes en el MDE, para lo cual se emplea el comando *Fill Sinks*, el cual genera un nuevo MDE corregido (*Fill*). Este comando corrige las depresiones o pozos incrementando la elevación de las celdas de esta depresión al nivel de las celdas que lo rodean. Rellenar estas depresiones permitirá al agua fluir a través del terreno, lo cual simularía el efecto que una inundación tendría en las depresiones, llenando las mismas e incrementando la cantidad de agua que fluye desde esta depresión (Figura 18).

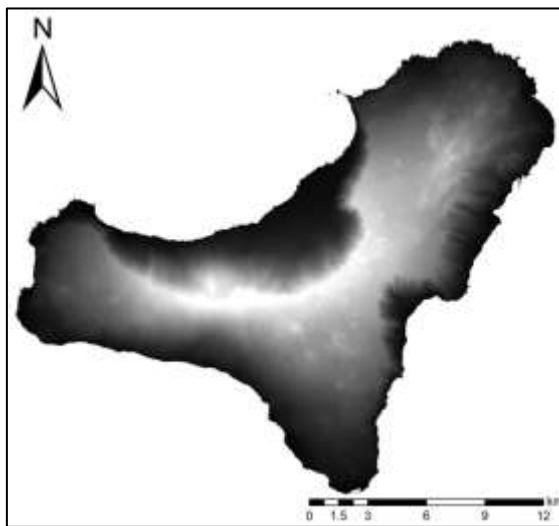


Figura 18: Resultado del relleno de las depresiones del MDE con ayuda comando *Fill Sinks*

5.2.2 OBTENCIÓN DE DIRECCIONES DE FLUJO, COMANDO *FLOW DIRECTION*

A continuación, se obtienen las direcciones del flujo del agua, para lo cual se emplea el comando *Flow Direction*, que define la dirección de mayor pendiente para cada celda del MDE corregido. Los valores se asignan por polígonos en función de cada dirección, y dan lugar a la capa que se muestra en la figura siguiente (Figura 19).

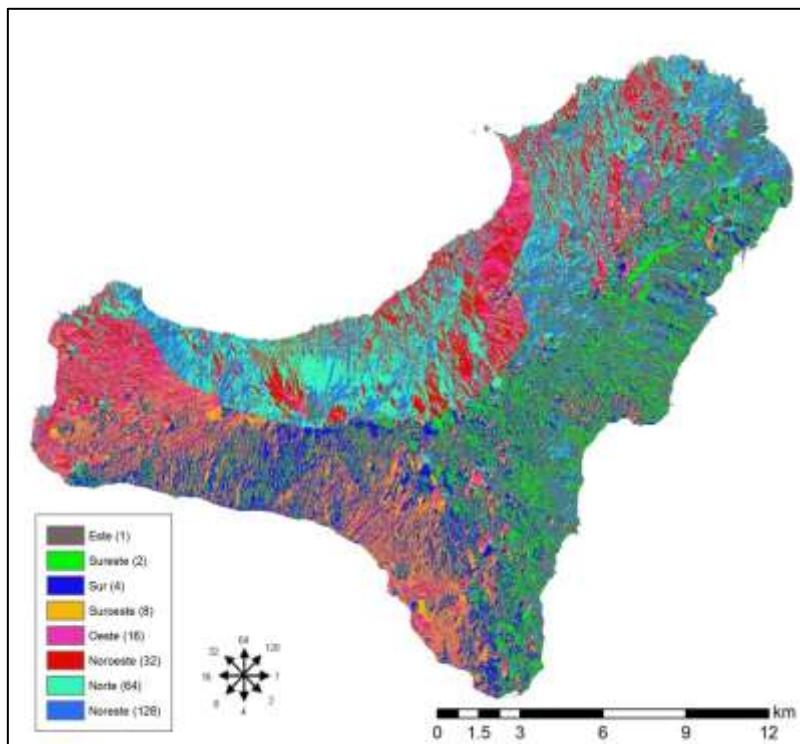


Figura 19: Representación de los valores asignados a cada dirección de flujo.

Esta dirección se calcula como el cociente del cambio de valor de z entre la distancia multiplicada por 100. La distancia se calcula entre los centros de las celdas. Por lo tanto, si el tamaño de la celda es de 1, la distancia ortogonal entre dos celdas es de uno y la distancia diagonal es 1,414.

El valor de salida de la dirección del flujo es un número entero (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128). Por ejemplo, si la dirección de descenso más empinado está a la izquierda de la celda en proceso, su dirección del flujo sería codificada como 16. Si la dirección de descenso a todas las celdas adyacentes tiene el mismo valor, la vecindad de ésta es ampliada hasta encontrar una empinada descendente mayor. Si todas las celdas adyacentes son más altas que la celda en proceso, se considerará como ruido, y ésta será llenada con el valor más bajo de sus vecinos, y tendrá una dirección de flujo hacia esta celda.

Este método, para la determinación de la dirección del flujo, se deriva de un modelo de elevación digital que fue presentado por Jenson y Dominguez (1988).

5.2.3 ZONAS DE ACUMULACIÓN DE FLUJO, COMANDO FLOW ACCUMULATION

Una vez determinadas las direcciones de flujo, se deben determinar los lugares en los que éste se acumula. El comando empleado en esta ocasión se denomina *Flow Accumulation*, (Figura 20) y sirve para determinar el número de celdas río arriba que drenan a una celda dada.

El área de drenaje en una celda determinada se calcula multiplicando el valor de la acumulación del flujo por el área de la red de celdas. El resultado de la acumulación de flujo es una matriz que lo representa, matriz en la cual se calcula para cada celda un valor de acumulación de peso proveniente de todas las celdas que fluyen hacia ella.

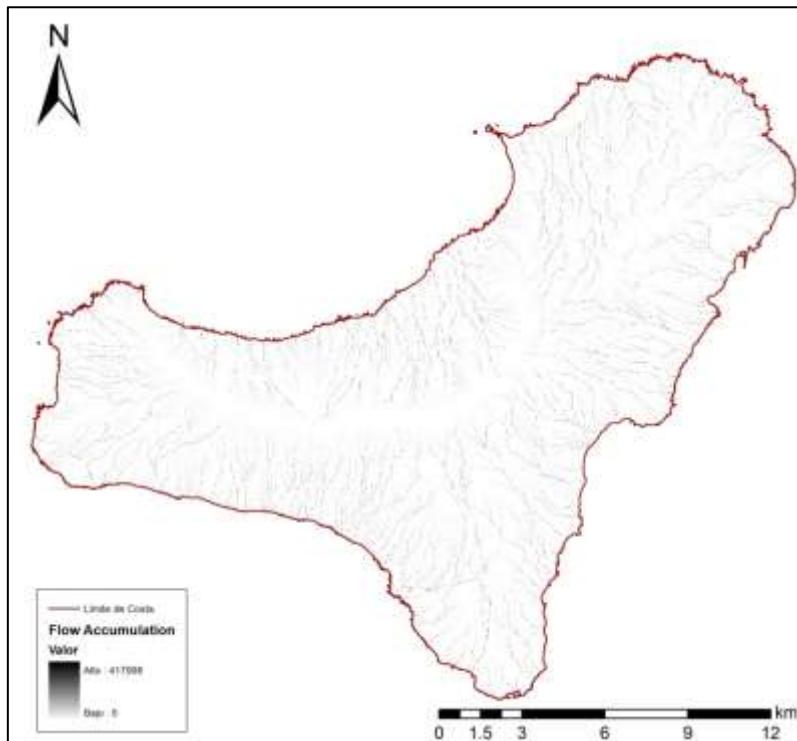


Figura 20: Representación del comando *Flow Accumulation*

El flujo acumulado está en función del número de celdas que fluyen hacia cada una de las celdas de la matriz de salida. Las celdas de salida con una alta acumulación de flujo identifican o representan la red de drenaje. Las celdas de salida con una acumulación de flujo cero son puntos topográficos altos que permiten identificar las cordilleras.

5.2.4 DEFINICIÓN DE LA RED DE CORRIENTES, COMANDO *STREAM DEFINITION*

El siguiente paso consiste en clasificar todas las celdas con una acumulación de flujo mayor que el umbral fijado por el usuario, definiendo estas celdas una red de corriente. Este paso se denomina *Stream Definition* (Figuras 21 y 22). En estas figuras se puede observar que la red sintética se asemeja bastante a la red hidrográfica existente en la isla. El umbral definido por el usuario debe estar expresado como un área en unidades cuadradas. Al tratarse de una imagen digital, se debe utilizar el píxel como unidad de medida: introducir tamaños diferentes de celdas en función del tipo de cuencas. El resultado es una capa vectorial (*shape*) que representa la red hidrológica. Este umbral se ha escogido por la cartografía de la que se disponía y por tanto el tamaño de celda utilizado ha sido de 5 que equivale a una precisión de 5m en la superficie. Se

compara con la red real y los resultados que se obtienen son aceptables frente a la calidad exigida en el proyecto.

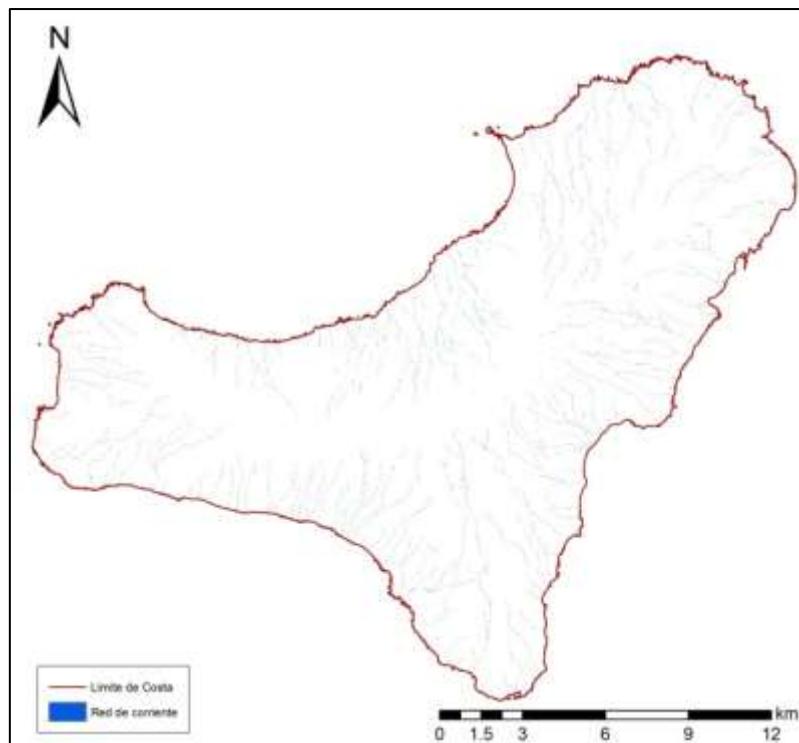


Figura 21: Red sintética de corriente creada con el comando Stream definition

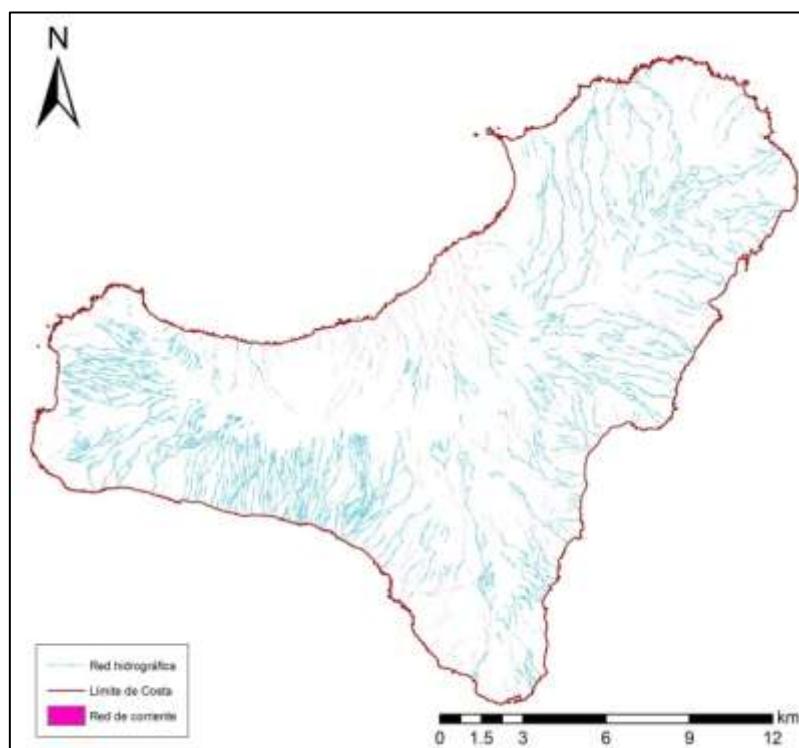


Figura 22: Comparación de la red hidrográfica real en azul y la red sintética, en rosa, generada por la aplicación

5.2.5 DIVISIÓN DE LA RED DE CORRIENTES, COMANDO STREAM SEGMENTATION

Tras la definición de la red de corriente, debe dividirse ésta en segmentos para poder definir posteriormente la cuenca definida por cada uno de ellos. El comando se denomina *Stream Segmentation* (Figura 23). Los segmentos creados son las secciones de una corriente que conecta dos uniones sucesivas, un cruce y una salida, o un cruce y la divisoria de aguas.

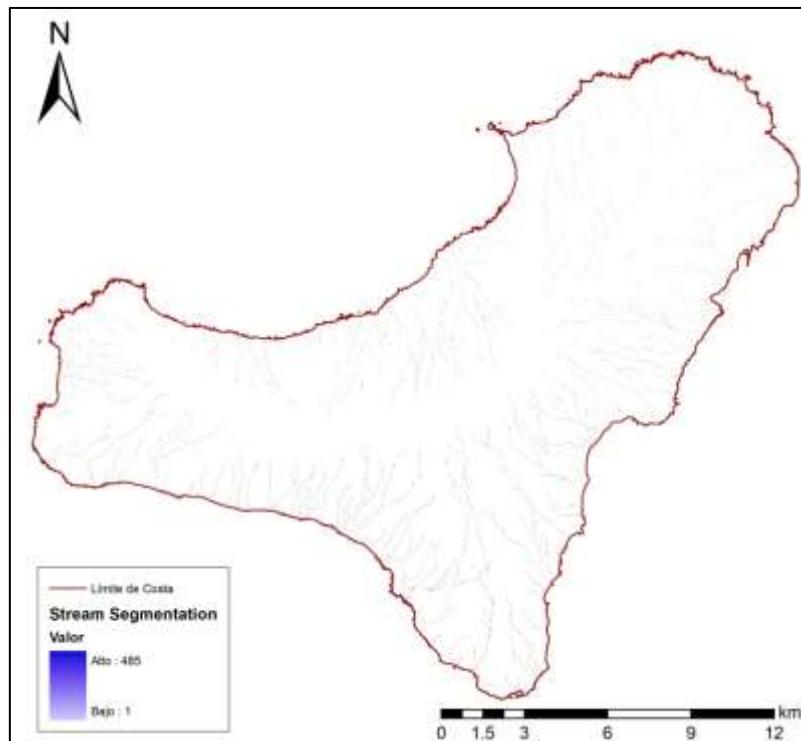


Figura 23: Representación del comando Stream Segmentation

5.2.6 DELINEACIÓN DE LA CUENCA, COMANDO CATCHMENT GRID DELINEATION

A partir de cada segmento, con el comando *Catchment Grid Delineation*, se puede delinear una cuenca. El resultado de este proceso es un conjunto de polígonos, cada uno de los cuales representa una cuenca. En la figura se observan estos polígonos como una escala de grises (Figura 24).

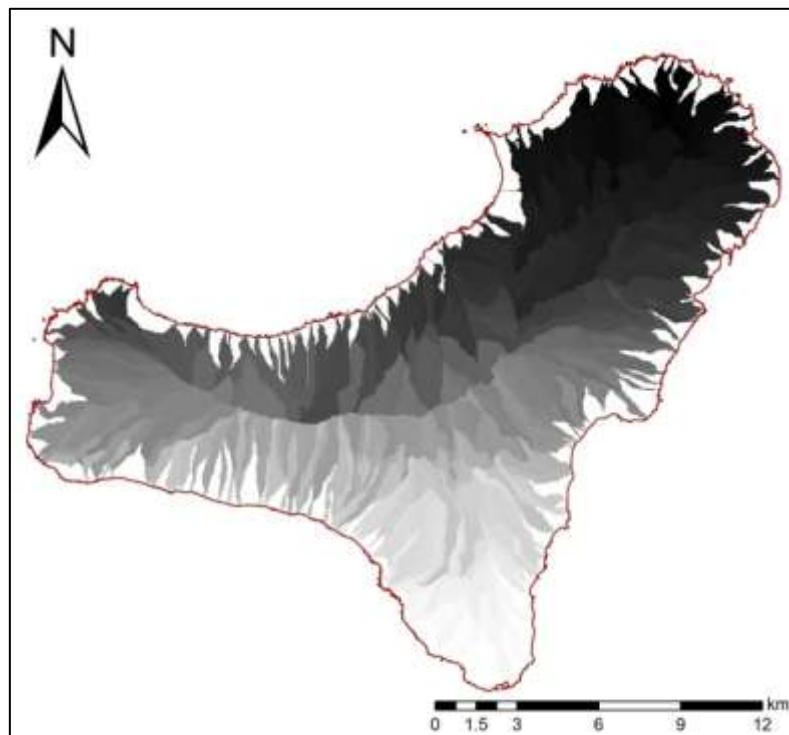


Figura 24: Polígonos resultantes del Catchment Grid Delineation.

5.2.7 CREACIÓN CAPA DE VECTORES DE CUENCAS, COMANDO CATCHMENT

Para crear una capa de vectores de las cuencas a partir de estos polígonos, se utiliza la orden *Catchment Polygon Processing* (Figura 25).

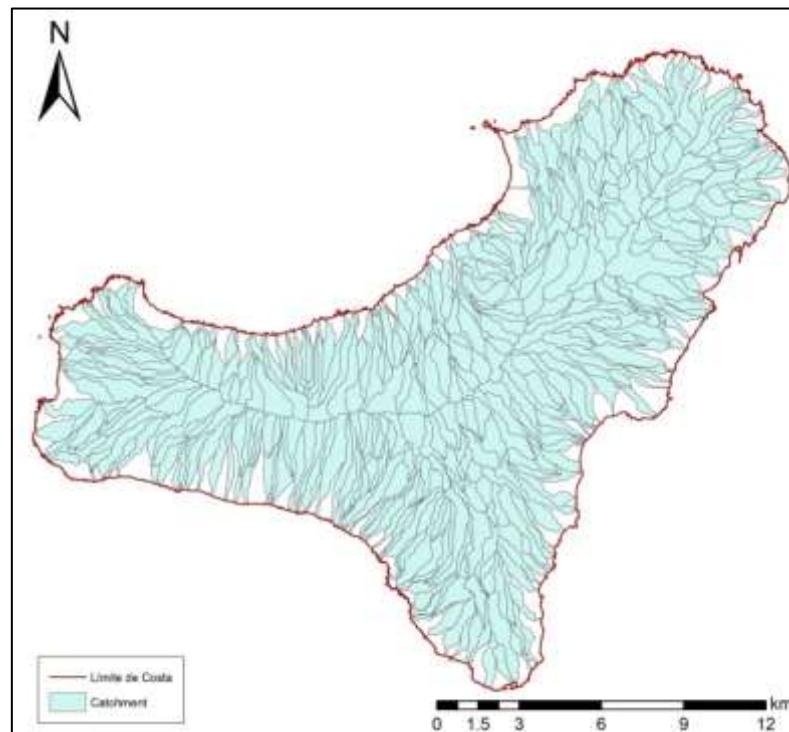


Figura 25: Capa vectorial generada con el comando Catchment Polygon Processing

5.2.8 COMANDO DRAINAGE LINE PROCESSING

La capa de vectores de las cuencas se combina con la capa de vectores de las corrientes por medio del comando *Drainage Line Processing*. En la figura se muestra combinación de la capa de vectores de las cuencas con la capa de vectores de las corrientes (Figura 26).

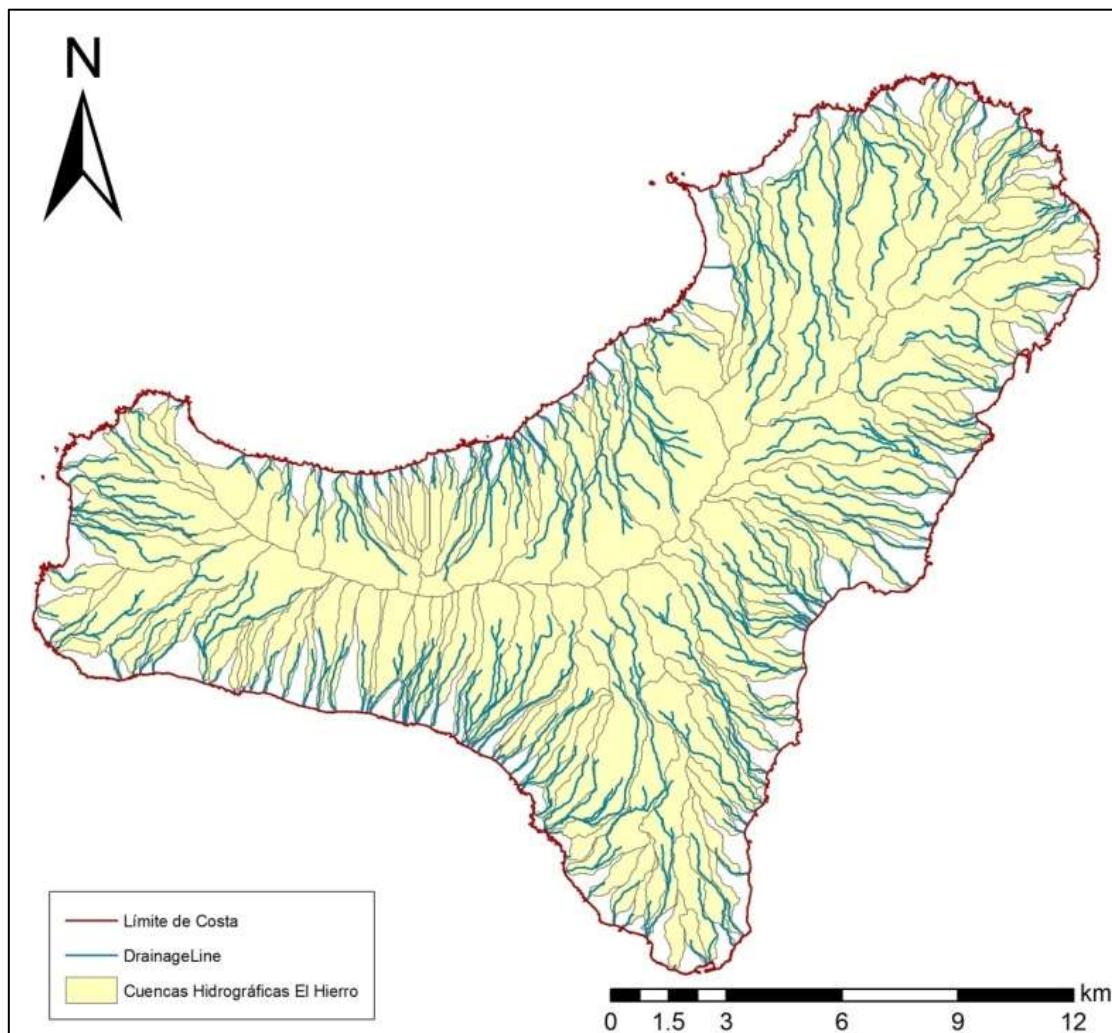


Figura 26: Capa resultante de utilizar el comando *Drainage Line Processing*

5.2.9 AGREGACIÓN DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS, COMANDO ADJOINT CATCHMENT

Por último, se debe llevar a cabo un paso para mejorar el rendimiento computacional a la hora de delinear las cuencas y mejorar la extracción de datos en la definición de un proyecto de HEC-GeoHMS. Este paso consiste en la agregación de las cuencas hidrográficas y no tiene ninguna relevancia hidrológica. Se lleva a cabo por medio del comando *Adjoint Catchment* y da como resultado la imagen que se muestra en la figura siguiente (Figura 27).

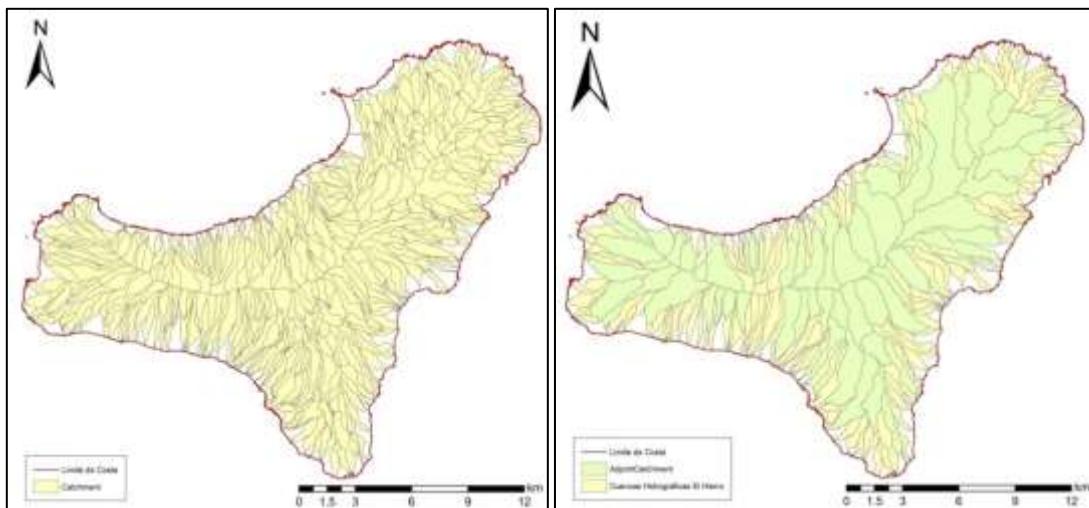


Figura 27: A la derecha capa resultante después de aplicar el comando Adjoint Catchment Polygon Processing.

5.3 CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS DE LAS CUENCAS

El resultado obtenido en el apartado anterior son numerosas subcuencas, una por cada segmento de río presente en el área del proyecto, por lo que es preciso unir las subcuencas presentes en cada cuenca, ya que como dice la definición de cuenca vertiente, una cuenca vertiente (también conocida como cuenca hidrográfica) es un conjunto de vertientes que desaguan a través de un mismo elemento (como un río, un lago o un mar). También será adecuado unir los distintos tramos de río entre sí, a efectos posteriores de cálculo. Los comandos para realizar estas operaciones son *Basin Merge* (Figura 28) y *River Merge*, incluidos también en HEC-GeoHMS.

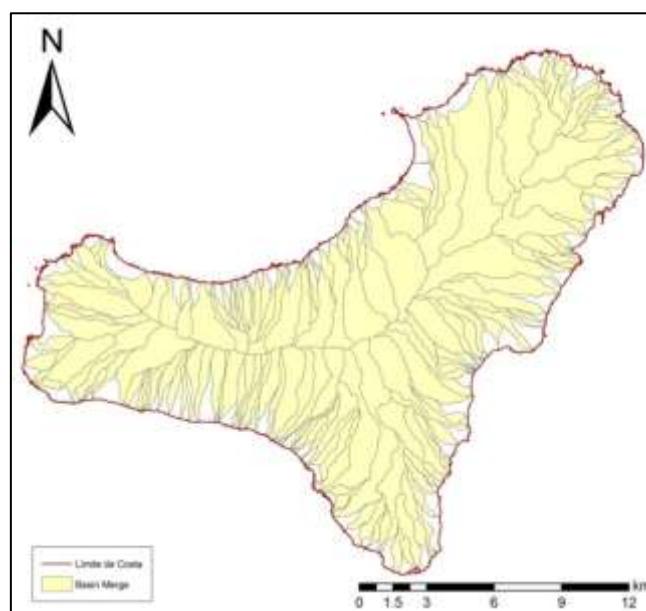


Figura 28: Resultado de unir las cuencas con *Basin Merge*.

Una vez hemos definido las cuencas y los ríos que se emplearán en el estudio hidrográfico, es preciso calcular las características topográficas de las mismas para proceder a la evaluación de los índices morfométricos. La obtención de estas propiedades se realiza mediante HEC-GeoHMS. En primer lugar, es preciso determinar la longitud y pendiente de los ríos generados en el paso anterior. Los comandos empleados son *River Length* y *River Slope*, y dan como resultado dos nuevas columnas en la tabla de atributos de la capa de ríos con las características citadas. También es preciso determinar la pendiente de cada una de las cuencas generadas. Para ello, se parte de un mapa de pendientes, y se le asigna a cada cuenca un valor de pendiente, en porcentaje, en función del valor medio de la pendiente de esa cuenca.

Una vez que se han determinado las características anteriores, el siguiente paso consiste en calcular el máximo recorrido de flujo para cada cuenca. El comando empleado se denomina *Longest Flow Path* y con él se obtiene la ruta más larga de flujo combinando los factores de la elevación corriente arriba y abajo del punto de drenaje de la cuenca, y la pendiente entre los puntos finales. El resultado se puede ver en la figura siguiente, en la que el curso más largo que puede recorrer una gota de agua que caiga en la cuenca, dicho recorrido se resalta en color azul (Figura 29).

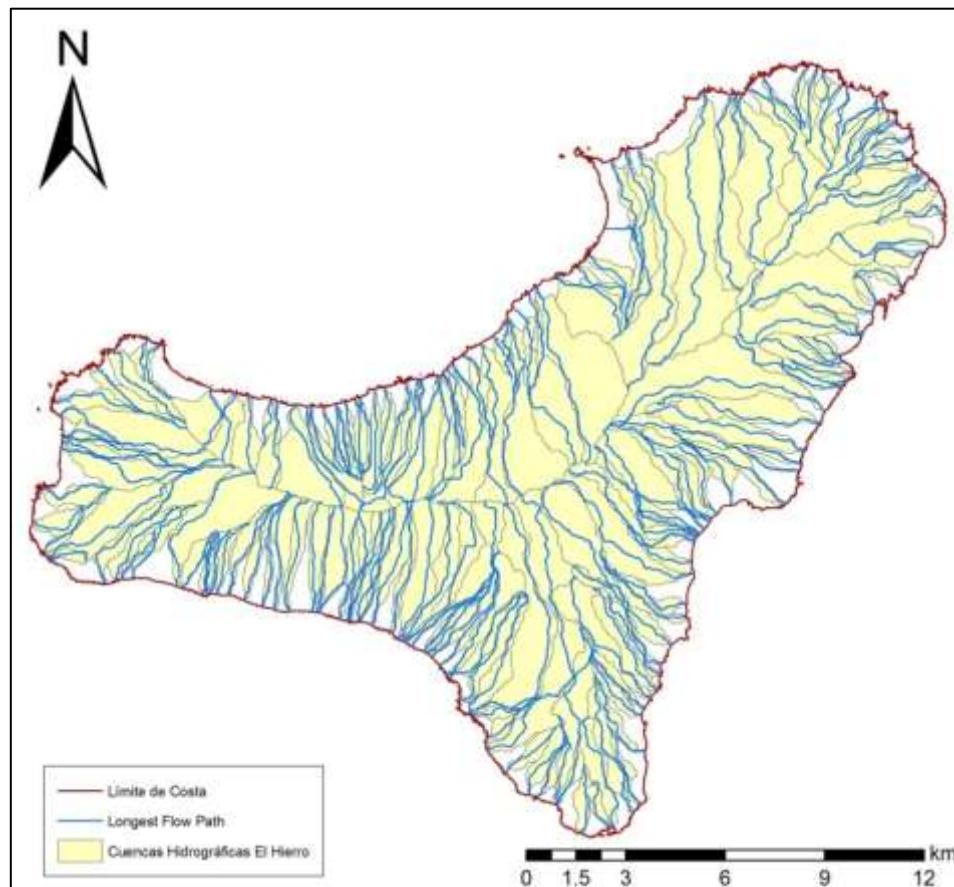


Figura 29: Capa resultante de aplicar comando Longest Flow Path.

5.4 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LAS CUENCAS

A continuación, una vez definidas las cuencas para el proyecto, con ayuda de la herramienta del ArcGIS, dentro de las *Spatial Analyst Tools*, se encuentra *Zonal Geometry*. Gracias a esta herramienta se obtienen una serie de parámetros físicos que describen la cuenca (Tabla 1), como son su longitud de ejes (tanto eje mayor, como eje menor), área de la cuenca, perímetro, orientación, espesor, centroide de la cuenca en función de x y también de y, la altura de la cuenca en función del eje z. Estos datos se obtienen en una tabla que se puede unir a los atributos de la capa, manteniéndolos asociados de una manera permanente a la capa que se utiliza. Esta serie de características físicas de la cuenca hidrográfica, se utilizarán a la hora de obtener los índices morfométricos que se necesitan en este proyecto.

Tabla 1: Medidas geométricas obtenidas con la aplicación Zonal Geometry para la cuenca número 1

Nº de Cuenca	Unidades	1
Área	(m ²)	699150,625
Perímetro	(m)	9787,782
Espesor	(m)	138,506
X Centroide		206481,594
Y Centroide		3077634,000
Eje Mayor	(m)	930,265
Eje Menor	(m)	239,229
Orientación		88,801
Longitud de Forma	(m)	4577,412
Pendiente	(%)	0,258
Elevación Aguas Arriba	(m)	1178,206
Elevación Aguas Abajo	(m)	0,000

6 ESTUDIO MORFOMÉTRICO

La integración de todo el conjunto de procesos y características medioambientales de las cuencas hidrográficas, se expresa en la morfometría de las redes de drenaje asociadas a la información enviada por cada uno de los parámetros y variables que definen la cuenca (García-Ruiz *et al.*, 1987).

6.1 VARIABLES MORFOMÉTRICAS

Son múltiples y variadas las características morfométricas que pueden ser analizadas en los estudios de redes de drenaje de cuencas hidrográficas. Su número y tipología estará definida en función de la investigación a realizar y de los resultados que se pretendan obtener (Romero Díaz y López Bermúdez, 1987).

En este caso, después de realizarse una revisión de los principales estudios de redes de drenaje (Romero Díaz y López Bermúdez, 1987), (García-Ruiz *et al.*, 1987), se han recopilado las variables necesarias.

6.1.1 VARIABLE DE RELIEVE

Esta variable puede ser considerada como una de las más importantes, ya que por ejemplo la pendiente entre otros factores, por ejemplo, influye directamente sobre todos los sistemas que forman parte de una cuenca de drenaje. Los diferentes parámetros e índices que pueden estar dentro de esta variable son los siguientes:

- Altitud máxima de la cuenca o cota más elevada dentro de ella.
- Altitud mínima de la cuenca o cota más baja de la cuenca.
- Desnivel absoluto o diferencia de cotas entre la máxima y la mínima de la cuenca.
- Altitud media o media ponderada de las superficies planimétricas entre curvas de nivel consecutivas, dividiendo éstas por la superficie total.
- Pendiente media de la cuenca, a partir del mapa de pendientes.
- Pendiente media del cauce principal o diferencia de cotas de altitud del cauce relacionado con la longitud del mismo.
- Razón de relieve, que relaciona la diferencia de cotas de altitud según Schumm (1956). Se considera el punto más alto de la cuenca, el más elevado de su perímetro y la longitud del cauce principal medido en dirección paralela al talweg.
- Coeficiente de masividad de Martonne (1940), que es el resultado de dividir la altura media de la cuenca por la superficie.

- Coeficiente orográfico de Martonne (1940), complementario del anterior y se obtiene multiplicando la altura media por el coeficiente de masividad.
- Número de rugosidad de Strahler (1958), que es el resultado de multiplicar el desnivel absoluto de una cuenca por la densidad de drenaje de la misma.
- Factor topográfico de Potter (1953), es el único que relaciona el relieve del cauce principal por la raíz cuadrada de la pendiente media del mismo cauce.

6.1.2 VARIABLE TOPOLOGICA

El método más utilizado por su sencillez y universalidad de aplicación, en el análisis topológico, es el método de Strahler (1964). Los diferentes parámetros e índices que pueden estar dentro de esta variable son los siguientes:

- Orden de cuenca.
- Número de cauces de cada orden.
- Número total de cauces.
- Razón de bifurcación de Horton, como la relación de cauces del orden inmediatamente superior.

6.1.3 VARIABLE DE LONGITUD DE CAUCE

Dentro de esta variable morfométrica, se tienen en cuenta los siguientes parámetros e índices:

- Longitud de cada orden de corrientes (Strahler, 1964).
- Longitud total del cauce.
- Longitud media.
- Longitud del cauce principal (Horton, 1932).
- Longitud del cauce más largo (Horton, 1932).
- Razón de longitud, por la que la longitud media de los cursos se incrementa dos y tres veces al aumentar el número de orden.
- Índice de sinuosidad del cauce principal, que refleja la forma del canal.

6.1.4 VARIABLE DE GEOMETRÍA DE CUENCA

La forma de la cuenca es un elemento importante que depende de su tamaño, perímetro, longitud y anchura. Los diferentes parámetros e índices que pueden estar dentro de esta variable son los siguientes:

- Índice de compacidad (Gravelius, 1914) y (Horton, 1932).
- Razón de circularidad (Miller, 1953), como relación entre el área de la cuenca y el área del círculo de igual circunferencia.
- Razón de elongación (Schumm, 1956), razón entre el diámetro de un círculo con la misma área que la de la cuenca y longitud máxima de la misma.

6.1.5 VARIABLE DE INTENSIDAD FLUVIAL

Algunos parámetros e índices para esta variable:

- Densidad de drenaje: su cálculo consiste en dividir la longitud total de todas las corrientes, por la superficie considerada, representando así una medida de longitud por unidad de superficie, y, por tanto, constituye una medida de disección (Horton, 1932).
- Índice de frecuencia: es complementario del anterior y se define como el número de cauces por unidad de superficie (Strahler, 1964).
- Constante de mantenimiento del cauce (Schumm, 1956): es el inverso de la densidad de drenaje y se halla dividiendo la superficie de la cuenca por la longitud total de los cursos.
- Coeficiente de torrecionalidad: multiplica la densidad de drenaje por el número de cursos de orden 1, en relación con la superficie.
- Longitud de flujo de escorrentía superficial: proyección horizontal de la distancia entre la divisoria topográfica de la cuenca, y el punto donde la escorrentía se concentra y forma un cauce de primer orden.

6.2 VARIABLES SELECCIONADAS PARA ESTE PROYECTO

A continuación se definen algunas medidas básicas que se han obtenido mediante el sistema de información geográfico utilizado para este proyecto como son:

- Área o superficie total de la cuenca.
- Perímetro o longitud del contorno de la cuenca.
- Longitud de la cuenca según diferentes direcciones.
- Relieve de la cuenca o diferencia de altitud entre los puntos más bajo y más alto.

La hidrología de la Isla de El Hierro está integrada por áreas con cuencas de drenaje de clara individualización topográfica, donde la práctica ausencia de cauces permanentes imposibilita la organización de la escorrentía superficial. Este hecho nos lleva, en este proyecto,

a no utilizar las variables morfométricas topológicas, ya que las cuencas existentes son independientes unas de otras, desembocando directamente al mar, lo que impide un jerarquización de la red hidrográfica. Además, no existen cauces permanentes en las cuencas hidrográficas de El Hierro, por tanto, los cauces permanecen secos durante todo el año excepto en eventos tormentosos.

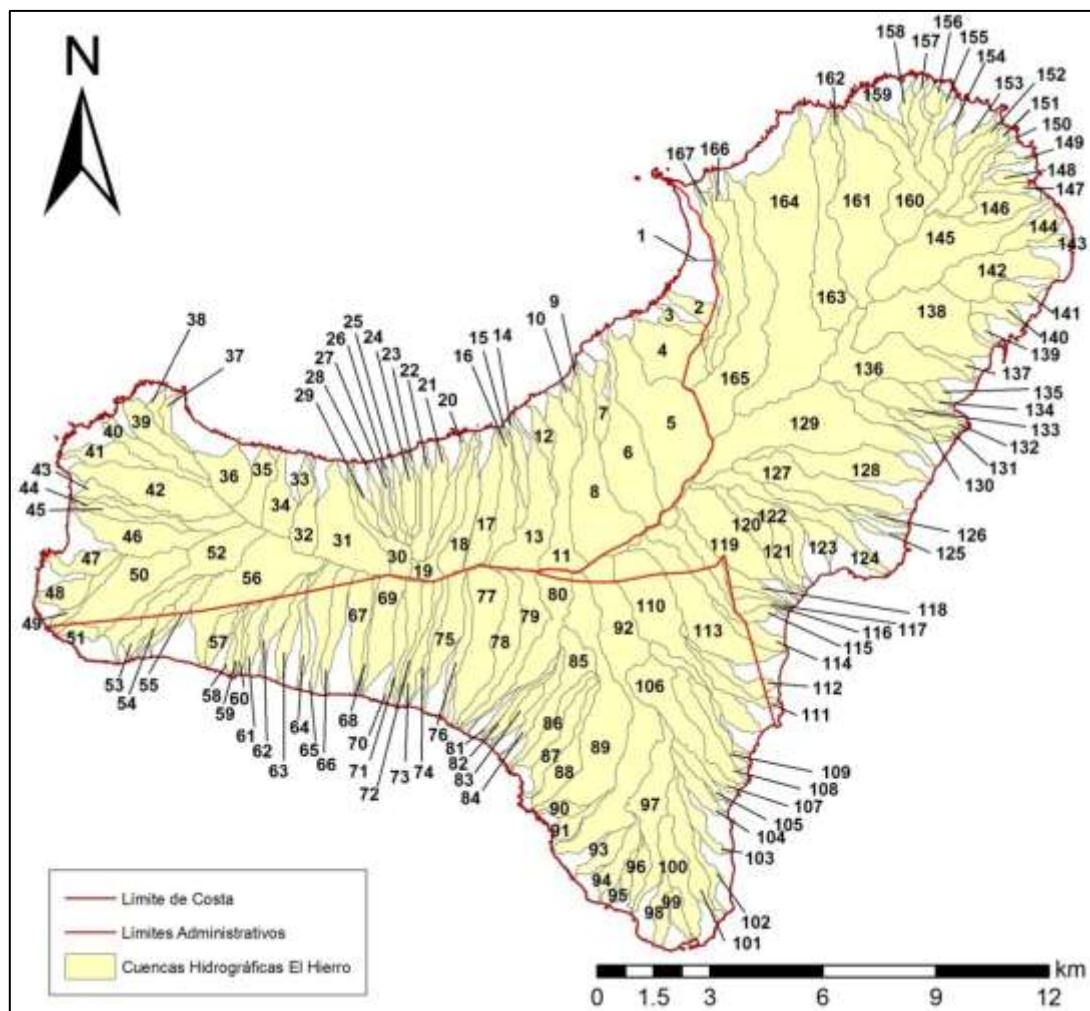


Figura 30: Numeración de las cuencas hidrográficas de El Hierro

La selección de las cuencas a estudiar se ha realizado en función del tamaño, determinándose 167 cuencas hidrográficas (Figura 30). De partida se han despreciado las cuencas menores de $0,25 \text{ km}^2$, ya que por su tamaño y corto tiempo de concentración, no dará valores representativos de torrecialidad en la creación del mapa de peligrosidad. La numeración de las cuencas para su estudio se ha realizado de manera que se empieza a numerar en sentido antihorario, comenzando por el municipio de Frontera. A continuación se añade una tabla (Tabla 2) con la relación de áreas y el número de cuenca asociado, según se ha asignado anteriormente.

Tabla 2: Número de cuenca y áreas respectivas de las cuencas estudiadas en este proyecto. (Elaboración propia)

Nº	Área								
Cuenca	(km ²)								
1	0,699	35	1,125	69	1,773	103	0,588	137	0,443
2	0,657	36	1,424	70	0,622	104	0,657	138	4,331
3	0,460	37	0,392	71	0,819	105	0,563	139	0,324
4	2,652	38	0,230	72	0,614	106	2,481	140	0,554
5	6,113	39	1,398	73	0,733	107	1,475	141	0,639
6	3,572	40	1,006	74	0,554	108	0,682	142	2,473
7	0,708	41	0,963	75	1,449	109	0,665	143	0,264
8	4,331	42	3,308	76	0,784	110	4,186	144	0,938
9	0,256	43	0,418	77	3,035	111	0,691	145	4,468
10	0,333	44	1,040	78	1,765	112	0,759	146	1,134
11	2,856	45	0,699	79	1,799	113	3,479	147	0,401
12	0,614	46	2,268	80	2,242	114	0,725	148	0,281
13	2,737	47	0,810	81	0,333	115	1,552	149	0,264
14	0,512	48	0,759	82	0,418	116	1,211	150	0,742
15	0,384	49	0,520	83	0,503	117	0,315	151	0,426
16	1,339	50	3,078	84	0,648	118	0,486	152	1,143
17	1,697	51	0,315	85	1,705	119	2,890	153	0,281
18	1,381	52	2,660	86	0,921	120	1,185	154	0,546
19	1,262	53	0,963	87	1,168	121	0,742	155	1,015
20	0,793	54	0,324	88	1,270	122	1,074	156	0,290
21	0,639	55	0,716	89	5,201	123	0,631	157	0,597
22	0,844	56	4,203	90	0,341	124	1,859	158	0,367
23	0,222	57	0,588	91	0,495	125	0,767	159	0,333
24	0,588	58	0,264	92	6,326	126	0,264	160	2,745
25	0,307	59	0,247	93	0,657	127	2,788	161	5,687
26	0,264	60	0,264	94	0,827	128	2,592	162	0,324
27	0,222	61	0,546	95	0,358	129	6,540	163	3,547
28	0,375	62	0,870	96	0,563	130	1,015	164	10,436
29	0,367	63	0,742	97	2,447	131	0,281	165	5,312
30	1,049	64	0,554	98	0,648	132	0,435	166	2,089
31	3,121	65	1,262	99	0,460	133	1,108	167	0,699
32	1,023	66	1,134	100	1,449	134	0,324		
33	0,324	67	1,313	101	1,484	135	0,264		
34	1,296	68	0,273	102	0,443	136	3,658		

Para este proyecto, los índices o parámetros que se utilizan para definir las variables morfométricas vienen definidos por Gardiner (1974), con la ayuda de una tabla que describe los factores morfológicos de las cuencas que intervienen en la tipología de las crecidas que en ellas se generan, y que ayudarán, por tanto, a la caracterización de las cuencas (Tabla 3). Además, se

incluirá también el tiempo de concentración de cada cuenca, que nos permite saber cuál será el tiempo necesario para que el agua de lluvia caída en el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca llegue a dicha sección.

Tabla 3: Principales tipos de índices y construcciones morfométricas para la caracterización de la forma, el tamaño y la altura de la cuenca hidrográfica, útiles en hidrología de crecidas. Modificado y ampliado desde Gardiner (1974)

	ÍNDICES	CONSTRUCCIONES
FORMA	Circularidad Compacidad o factor de forma Índice de Gravelius Relación de elongación Delta Índice del USACE	Relación leminiscata Comparación de áreas Relación de diámetros inscrito y circunscrito Elongación-compacidad-orientación Relación radial-línea
TAMAÑO	Área intercuenca Relación de área de la cuenca o ley de áreas de los ríos Relación de relieve Relieve relativo Número de accidentabilidad Número de geometría	Curva hipsométrica Integral hipsométrica
ALTURA	Pendiente del terreno ortogonal a las isohipsas Pendiente máxima de la ladera del valle Índice de pendiente Ángulo diedro entre los lados del valle Volumen de masa de terreno	

A continuación se hará una descripción más profunda de cada uno de los índices seleccionados y que son más determinantes para nuestro estudio. Los índices se escogen en función de la tabla de Gardiner (1974) antes mencionada y fijándose en estudios anteriores como el de Ibisate (2004) en la cuenca del río Zadorra que selecciona unos cinco parámetros y los cuantifica para un estudio de peligrosidad por las mismas condiciones de avenidas torrenciales. Debido a que tampoco existe una selección de parámetros estándar, nos fijaremos en este estudio para nuestra selección final de índices morfométricos para el estudio.

Los índices seleccionados son la circularidad, compacidad, elongación, pendiente, el área y el tiempo de concentración (Tabla 4). Todos ellos se describen a continuación.

6.2.1 ÁREA

Hay que destacar la relevancia del área de la cuenca de drenaje, ya que influye directamente en el caudal punta esperable en la misma, para un determinado periodo de retorno. Como por ejemplo, se observa en el método racional, donde la fórmula es:

$$Q_p = \frac{C \cdot I \cdot A}{3,6} \cdot K$$

Donde Q_p es el caudal pico, C el coeficiente de escorrentía, I la intensidad de la tormenta de diseño, A la superficie de la cuenca y K el coeficiente de uniformidad. Éste método supone que el caudal máximo es el generado por la lluvia, considerando una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca. El tamaño de cuenca media es de 1,363 km².

6.2.2 CIRCULARIDAD

El factor de circularidad de Miller (1953) consiste en poner en relación el área de la cuenca con el área de un círculo de igual perímetro.

$$R_c = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Donde A es el área de la cuenca y P el perímetro de la misma. Los valores oscilan entre 0 y 1, y el máximo valor equivale a la unidad, lo que correspondería a una cuenca de forma circular.

6.2.3 COMPACIDAD

El índice de compacidad de una cuenca o índice de Gravelius (K_c) (Gravelius, 1914; Horton, 1932; Jardí, 1985), nos señala la mayor o menor compacidad de la cuenca a través de la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie que la cuenca.

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Donde P es el perímetro de la cuenca y S su superficie. Cuanto más cercano esté el índice a la unidad, se considera que la cuenca tiene una forma más circular y, por tanto, es más compacta, y va aumentando conforme disminuye la compacidad.

6.2.4 ELONGACIÓN

La razón de elongación es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la cuenca y la longitud máxima de la misma. La fórmula más extendida es la propuesta por Schumm (1956):

$$R_e = \frac{1,129 \cdot A^{0,5}}{L}$$

Aunque en este proyecto se utilizará la que indica la tabla de Gardiner, que es la siguiente:

$$R_e = \frac{A^{0,5}}{L}$$

Así, valores de elongación inferiores a 1 implicarán formas alargadas, y cuanto menor sea la relación de elongación más alargada será la forma de la cuenca (Jardí, 1985).

6.2.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración que se utiliza en este proyecto es el propuesto por Témez (1991) que es una modificación del de *U.S. Army Corps of Engineers*.

$$T_c = 0,33 \left[\left(\frac{L}{S_o^{\frac{1}{4}}} \right)^{0,76} \right]$$

Donde L es la longitud del cauce principal y S la pendiente del cauce principal

6.2.6 PENDIENTE

La pendiente de una cuenca es la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la cota más baja de la cuenca, expresada en porcentaje.

Las cuencas de mayores pendientes tienen una escorrentía más veloz y, por tanto, tienden a responder más rápidamente a la precipitación incrementando los caudales punta (Sherman, 1932; Horton, 1945; Strahler, 1964).

Todos los datos obtenidos se recopilan en unas tablas (ver anexo B1), que, con ayuda de histogramas, proporcionan una estimación estadística para determinar cuáles son los valores más destacables para realizar el mapa de peligrosidad; y cuáles de todos los índices morfométricos son los que más condicionan la respuesta de la cuenca debido a las precipitaciones.

A continuación se muestra (Tabla 4 y 5) los resultados obtenidos en el índice de peligrosidad en cada cuenca para los parámetros morfemétricos seleccionados para este proyecto que son el área, la circularidad de Miller, la compacidad de Gravelius, la elongación, el tiempo de concentración y la pendiente.

Tabla 4: Ejemplo del estudio índice de peligrosidad para cada parámetro seleccionado, cuenca número 1

Número de cuenca		1	Índice de peligrosidad
Área	(km ²)	0,699	BAJO
Circularidad	Miller	0,092	BAJO
Compacidad	Gravelius	3,301	BAJO
Elongación		0,899	MEDIO
Tiempo de concentración	(horas)	1,232	MEDIO
Pendiente	(%)	0,258	MEDIO

Tabla 5: Ejemplo del estudio índice de peligrosidad para cada parámetro seleccionado, cuenca número 2

Número de cuenca		2	Índice de peligrosidad
Área	(km ²)	0,657	BAJO
Circularidad	Miller	0,222	MEDIO
Compacidad	Gravelius	2,121	ALTO
Elongación		1,162	MEDIO
Tiempo de concentración	(horas)	0,716	ALTO
Pendiente	(%)	0,430	ALTO

La recopilación de todos los índices y su valoración de peligrosidad en las 167 cuencas a estudio, está recopilado en los anexos (Anexo B.1). Los colores seleccionados para indicar el grado de peligrosidad de cada parámetro no se han escogido al azar sino que vienen determinados según los parámetros determinados por la Directiva Inspire. La Directiva Inspire aprobada por la Comunidad Europea crea un marco que transciende la apertura de una gran biblioteca cartográfica en formato digital. Se puede consultar más información sobre esta directiva en los anexos de este proyecto (Anexo C.1).

7 ANÁLISIS DE PELIGROSIDAD

En este apartado se analizará cada uno de los índices seleccionados por separado y después de su valoración se clasificarán en su conjunto.

7.1 ÁREA

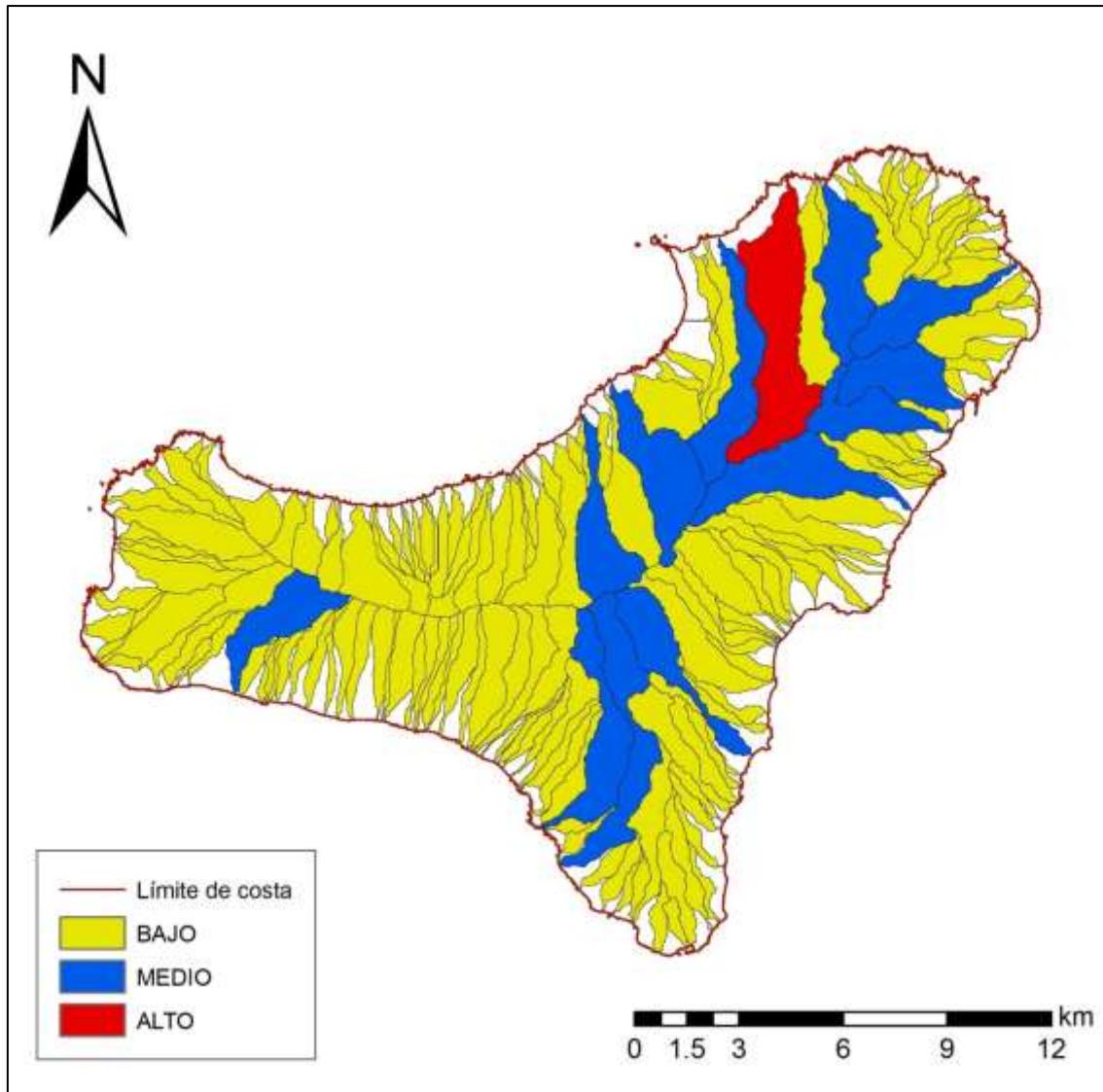


Figura 31: Mapa de peligrosidad basado en el área de las cuencas

Con respecto a este índice morfométrico, se observa claramente que el área no puede considerarse un factor muy determinante en la peligrosidad porque predomina el tamaño de cuencas alrededor del km^2 , solo destacando una cuenca mayor de 10 km^2 y menos de una decena mayores de 5 km^2 .

7.2 CIRCULARIDAD

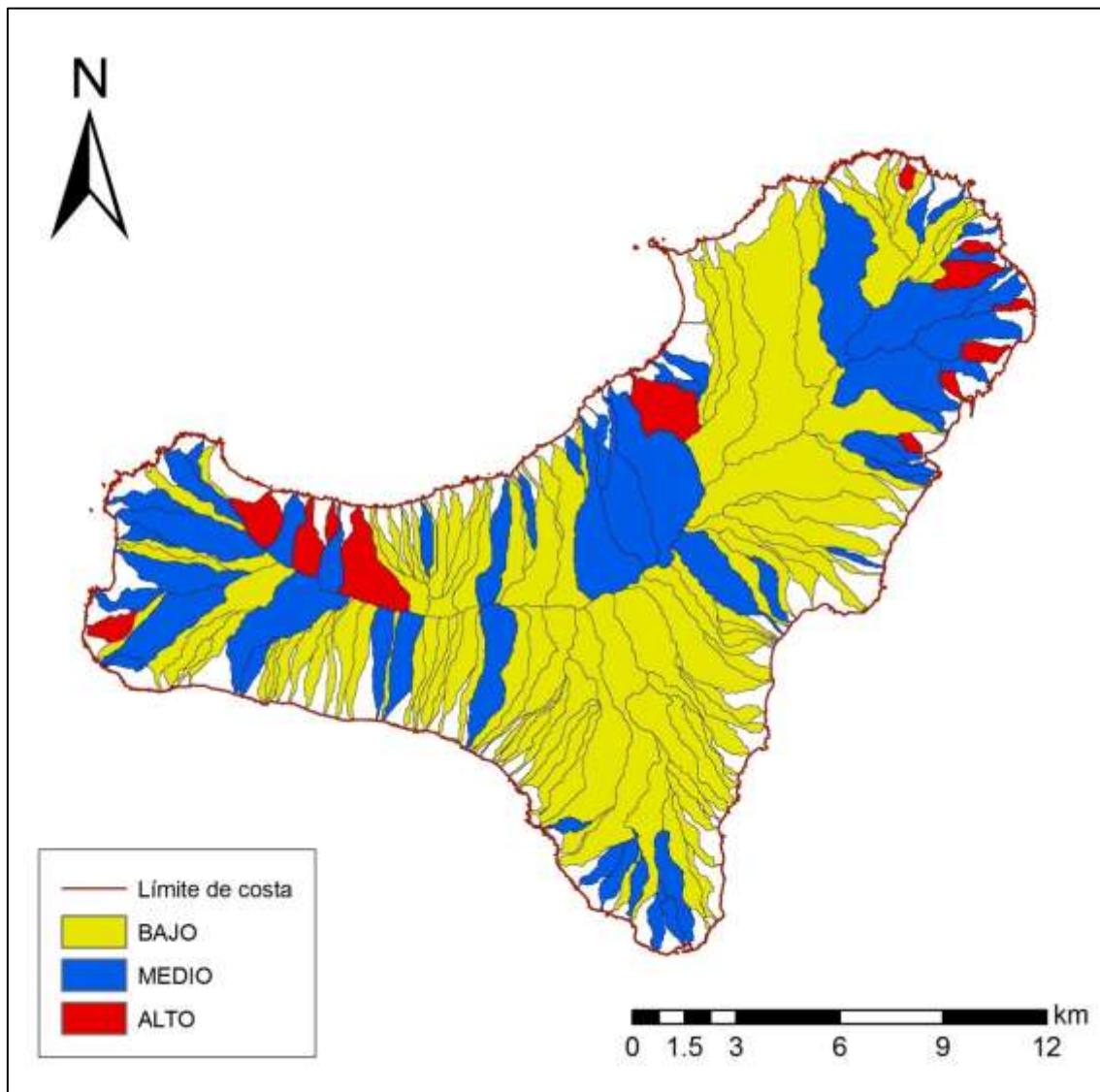


Figura 32: Mapa de peligrosidad basado en el índice de circularidad

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos para el factor de circularidad de Miller en todas las cuencas de la Isla de El Hierro, se podría destacar que el número de cuencas con un elevado valor del índice de circularidad es muy pequeño, debido a que la mayoría de las cuencas existentes son de configuración alargada puesto que la estructura de la isla da lugar a cuencas estrechas en forma de cañones y barrancos, a excepción de una decena de ellas, que sí poseen una elevada circularidad. Se puede observar también que estas cuencas no destacan por su gran tamaño sino al contrario: son casi todas de un área muy pequeña, inferior al km^2 .

7.3 COMPACIDAD

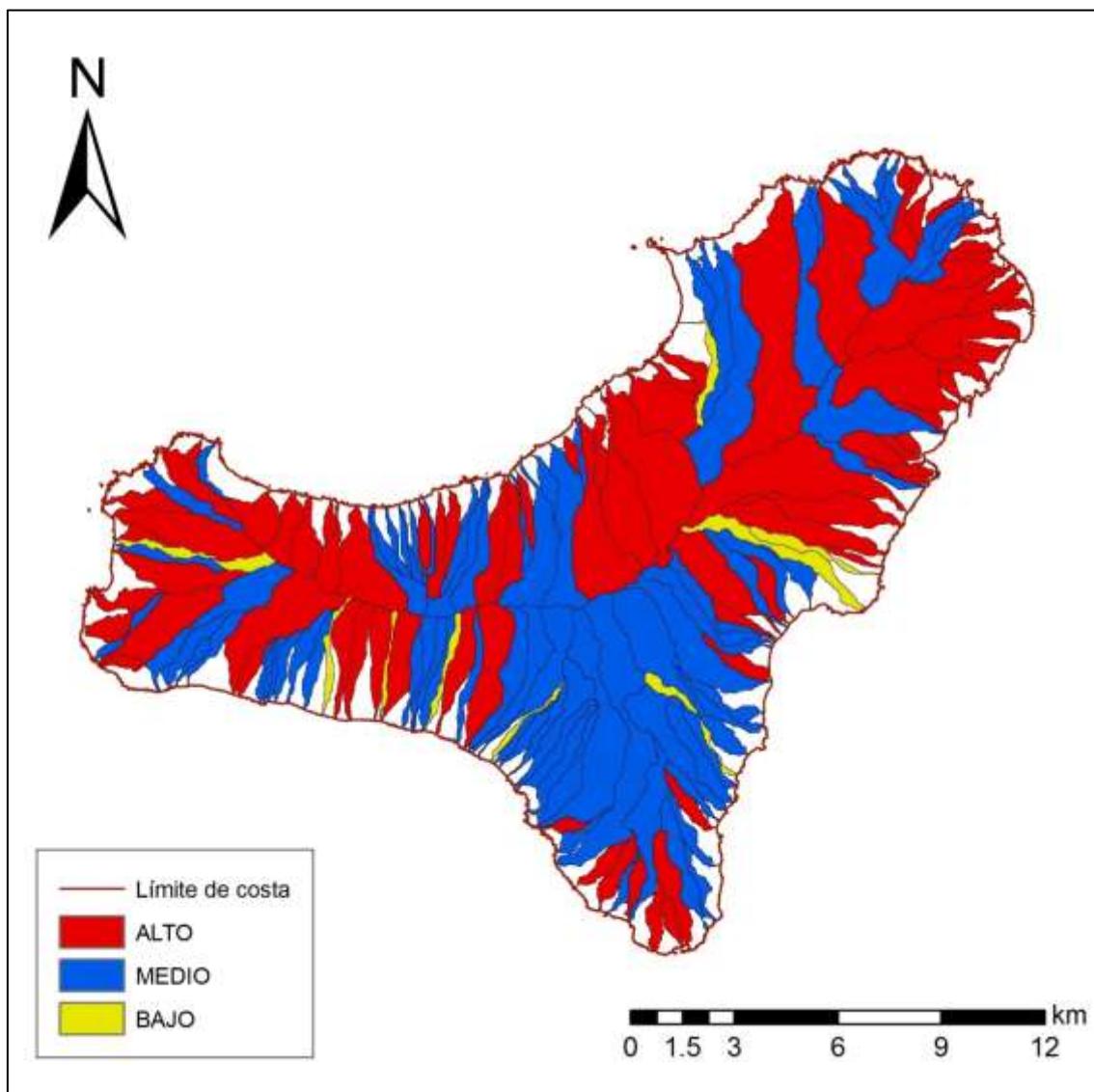


Figura 33: Mapa de peligrosidad basado en el índice de compacidad

Hay que destacar que cuanto más redondas sean las cuencas, más tardará en llegar la onda de crecida a la desembocadura de las mismas, y más acusado será el caudal punta. Si se tienen estos condicionantes en cuenta y se contrasta con el mapa, se puede observar que este índice morfométrico, da niveles de peligrosidad media y alta para bastantes de ellas. El índice de compacidad es mayor o igual a la unidad y cuanto más cerca a la unidad más se aproxima al círculo (por lo que generará mayores caudales punta). Es decir, valores más pequeños del índice indican que es más peligroso por generar mayores caudales punta.

7.4 ELONGACIÓN

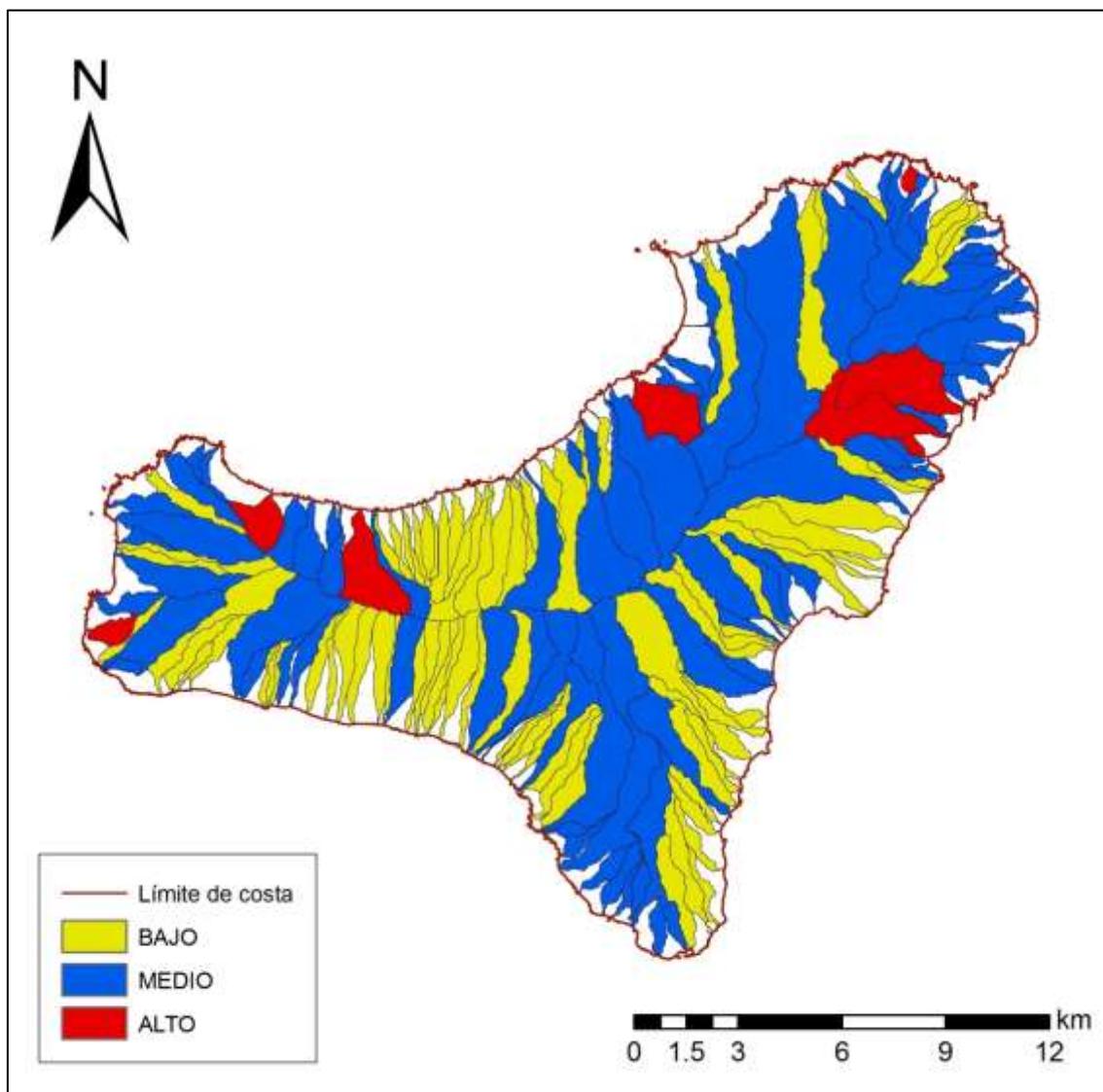


Figura 34: Mapa de peligrosidad basado en el índice morfométrico de elongación

Los valores inferiores a 1 indican formas alargadas, es decir, cuanto menor sea la relación de elongación, más alargada será la forma de la cuenca y viceversa, a mayor valor de elongación menos alargada será la cuenca hidrográfica. En este mapa se observa (Figura 31) lo ya comentado anteriormente que la disposición de las cuencas de esta isla, debido a su origen volcánico, da lugar a cuencas alargadas y estrechas, que parten de las zonas de rift de la orografía de la isla y desembocan en forma de abanico, una a continuación de la otra, por las zonas donde se produjeron los megadeslizamientos comentados dentro del apartado de la geología estructural de la Isla de El Hierro.

7.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

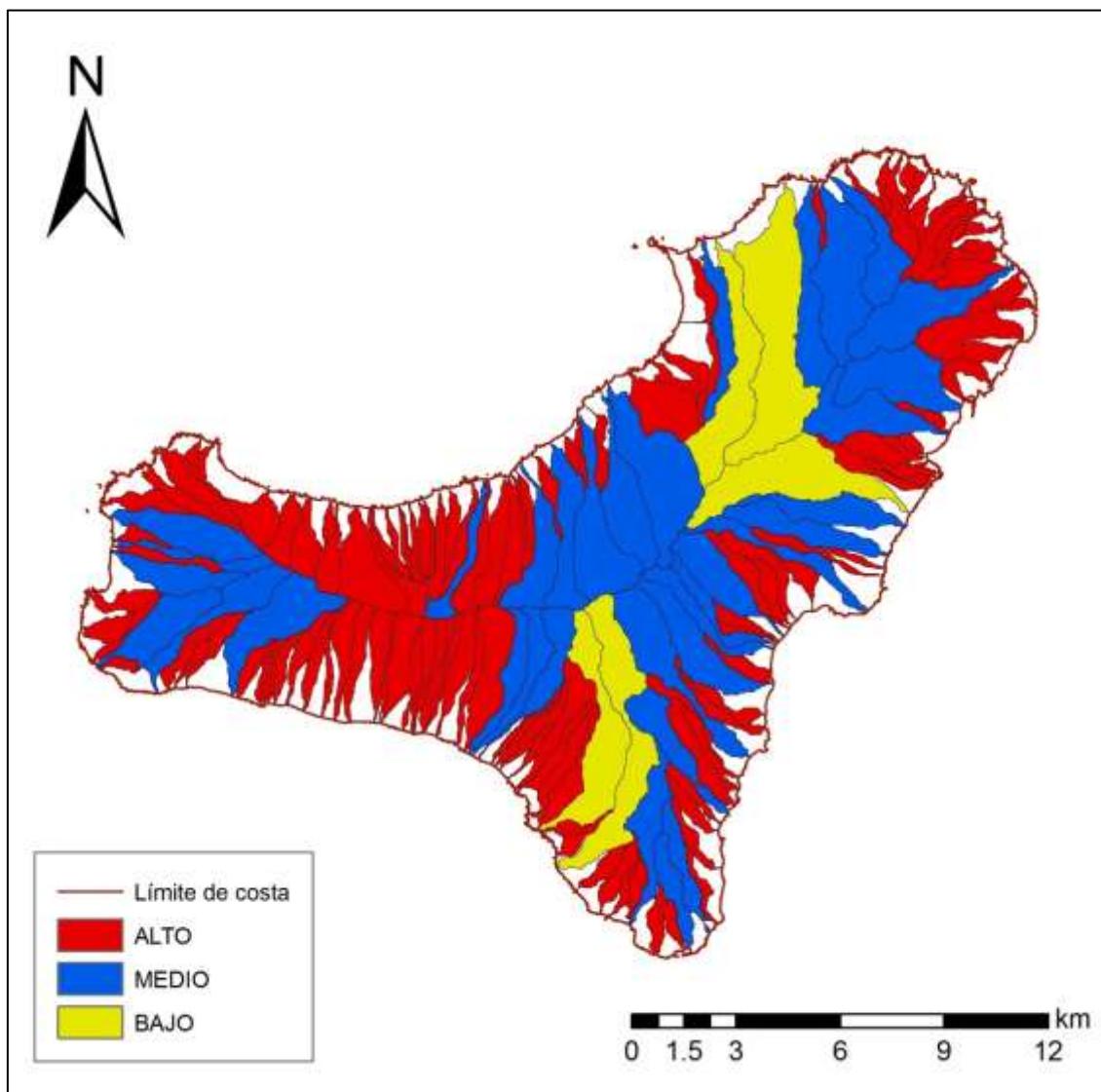


Figura 35: Mapa de peligrosidad basado en el índice morfométrico de tiempo de concentración

Según el método racional el tiempo de concentración, se define como el tiempo transcurrido desde el final del aguacero hasta el final de su hidrograma superficial. De este modo, máximo caudal originado por un aguacero estará constituido por agua precipitada exclusivamente dentro de un mismo intervalo de duración de tiempo de concentración.

Si se tienen en cuenta que a igualdad de otros parámetros, en el método racional, si se dan valores de Tc altos, los valores de la intensidad serán menores y también los caudales punta serán menores. Por tanto en el estudio de este índice, cuanto menor sea su tiempo de concentración mayor será su peligrosidad.

7.6 PENDIENTE

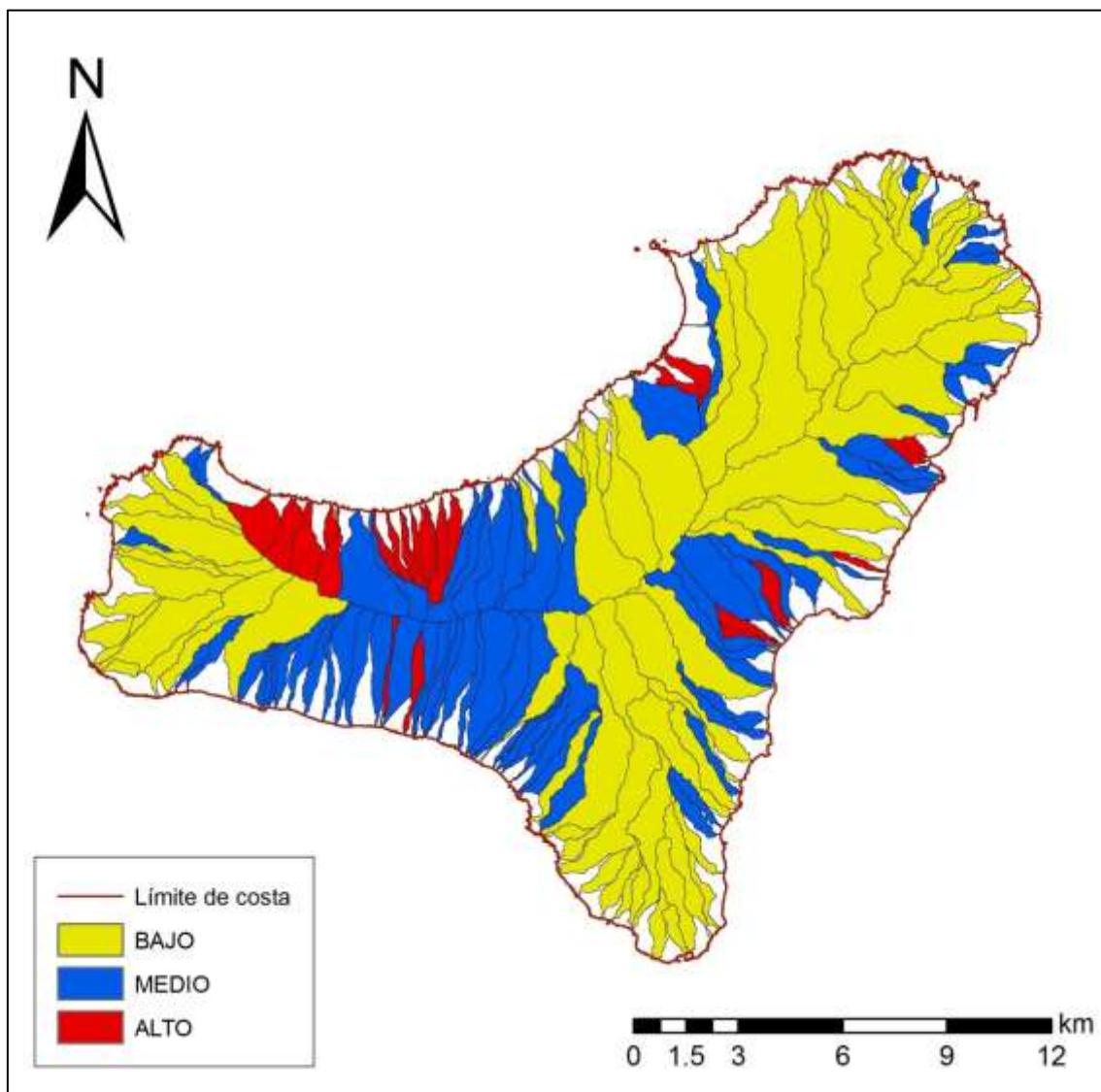


Figura 36: Mapa de peligrosidad según la pendiente.

En la Isla de El Hierro existen cuencas con elevadas pendientes, y a mayor pendiente mayor es la rapidez de concentración de las aguas. Las cuencas más alargadas tienden a una respuesta más difusa, en comparación con las respuestas de tormentas de caudales altos en cuencas compactas (Ibisate, 2004). Se observa que en el mapa (Figura 33) hay una mayor concentración de zonas de peligrosidad alta en la zona del Golfo donde la morfología del terreno da lugar a pendientes muy escarpadas. También en las demás zonas de megadeslizamientos se producen zonas de peligrosidad media y, en menor medida, de peligrosidad alta. En las zonas estructurales de rift de la isla, predomina el color amarillo para todas las cuencas, debido a que la pendiente de las mismas es menor y, por tanto, indica una peligrosidad baja.

8 ANÁLISIS GENERAL DE PELIGROSIDAD

Para este análisis se realizará el mismo estudio que para el cálculo de cada índice. Se asignará un valor de 1 para los parámetros que obtuvieron una peligrosidad baja, 2 para los de peligrosidad media y 3 para los valores altos, en los diferentes índices morfométricos analizados. El método empleado consiste en obtener el valor máximo y el mínimo, y a partir de ellos obtener un intervalo, el cual dividiremos entre los tres valores que se asignan a los mapas (bajo, medio y alto). En función del valor que se obtenga de todos los parámetros de cada cuenca se situarán dentro de un intervalo u otro. El peso de cada uno de los parámetros morfométricos seleccionados será igual para todos ellos, es decir tendrán la misma importancia. Por tanto, obtendremos una tabla (Tabla 5) con los valores ponderados de los índices seleccionados, y como resultado se obtendrá un mapa que incluye todos los parámetros estudiados (Figura 34).

Para los colores seleccionados en el análisis general de peligrosidad se ha seguido los ya mencionados antes, que están marcados por la Directiva Inspire de la Comunidad Europea y de la cual se puede consultar más información en el anexo de este proyecto (Anexo C.1). Los colores seleccionados son el rojo para un grado de peligrosidad alto, el azul para un grado de peligrosidad medio y el amarillo para un grado de peligrosidad bajo. Estos mismos colores también se utilizan en los mapas de peligrosidad.

La recopilación de todos los índices y su valoración de peligrosidad en las 167 cuencas a estudio, está recopilado en los anexos (Anexo B.1). En el anexo se añade la valoración de cada uno de los parámetros de cada cuenca y en función de esa valoración se le da un índice de peligrosidad que se gradúa en tres niveles, bajo, medio y alto. En el anexo se ven desglosadas todas las valoraciones dadas a cada cuenca en función de los resultados obtenidos para todos parámetros seleccionados en este proyecto para su análisis de peligrosidad.

Tabla 6: Valoración de peligrosidad para cada cuenca

Nº	Índice	Nº	Índice	Nº	Índice	Nº	Índice
Cuenca	Pelig.	Cuenca	Pelig.	Cuenca	Pelig.	Cuenca	Pelig.
1	BAJO	46	MEDIO	91	MEDIO	136	MEDIO
2	ALTO	47	MEDIO	92	BAJO	137	MEDIO
3	ALTO	48	ALTO	93	MEDIO	138	MEDIO
4	ALTO	49	BAJO	94	MEDIO	139	ALTO
5	MEDIO	50	MEDIO	95	MEDIO	140	MEDIO
6	MEDIO	51	MEDIO	96	MEDIO	141	ALTO
7	MEDIO	52	BAJO	97	BAJO	142	MEDIO
8	MEDIO	53	BAJO	98	MEDIO	143	MEDIO
9	BAJO	54	MEDIO	99	MEDIO	144	MEDIO
10	MEDIO	55	MEDIO	100	MEDIO	145	MEDIO
11	BAJO	56	MEDIO	101	BAJO	146	MEDIO
12	BAJO	57	MEDIO	102	BAJO	147	MEDIO
13	MEDIO	58	MEDIO	103	BAJO	148	ALTO
14	MEDIO	59	MEDIO	104	MEDIO	149	MEDIO
15	MEDIO	60	MEDIO	105	MEDIO	150	BAJO
16	MEDIO	61	MEDIO	106	BAJO	151	BAJO
17	MEDIO	62	MEDIO	107	BAJO	152	BAJO
18	BAJO	63	MEDIO	108	MEDIO	153	MEDIO
19	BAJO	64	BAJO	109	BAJO	154	MEDIO
20	MEDIO	65	MEDIO	110	BAJO	155	MEDIO
21	MEDIO	66	MEDIO	111	MEDIO	156	ALTO
22	MEDIO	67	MEDIO	112	MEDIO	157	MEDIO
23	MEDIO	68	MEDIO	113	BAJO	158	MEDIO
24	MEDIO	69	MEDIO	114	MEDIO	159	BAJO
25	MEDIO	70	MEDIO	115	BAJO	160	BAJO
26	MEDIO	71	MEDIO	116	BAJO	161	MEDIO
27	MEDIO	72	MEDIO	117	MEDIO	162	BAJO
28	MEDIO	73	MEDIO	118	MEDIO	163	BAJO
29	MEDIO	74	BAJO	119	MEDIO	164	MEDIO
30	MEDIO	75	MEDIO	120	BAJO	165	BAJO
31	ALTO	76	MEDIO	121	ALTO	166	BAJO
32	ALTO	77	MEDIO	122	MEDIO	167	MEDIO
33	ALTO	78	BAJO	123	MEDIO		
34	ALTO	79	MEDIO	124	BAJO		
35	ALTO	80	BAJO	125	BAJO		
36	ALTO	81	BAJO	126	MEDIO		
37	MEDIO	82	MEDIO	127	BAJO		
38	MEDIO	83	MEDIO	128	BAJO		
39	MEDIO	84	MEDIO	129	MEDIO		
40	BAJO	85	MEDIO	130	BAJO		
41	MEDIO	86	BAJO	131	MEDIO		
42	MEDIO	87	BAJO	132	MEDIO		
43	MEDIO	88	BAJO	133	MEDIO		
44	BAJO	89	BAJO	134	ALTO		
45	BAJO	90	MEDIO	135	ALTO		

Una vez obtenida la tabla de resultados (Tabla 5), se representa en un mapa y se obtiene la siguiente figura (Figura 34) que indica la peligrosidad por avenidas torrenciales en toda la Isla de El Hierro en función de las cuencas hidrográficas que forman dicha isla. Este mapa creado es el que se pretendía con este proyecto, valorando los parámetros morfométricos más significativos, y que mejor caracterizan todas y cada una de las cuencas hidrográficas de la Isla de El Hierro.

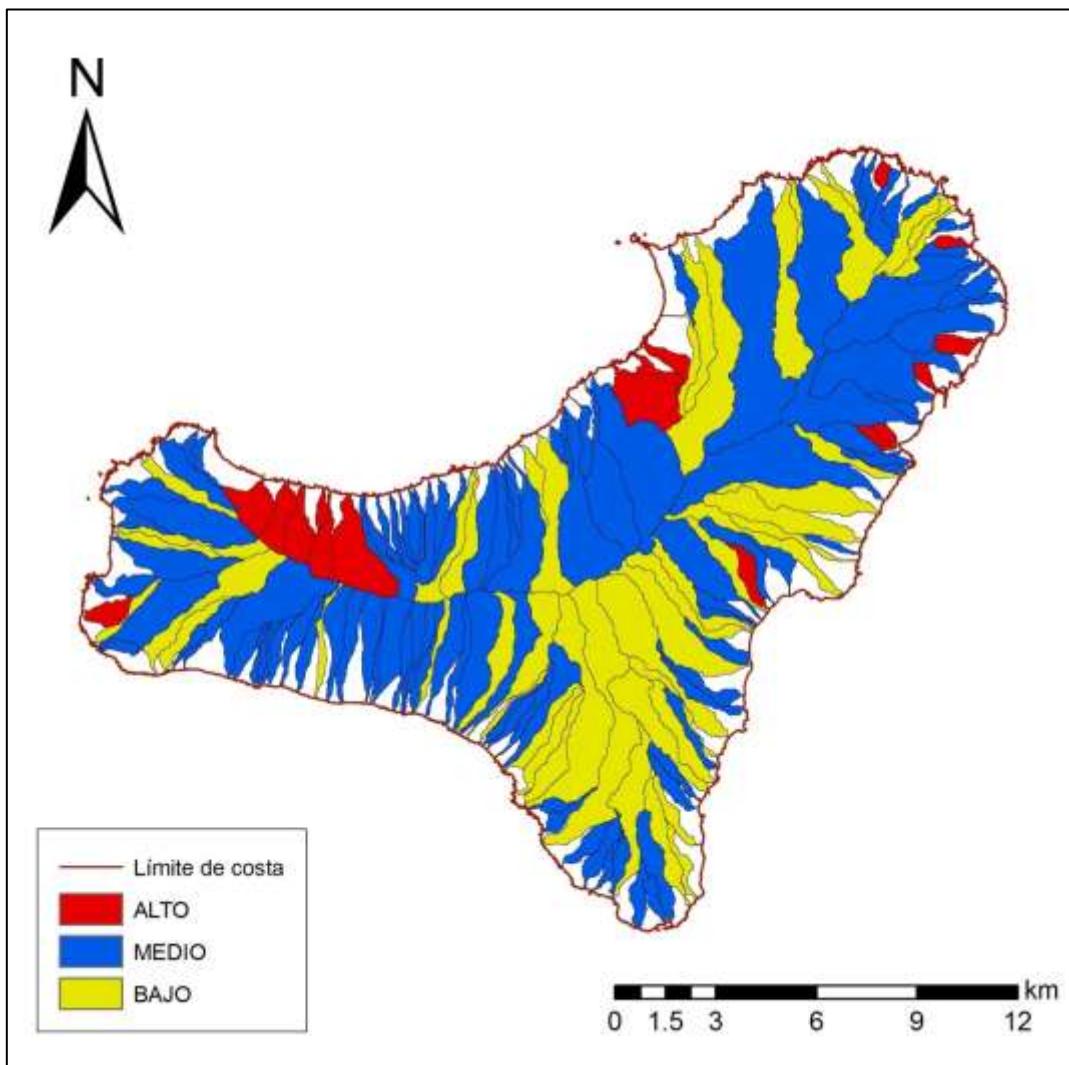


Figura 37: Mapa de peligrosidad basado en el estudio de parámetros morfométricos

Las zonas que aparecen en blanco dentro del límite de costa en el mapa que se ha generado de peligrosidad por avenidas torrenciales (Figura 34), son aquellas que tienen un área muy pequeña (inferior a $0,25 \text{ km}^2$) y, por tanto, no se consideran para el estudio, ya que el caudal generado en las mismas no será significativo. Estas zonas se podrían considerar dentro del mapa como zonas de muy baja peligrosidad. En definitiva, se podría establecer un grupo más de clasificación de peligrosidad. Pero para este proyecto no se realizará sólo se comentará, ya que las zonas de estudio no nos parecen significativas, como ya se ha comentado.

9 CONCLUSIONES

Las relaciones existentes entre la morfología de las construcciones volcánicas que arman la Isla de El Hierro y la organización de su drenaje, son evidentes. En efecto, la dimensión y forma de las cuencas y la configuración de la red hídrica se adaptan a las pendientes estructurales de los edificios originales y se disponen paralela o radialmente a partir de las líneas de cumbres de estos, constituyendo, por lo general, redes de tipo consecuente, en las que los cursos de agua corren en el mismo sentido en que buzan los estratos. Las cuencas y redes hidrográficas de esta isla se establecen, desarrollan y funcionan dentro del marco topográfico propio de dichos edificios, en un territorio con un régimen de precipitación que favorece procesos de torrencialidad marcados. Una ordenación territorial que sopesa los rasgos del sistema hídrico y de precipitación podría mitigar, incluso evitar, las consecuencias de lo que en realidad son fenómenos naturales.

La diversidad de parámetros morfométricos es grande. Existe por lo menos media docena de parámetros de forma. Cuál emplear, es una pregunta que seguramente no tiene respuesta única. Una ventaja de los parámetros morfométricos es que pueden ser procesados estadísticamente. Sin embargo, muchos de ellos relacionan mediciones fundamentales similares, como por ejemplo el área, lo cual hace que queden más o menos correlacionados entre sí. El análisis estadístico debiera ser precedido por una inspección de la constitución de los parámetros a emplear para detectar aquellos más fuertemente interrelacionados y evitar que oscurezcan otras relaciones más significativas.

Es importante resaltar que la realización de este estudio puede servir para un análisis más exhaustivo de algunas zonas determinadas de la Isla de El Hierro. Se estudiarán más en profundidad aquellas zonas que por su índice de peligrosidad elevado, según se muestra en el mapa de peligrosidad obtenido en este proyecto, las avenidas torrenciales que se produjeran crearían una mayor afectación en su zona de influencia. Así las cuencas hidrográficas con un alto índice de peligrosidad se deberían estudiar más en profundidad y priorizar su análisis respecto a aquellas cuencas cuyo índice de peligrosidad sea bajo. Porque según los datos obtenidos en el mapa de peligrosidad, en la parte noroeste de la isla se concentran un número considerable de cuencas peligrosas y si se observa el mapa topográfico se observa que existen edificaciones. También cerca del límite entre el término de Valverde y el de El Pinar, donde se sitúa la entrada al túnel de Los Roquillos, también existe una zona de elevada peligrosidad.

10 BIBLIOGRAFÍA

AFONSO PÉREZ, L. (1984). “Por la Geografía de El Hierro”. En Miscelánea de temas canarios. Excmo. Cabildo Insular de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife.

ANGUITA, F. y HERNÁN, F. (1999): “El origen de las islas Canarias: Un modelo de síntesis”. Enseñanza de las ciencias de la Tierra; 7, Monográfico de los volcanes.

AYALA-CARCEDO, Francisco Javier (1990): “Análisis de los conceptos fundamentales de riesgos y aplicación a la definición de mapas de riesgos geológicos”. Boletín Geológico y Minero, ITGE, Madrid. Vol. 101-3, págs. 456-467.

BECERRA, R.; GUILLEN, C.; DÓNIZ, J. (2007): “Erupción basálticas fisural al NE del volcán monogénico de Orchilla, El Hierro, Canarias”. Lario y Silva eds. Aequa, Avila, 133-134.

CARRACEDO, J.C.; RODRÍGUEZ BADIOLA, E.; GUILLOU, H.; DE LA NUEZ, J. y PÉREZ-TORRADO, F.J. (2001). “Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canaries”. Estudios Geológicos, 57: 1-124.

CARRACEDO, J.C. (2008). “Los Volcanes de las Islas Canarias. La Palma, La Gomera, El Hierro”. Ed. Rueda.

DAVIS, W.M. (1973). “The Geographical Cycle”. Climatic Geomorphology. MacMillan. London. 19-50.

DÍEZ-HERRERO, A. (2002a): “Condicionantes geomorfológicos de las avenidas y cálculo de caudales y calados”. Riesgos Naturales. Editorial Ariel, Ariel Ciencia, Barcelona, Cap. 49, pp. 921-952.

DÍEZ-HERRERO, A. (2002c): “Aplicaciones de los sistemas de información geográfica al análisis del riesgo de inundaciones fluviales”. Los Sistemas de Información Geográfica en la Gestión de los Riesgos Geológicos y el Medio Ambiente, Serie: Medio Ambiente. Riesgos Geológicos, Madrid, nº 3, 85-112.

DÍEZ-HERRERO, A.; LAÍN HUERTA, L. y LLORENTE ISIDRO, M. (2008). “Mapas de peligrosidad por avenidas e inundaciones. Guía metodológica para su elaboración”. Instituto Geológico y Minero de España (Madrid).

DÍEZ-HERRERO, A.; BALLESTEROS, J.A.; LLORENTE, M.; BODOQUE, J.M.; STOFFEL, M.; EGÚÍBAR, M.A.; FERNÁNDEZ, J.A.; GÉNOVA, M.; LAÍN, L. y

RUBIALES, J.M. (2008b): “Towards a classification of dendrogeomorphological evidences and their utility in flood hazard analysis”. Geophysical Research Abstracts 10: 07837.

FAIRFIELD, J. y LEYMARIE, P. (1991). “Drainage networks from grid elevation models”. Water Resources Research 27(5): 709–717.

FELÍCISIMO, A.M. (1995): “Error propagation analysis in slope estimation by means of digital elevation models”. 17º International Cartographic Conference. International Cartographic Association, Barcelona.

FUSTER, J.M.; HERNÁN, F.; CENDRERO, A.; COELLO, J.; CANTAGEL, J.M.; ANCOCHEA, E.; IBARROLA, E. (1993): “Geomorfología de la Isla de El Hierro”. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia. Sección Geológica; 88, 1-4.

GARBRECHT, J. y MARTZ, L.W. (1996). Comentado en “Digital Elevation Model Grid Size, Landscape Representation, and Hydrologic Simulations” por W. Zhangan y D. R. Montgomery. Water Resources Research 32(5): 1461-62.

GARCÍA RUIZ, J.M.; GÓMEZ VILLAR, A. y ORTIGOSA IZQUIERDO, L.M. (1987). “Aspectos dinámicos de un cauce fluvial en el contexto de su cuenca: el ejemplo del río Oja”. Monografías del Instituto Pirenaico de Ecología (C.S.I.C.) e Instituto de Estudios Riojanos, nº 3, 112 p. Jaca-Logroño.

GARDINER, V. (1974). “Drainage Basin Morphometry”. Technical Bulletins of the British Geomorphological Research Group, 14, 48 pp.

GRAVELIUS, H. (1914). “Flubkunde. Gosche’sche Verlagshaus dlung”. Berlin, In.

GUTIERREZ ELORZA, M. (1994). “Geomorfología de España”. Ed. Rueda. 526 p.

HERRERO, M. (1988): “Método de trabajo para la formación y el diseño de mapas geomorfológicos”. Anales Geografía Univ. Complutense, 8, 25-39.

HOLCOMB, R.T. y SEARLE, R.C. (1991). “Large landslides from oceanic volcanoes”. Marine Geotechnology”. v.10, p. 19-32.

HORTON, R.E. (1932). “Drainage basin characteristics”. Transactions of the American Geophysical Union, 13, 350-361.

HORTON, R.E. (1945). “Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology”. Geological Society of America Bulletin.

IBISATE GONZÁLEZ DE MATAUCO, A. (2004). "Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del Rio Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas". Boletín de la A.G.E., nº38, 311-329.

JARDÍ, M. (1985). "Forma de una cuenca de drenaje. Análisis de las variables morfométricas que nos la definen". Revista de Geografía, nº XIX, 41-68.

JENSON, S.K. y DOMINGUEZ, J.O. (1988). "Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information of system analysis". Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, nº 54, 1593–1600.

KNIGHTON, D. (1984): Fluvial Forms and Proceses. Arnold, London, 218 pp.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M.G.; MILLER, J.P. (1964): "Fluvial Processes in Geomorphology". V.H. Freeman, San Francisco, 522 pp.

LÓPEZ, F., NAVARRO, F., ROMERO, A., CONESA, C., CASTILLO, V., MARTÍNEZ, J. y GARCÍA, C. (1988): Geometría de cuencas fluviales: las redes de drenaje del Alto Guadalentín. Proyecto Lucdeme IV, Madrid, Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

LÓPEZ VERGARA, M.L. (1988): "Manual de fotogeología. Publicaciones Científicas de la Junta de Energía Nuclear", Madrid, 286 pp.

MARTÍN-SERRANO, A.; SALAZAR, A.; NOZAL, F. Y SUÁREZ, A. (2004-2008): Mapa geomorfológico de España, Escala 1:50.000. Guía para su elaboración. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 128 pp. + CD-ROM.

MARTONNE, E. (1940). "Traité de Geographie Physique". Armand Colin, Paris.

MASSON, D.G.; WATTS, A.B.; GEE, M.J.R.; URGELÉS, R.; MITCHELL, N.C.; LE-BAS, T.P. y CANALS, M. (2002). "Slope failures on the flanks of the western Canary Islands". Earth-Scx. Reviews 57: 1-35.

MILLER, V. C. (1953). "A quantitative geomorphic study of drainage basin characteristics in the Clinch mountain area: Va. and ten". Office Naval Research Project NR Tech. Rept, 3. Columbia University.

MOORE, I.D.; GRAYSON, R.B. y LADSON, A.R. (1991). "Digital Terrain Modelling: Are view of hydrological, geomorphological and biological applications". Hydrological Process, 5(1): 3-30.

MORISAWA, M. (1968): "Streams. Their dynamics and morphology". McGraw-Hill, N. York, 175 pp.

MORISAWA, M. (1985): "Rivers. Form and process. Geomorphology Texts 7". Longman, London, 222 pp.

PEDRAZA, J.; PEÑA, J.L. Y TELLO, B. (1988): "La cartografía geomorfológica". En: Gutiérrez, M. y Peña, J.L. (Eds.): Perspectivas en Geomorfología, Monografías SEG nº 2, 207-223.

PEDRAZA, J. de; CARRASCO, R.M.; DÍEZ, A.; MARTÍN DUQUE, J.F.; MARTÍN RIDAURA, A. y Sanz, M.A. (1996): Geomorfología. Principios, Métodos y Aplicaciones, Editorial Rueda, Madrid, 414 pp.

PEÑA MONNÉ. (1997): Cartografía geomorfológica básica y aplicada. Geoforma Ediciones, Logroño, 227 pp.

POTTER, W. D. (1953). "Rainfall and topographic factor that affect run-off". Transactions of the American Geophysical Union, 34, 67-73.

RÍOS ARAGÜES, S. (2001): "El Medio Físico y su peligrosidad en un sector del Pirineo Central". Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Serie Medio Ambiente, nº 1/2001, Zaragoza, 135 pp.

ROMERO DÍAZ, M.A. y LÓPEZ BERMÚDEZ, F. (1987). "Morfometría de redes fluviales: Revisión crítica de los parámetros más utilizados y aplicación al alto Guadalquivir". Papeles de Geografía (Física). N°12, 47-62.

SCHUMM, S.A. (1956). "Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth-Amboy. New Jersey". Geological Society of America Bulletin.

SCHUMM, S.A. (1977): "The Fluvial System". John Wiley & Sons, New York, 338 pp.

SHERMAN, L.K. (1932). "The relation of hidrographs of runoff to size and character of drainage basins". Transactions of American Geophysical Union, nº43, 332-339.

SOIL CONSERVATION SERVICE (1975): "Urban hydrology for small watersheds, Technical release", 55, USDA, Washington D.C.

STRAHLER, A.N. (1958). "Dimensional analysis applied to fluvially eroded landforms". Geological Society of America Bulletin, 69, 279-300.

STRAHLER, A. (1964). "Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks in Chot", V. T. (Ed): *Handbook of applied hydrology*. New York, 4.40-4.74.

TARBUCK y LUTGENS (1999): *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la Geología Física*. Prentice Hall. Madrid, 616 pp.

TÉMEZ, J.R. (1991). "Extended and Improved Rational Method". Version of the Highways Administration of Spain. Proc. XXIV AIHS Congress, Vol. A, 33-40.

TRIBE, A. (1992). "Automated Recognition of Valley Heads from Digital Elevation Models". *Earth Surface Processes and Landforms* 16(1): 33-49

USACE. U.S. ARMY (1957): "Flood Prediction Techniques". U.S. Department of the Army, Washington. D.C., TB 5-550-3.

USACE. U.S. Army Corps of Engineers (2010): *HEC-GeoHMS, Users Manual*, Hydrologic Engineering Center, Davis (California).

ZHANG, W. y MONTGOMERY, D.R. (1994). "Digital Elevation Model Grid Size, Landscape Representation, and Hydrologic Simulations". *Water Resources Research* 30 (4): 1019-1028.

**MAPA DE PELIGROSIDAD POR AVENIDAS
TORRENCIALES EN LA ISLA DE EL HIERRO**

DOCUMENTO 2: ESTUDIO ECONÓMICO

1 COSTE DEL ESTUDIO

En el siguiente estudio económico se establecen los costes generados al realizar el proyecto: “Mapa de peligrosidad por avenidas torrenciales en la Isla de El Hierro”.

En la realización de este proyecto han participado dos ingenieros superiores:

Un ingeniero senior, con una dedicación de un mes.

Un ingeniero junior, con plena dedicación durante tres meses.

Se suponen jornadas de 7,5 horas y 20 días laborables por mes.

Asimismo, ha sido necesaria la realización de una campaña de campo, con el objeto de examinar “in situ” determinadas zonas con un detalle superior al suministrado por el Sistema de Información Geográfico, con una duración de nueve días, y cuyo coste ascendió a 2 930 €.

La tabla (Tabla 7) muestra un resumen de todos los costes.

Tabla 7: Tabla resumen de costes del proyecto

CONCEPTO			COSTE (€)
PERSONAL	Ingeniero Senior (36,65 €/h)	5 497,5 €	17 580 €
	Ingeniero Junior (26,85 €/h)	12 082,5 €	
CAMPAÑA DE CAMPO			2 930 €
TOTAL			20 510 €

El coste del estudio asciende a un total de VEINTE MIL QUINIENTOS DIEZ EUROS (20 510 €).

**MAPA DE PELIGROSIDAD POR AVENIDAS
TORRENCIALES EN LA ISLA DE EL HIERRO**

DOCUMENTO 3: ANEXOS

ANEXO A: APLICACIONES INFORMÁTICAS

A.1 ARCGIS-ESRI

ArcGIS es un programa computacional usado para crear, visualizar, y analizar datos geoespaciales, desarrollado por *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) de *Redlands*, California. ArcGIS consiste de tres componentes: *ArcCatalog*, *ArcMap* y *ArcToolbox*. *ArcCatalog* se usa para hojear mapas y datos espaciales, explorar datos espaciales, visualizar y crear metadatos, y administrar datos espaciales. *ArcMap* se usa para visualizar datos espaciales, realizar análisis espaciales y crear mapas para mostrar los resultados de su trabajo. *ArcToolbox* es una interfase para acceder a funciones de conversión y análisis de datos que vienen dentro de *ArcGIS*.

ArcGis es un sistema integrado de información geográfica que puede ser utilizado por usuarios individuales o varios usuarios simultáneamente. Los usuarios pueden utilizar una o varias herramientas del sistema para desarrollar SIG de diferentes capacidades.

El sistema ArcGis permite editar, automatizar y administrar la información, así como realizar análisis geográfico, administrar metadatos, desarrollar información y elaborar aplicaciones para Internet.

ArcGis puede manejar datos de tipo vectorial, raster y otros tipos de datos espaciales(TIN). Los modelos que se manejan en el son los siguientes:

- Modelos basados en archivos:

Información en forma de archivos Coberturas, ficheros de formas (shapefiles), grids, imágenes, redes irregulares de triangulación (TIN).

- Modelos de Geodatabase (Base de Datos Geográfica):

Información geográfica organizada en un Sistema de Administración de Base de Datos Espacial (Spatial Data Base Management System, DBMSs).

- Base de Datos Geográfica (Geodatabase):

Modelo de datos para representar información geográfica utilizando tecnología de bases de datos relacionales. La utilización de una Geodatabase permite definir reglas de integridad y de comportamiento de los datos espacial para modelar objetos geográficos, tales como redes, topologías, terrenos y catálogos de imágenes.

ArcGis Desktop:

El ArcGis Desktop comprende las aplicaciones de ArcMap, ArcCatalog y ArcToolbox, y por medio de estas aplicaciones se puede manejar la información geográfica de forma integrada.

ArcMap

Es la aplicación utilizada para todas las tareas de cartografía y edición, así como para el análisis de mapas. Por lo que ArcMap permite la creación e interacción de mapas. En ArcMap se pueden visualizar, editar y analizar la información geográfica. Se pueden realizar consultas a la información espacial para encontrar y entender las relaciones entre los diferentes elementos geográficos. También se puede simbolizar la información de diferentes formas. Así como, se pueden crear gráficas y reportes para comunicar los resultados a otras personas. Y por último, se pueden crear salidas de mapas de forma “lo que se mira es lo que se obtiene”

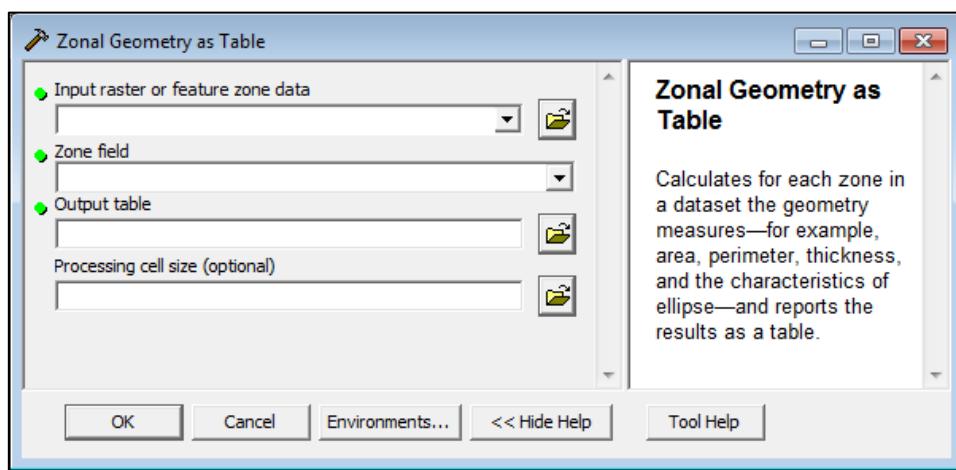


Figura: Aplicación de Zonal Geometry de ArcGiS, utilizada en este proyecto

ArcCatalog

Es la aplicación del ArcGis Desktop utilizada para la administración de la información espacial y el diseño de bases de datos, además de utilizarse para la creación y visualización de metadatos. Esta aplicación permite encontrar, previsualizar, documentar y organizar la información geográfica, así como crear sofisticadas geodatabases para almacenar información.

ArcToolbox

Esta aplicación contiene las herramientas utilizadas para el geoprocесamiento. Por medio del ArcToolbox se pueden importar y exportar capas de información; así como proyectara diferentes sistemas de proyección.

Interfaz gráfica de usuario (gui)

Toda la funcionalidad de ArcGIS es invocado a través de la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI).

SETS DE DATOS DE ARCGIS

Tipos de Codificación de los datos geográficos

La manera en que se guarda la información que representa los datos geográficos en un SIG tiene dos vertientes:

Representación vectorial, utiliza los elementos (primitives) llamados punto, línea y polígono para representar la geografía.

Representación ráster, se basa en la unidad fundamental llamada celda o píxel, los cuales definen toda una capa de información.

Variables Geográficas

Existen dos tipos fundamentales de variables que se muestran a continuación:

Datos discretos

Es el tipo de dato que se constituye por elementos separados unos de otros o individualmente distintos. Se representan mediante el modelo vectorial en forma de puntos, líneas, o polígonos.

Datos continuos

Se representan mediante la agrupación de celdas que tratan de imitar este tipo de datos. En realidad cada celda tiene un valor separado. La variable más común que se representa de esta manera es la elevación, pero pueden ser muchas más como por ejemplo, precipitación, temperatura, niveles de acidez en el suelo, etc. Los programas ráster trabajan este tipo de representación de datos.

Fuentes de información

Este tema es de importancia fundamental para poder entender mejor la información que se está utilizando y poder decir cuál será la validez o confiabilidad de los datos.

Información primaria

Es la que se recoge directamente en el lugar a ser investigado. Las encuestas, el uso de medidores de distinto tipo son ejemplos de cómo se puede generar información de lo que llamamos también “de primera mano”. Sin embargo realizar este tipo de tarea puede ser costoso y se necesita usualmente hacer muestreos ante la dificultad de realizar estudios en la totalidad de los casos.

Información secundaria

Es aquélla que utilizamos de fuentes que ya colectaron la información y que no tenemos control de cómo fue recopilada. Ejemplos de esto son los Censos de población decenal, información derivada de estudios anteriores y otros. Hacemos la distinción que no necesariamente una es mejor que la otra sino que se puede tener más control sobre las mediciones cuando lo hacemos de primera mano. Del mismo modo, también podemos viciar las mediciones intencionalmente o no. Por lo regular tendemos a confiar ciegamente en las fuentes de información secundarias. Por esto es necesario que el técnico SIG vea la documentación (metadatos) de estas fuentes de información para poder tener una mejor idea de la utilidad de los datos que usará. Una buena documentación provee datos tales como los métodos de medición, cómo se efectuó el muestreo (si existió alguno), fechas, datos usados, población estimada, etc. Con esto recalcamos que esta información es valiosísima para poder saber la validez de los análisis que se hagan en cualquier sistema de información.

Datos Almacenados

La base de datos asociada a un SIG se compone de campos y records con estos tipos de datos, numéricos

Se dividen principalmente en:

- Binarios: Usados para tipos especiales de información: cierto o falso o para objetos como imágenes, etc.
- Fechas: Un tipo especial de dato numérico
- Enteros: Cualquier número positivo o negativo que no incluya una fracción.
- Reales: Incluyen los números enteros y cualquier número con fracción.
- Texto

Las cadenas de caracteres se usan para describir características nominales o de cualidades de los récords en una base de datos.

Objetos

Esta compuesta de archivos, imágenes, etc. Las bases de datos modernas también pueden guardar imágenes y la geometría que define los puntos líneas y polígonos mediante formatos numéricos binarios.

A.2 ARCHYDROTOOLS

Arc Hydro consiste de una extensión de un modelo geodatabase para ayudar en el manejo de los recursos hídricos (Proporciona la estructura estándar del modelo de datos).

Contiene un conjunto de herramientas para el cálculo de parámetros en la geodatabase ArcHydro, así como funciones básicas que son aplicables en el manejo de los recursos hídricos.

Representa el punto de partida para la implementación de una base de datos y desarrollo de aplicaciones en el área de recursos hídricos.

Es una herramienta muy buena para trabajar con cuencas hidrográficas/hidrológicas balances hídricos, calidad de agua, parámetros morfométricos, etc)

A.3 HEC-GEOHMS

El Centro de Ingeniería Hidrológica (*Hydrologic Engineering Center*, HEC) es una organización dentro del Instituto de Recursos Hídricos y es el centro de referencia oficial para el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en las áreas de la hidrología superficial y subterránea; la hidráulica fluvial y el transporte de sedimentos; las estadísticas hidrológicas y el análisis de riesgos; el análisis del sistema de depósito; la planificación de los análisis; el control en tiempo real de la gestión del agua y una amplia serie de otros temas técnicos estrechamente relacionados.

HEC proporciona apoyo a las oficinas de campo del Cuerpo de Ingenieros, la sede, y los laboratorios, proporcionando los medios técnicos y de orientación; los modelos de los recursos hídricos y de los servicios asociados; así como la prestación de asistencia técnica en proyectos especiales. Los productos que se desarrollan a partir de estas actividades son para el Cuerpo, pero están a disposición del público y puede ser libremente descargado desde el sitio web www.hec.usace.army.mil.

La extensión de Modelación Hidrológica Geoespacial (*Geospatial Hydrologic Modeling Extension*, HEC-GeoHMS), ha sido desarrollada como un conjunto de herramientas hidrológicas y geoespaciales para ingenieros y técnicos con limitada experiencia en el uso de Sistemas de Información geográfica (SIG). El HEC-GeoHMS utiliza ArcView y la extensión de análisis espacial (*Spatial Analyst*) para desarrollar una serie de entradas para la modelación hidrológica llevada a cabo por el Sistema de Modelación Hidrológica (HEC-HMS). ArcView GIS y su extensión de análisis espacial están disponibles gracias a Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI).

Analizando los datos digitales del terreno, el HEC-GeoHMS transforma las vías de drenaje y los límites de las cuencas en una estructura de datos hidrológicos que representa la red de drenaje. El programa permite a los usuarios visualizar la información espacial, las características del documento de las cuencas hidrográficas, realizar un análisis espacial y delinear subcuencas y arroyos. Trabajar con HEC-GeoHMS a través de sus interfaces, menús y herramientas permite al usuario crear oportunamente las entradas para la modelación hidrológica con HEC-HMS.

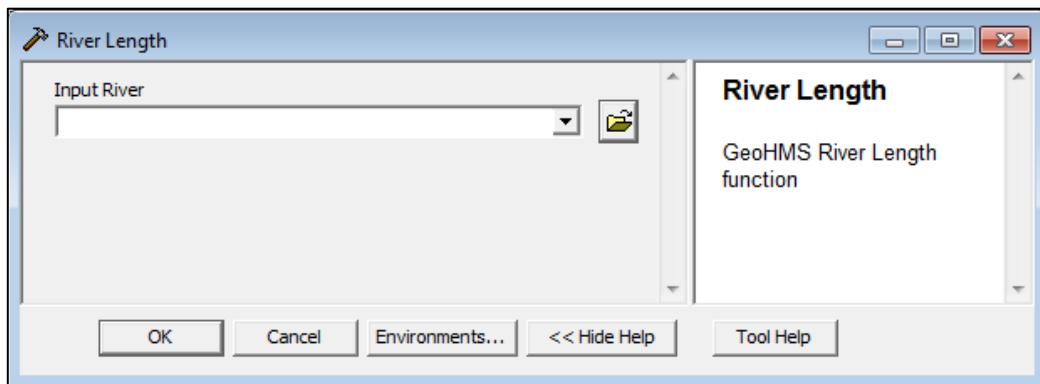


Figura: Menú del comando River Length en HEC-GeoHMS

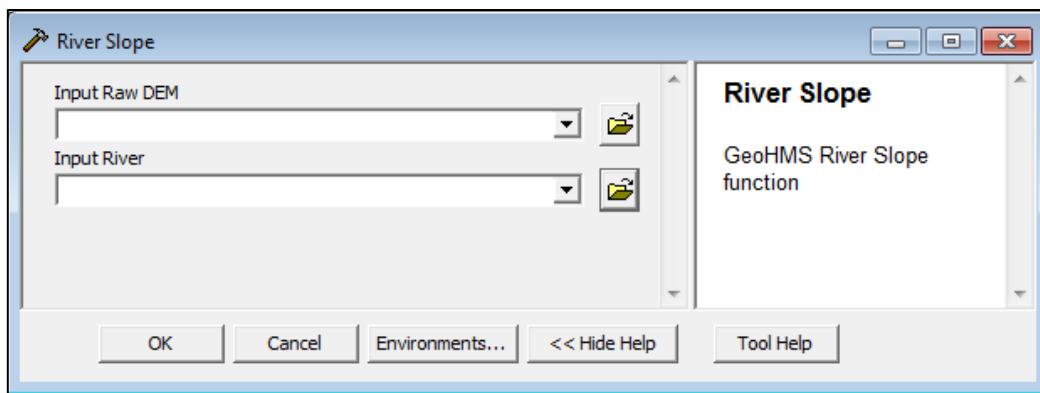


Figura: Menú del comando River Slope en HEC-GeoHMS

ANEXO B: ANÁLISIS DE DATOS

B.1 TABLAS DE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS

Tabla de datos de las propiedades físicas de las cuencas de El Hierro obtenidos con la aplicación “Zonal Geometry” de ArcGIS

Nº	Área (m ²)	Perímetro (m)	Espesor (m)	X Centroide	Y Centroide	Ej.Mayor (m)	Ej.Menor (m)	Orient.	Long.Forma (m)	Pend. %	Elev.Ag.Arriba (m)	Elev.Ag.Abajo (m)
Cuenca												
1	699150,625	9787,782	138,506	206481,594	3077634,000	930,265	239,229	88,801	4572,412	0,258	1178,206	0,000
2	656519,500	6094,280	230,844	205976,859	3077614,250	697,510	299,604	140,757	2541,787	0,430	1093,412	0,000
3	460416,281	4801,554	157,620	205525,984	3077361,250	740,968	197,789	153,571	2276,224	0,466	1060,000	0,000
4	2651656,750	8864,407	679,882	205238,969	3076517,250	1125,635	749,842	148,544	3583,122	0,333	1197,062	5,000
5	6113305,000	17544,139	877,207	205051,547	3074592,000	2171,545	896,102	111,628	6304,788	0,210	1332,021	5,000
6	3572489,250	14958,687	619,308	204126,453	3073711,750	2002,202	567,954	103,558	6607,275	0,205	1360,549	5,000
7	707676,875	6094,280	195,848	203403,063	3075235,000	1153,194	195,336	91,627	3277,706	0,066	219,764	5,000
8	4331323,500	16251,413	711,646	203312,766	3072737,500	2042,507	675,005	98,781	6423,991	0,219	1413,634	5,000
9	255786,813	5170,904	65,283	202817,078	3075208,000	967,042	84,194	98,540	2570,599	0,077	202,798	5,000
10	332522,875	3693,503	195,848	202594,984	3075148,250	554,587	190,854	109,138	1607,670	0,090	148,979	5,000
11	2856286,000	14774,012	342,295	202397,375	3072894,250	2325,927	390,891	90,445	5874,996	0,235	1385,000	5,000
12	613888,375	7017,655	230,844	201911,141	3074152,000	1014,591	192,597	104,115	3069,508	0,143	443,767	5,000
13	2736919,000	13850,636	418,751	201551,906	3072148,000	1619,153	538,052	79,630	5702,128	0,260	1482,707	1,131
14	511573,625	5540,254	138,506	201276,578	3073566,000	1095,976	148,579	99,110	2736,016	0,222	612,218	5,000
15	383680,219	6463,630	138,506	201189,875	3072804,250	1079,483	113,137	97,234	3240,868	0,295	961,345	5,000
16	1338617,625	9603,107	230,844	200840,500	3072546,000	1541,334	276,446	85,252	4281,198	0,348	1495,000	5,000
17	1696719,250	9418,433	323,181	200342,453	3072383,000	1790,979	301,557	79,300	4189,153	0,354	1487,171	5,000
18	1381248,750	10711,158	323,181	199742,922	3071938,500	1536,323	286,180	74,643	4880,818	0,304	1486,673	4,540
19	1261881,625	12188,560	249,958	199310,156	3071969,500	1673,531	240,013	67,499	5147,803	0,277	1428,461	4,415
20	792939,125	9233,757	157,620	199353,328	3072575,750	1496,505	168,660	73,072	4022,056	0,317	1279,943	5,000

21	639467,063	6463,630	157,620	199107,563	3072998,750	1124,615	180,994	84,169	2923,883	0,408	1198,249	5,000
22	844096,500	7387,006	157,620	198724,563	3072285,750	1444,867	185,958	84,832	3520,183	0,386	1365,000	5,000
23	221681,906	4986,229	46,169	198477,688	3072676,500	898,247	78,557	92,663	2554,031	0,508	1302,729	4,771
24	588309,688	5355,579	138,506	198290,125	3072708,000	992,527	188,675	92,372	2409,975	0,538	1301,605	5,000
25	306944,188	5724,930	46,169	198076,563	3072476,000	1097,440	89,028	100,410	2612,817	0,523	1370,000	4,319
26	264313,031	5355,579	65,283	197909,688	3072342,500	1056,066	79,667	103,562	2637,168	0,515	1362,684	4,871
27	221681,906	4247,528	46,169	197735,438	3072548,500	899,383	78,458	98,567	2276,396	0,526	1202,451	4,830
28	375154,000	5724,930	65,283	197485,703	3072508,250	968,881	123,251	107,099	2482,939	0,495	1234,477	5,000
29	366627,781	5170,904	157,620	197145,969	3072505,750	836,059	139,585	114,565	2407,792	0,460	1112,341	5,000
30	1048726,000	10157,133	249,958	197655,484	3071576,000	1297,998	257,180	123,684	4077,889	0,344	1428,414	24,458
31	3120599,250	10526,483	587,544	196635,453	3071801,500	1421,354	698,853	115,983	3892,595	0,365	1422,032	0,004
32	1023147,250	6832,980	323,181	195566,266	3072021,750	1019,557	319,431	82,054	3044,300	0,410	1253,878	4,739
33	323996,625	3324,153	157,620	195558,203	3073195,500	542,555	190,084	84,755	1665,599	0,432	722,110	1,833
34	1295986,500	6463,630	415,519	194860,813	3072549,000	1018,425	405,062	87,934	2692,168	0,458	1235,000	2,660
35	1125462,000	6832,980	288,186	194280,469	3072909,250	1064,466	336,550	73,572	2552,437	0,409	1045,000	0,000
36	1423880,000	6463,630	507,857	193495,359	3073299,750	758,183	597,791	127,457	2134,655	0,442	948,718	4,985
37	392206,438	5355,579	138,506	191982,406	3074695,250	594,262	210,081	107,855	2318,797	0,285	665,000	5,000
38	230208,141	3139,478	138,506	191622,344	3075078,500	426,577	171,780	86,297	1447,904	0,354	512,774	0,031
39	1398301,250	9049,082	323,181	191691,266	3074274,250	1452,367	306,460	136,811	3718,122	0,212	791,917	5,000
40	1006094,813	9418,433	195,848	191428,313	3073861,500	1575,381	203,284	149,057	3761,884	0,216	815,465	1,444
41	963463,688	7571,681	230,844	190335,766	3073783,250	1077,908	284,514	173,443	3225,574	0,176	571,270	3,238
42	3308176,250	12557,910	507,857	191609,016	3072883,000	2095,496	502,518	164,477	5539,371	0,173	960,892	2,199
43	417785,125	4801,554	195,848	190096,859	3072825,000	623,914	213,146	165,576	2101,310	0,237	502,846	5,000
44	1040199,688	12557,910	195,848	192069,531	3072202,500	1852,056	178,777	170,560	5624,813	0,181	1024,384	5,000
45	699150,625	9049,082	138,506	190856,281	3072213,000	1472,441	151,141	168,574	3962,264	0,190	756,098	5,000
46	2267976,500	11265,184	434,633	191163,844	3071689,500	1616,528	446,586	171,568	5094,666	0,163	835,197	4,958
47	809991,563	6278,955	249,958	189680,188	3070955,500	887,196	290,610	6,569	2536,579	0,223	571,682	5,000

48	758834,250	4616,878	323,181	189232,594	3070152,500	683,777	353,250	19,036	2220,868	0,131	296,133	5,000
49	520099,844	7941,031	138,506	189792,125	3070191,500	1313,054	126,082	45,491	3378,833	0,176	603,753	9,784
50	3077968,000	13296,610	511,088	190826,609	3070274,000	1792,944	546,446	34,769	5222,006	0,145	757,634	1,397
51	315470,406	3508,828	138,506	189568,547	3069140,750	520,586	192,893	174,445	1508,970	0,130	196,120	0,231
52	2660183,000	16066,737	472,861	192549,734	3070687,500	2315,795	365,647	37,017	7251,245	0,154	1122,245	5,000
53	963463,688	8864,407	157,620	191569,656	3069580,500	1338,411	229,137	47,556	3567,264	0,198	710,117	2,395
54	323996,625	4801,554	157,620	191711,625	3069331,750	731,518	140,983	52,116	2093,087	0,260	549,837	5,000
55	716203,063	7941,031	157,620	192346,875	3069802,250	1204,856	189,213	50,173	3570,696	0,244	873,537	3,045
56	4203430,000	14958,687	711,646	194082,297	3070403,750	1892,649	706,942	37,684	5535,082	0,219	1209,516	0,000
57	588309,688	5355,579	195,848	193315,938	3069054,500	833,055	224,793	61,718	2357,645	0,332	781,960	0,003
58	264313,031	4801,554	65,283	193623,438	3068750,250	791,454	106,302	79,929	2089,031	0,371	775,886	0,000
59	247260,594	4432,204	65,283	193798,344	3068926,000	775,284	101,518	81,739	2096,960	0,373	782,699	0,000
60	264313,031	5355,579	46,169	193992,781	3069075,000	817,502	102,915	78,424	2331,665	0,367	855,127	-0,190
61	545678,563	6278,955	138,506	194242,469	3069136,750	906,604	191,589	71,979	2762,437	0,358	988,982	0,000
62	869675,188	8310,382	230,844	194861,203	3069573,250	1179,728	234,653	64,521	3702,828	0,328	1216,446	0,700
63	741781,750	7941,031	157,620	195140,953	3069161,750	1350,828	174,794	74,070	3606,493	0,342	1234,961	2,144
64	554204,750	8679,731	138,506	195576,859	3069282,500	1142,791	154,367	83,312	4106,407	0,310	1276,292	3,036
65	1261881,625	9049,082	323,181	195974,156	3069638,500	1471,235	273,015	84,346	4075,635	0,317	1296,782	5,216
66	1133988,250	8495,057	230,844	196370,844	3069463,500	1662,537	217,114	79,438	4043,564	0,337	1361,926	-1,184
67	1313039,000	7756,356	323,181	196993,734	3069479,500	1483,832	281,672	85,435	3690,660	0,378	1393,693	0,000
68	272839,281	6463,630	46,169	197242,000	3069079,000	1317,435	65,922	82,347	3507,878	0,411	1440,243	0,000
69	1773455,250	8679,731	323,181	197618,234	3069243,500	1532,541	368,348	80,149	3912,351	0,365	1429,716	0,000
70	622414,563	7387,006	138,506	198028,250	3068866,500	1191,340	166,301	81,026	3470,366	0,389	1348,601	0,000
71	818517,813	8310,382	230,844	198330,813	3069306,000	1387,354	187,798	80,047	3849,924	0,370	1426,324	0,000
72	613888,375	7941,031	138,506	198581,859	3069192,750	1386,750	140,910	73,723	3849,066	0,370	1425,000	0,000
73	733255,563	8864,407	138,506	198667,391	3068775,750	1707,833	136,666	73,550	3936,137	0,373	1466,775	-0,509
74	554204,750	8679,731	138,506	198953,578	3069052,500	1659,710	106,289	73,433	4083,122	0,360	1468,524	-0,569

75	1449458,625	9972,458	288,186	199342,109	3069184,000	1564,427	294,918	74,211	4497,975	0,331	1487,632	0,000
76	784412,875	10157,133	138,506	199663,484	3068729,250	1500,312	166,423	78,085	4422,351	0,334	1481,402	4,739
77	3035337,000	12188,560	472,861	200208,047	3069007,000	2051,160	471,040	79,511	5036,615	0,297	1495,000	0,027
78	1764929,000	13111,936	323,181	200787,703	3068849,750	1696,493	331,150	72,372	5460,940	0,273	1489,771	0,000
79	1799034,000	14404,661	323,181	201266,797	3068984,250	1572,853	364,084	69,502	6186,123	0,231	1428,341	0,000
80	2242397,750	14958,687	415,519	201912,563	3069192,250	1638,244	435,697	69,323	6464,260	0,214	1385,000	0,000
81	332522,875	8495,057	65,283	201198,094	3067387,000	1189,693	88,969	43,819	3621,173	0,278	1006,341	0,000
82	417785,125	7202,331	65,283	201062,406	3067032,250	1011,608	131,459	49,735	3154,249	0,286	901,787	0,000
83	503047,406	6463,630	157,620	201327,984	3067029,250	940,158	170,317	51,788	2665,488	0,306	816,721	0,000
84	647993,250	8864,407	157,620	201857,813	3067373,250	1368,598	150,711	59,826	3938,097	0,261	1028,421	0,000
85	1705245,500	12373,234	342,295	202361,078	3067731,250	1517,094	357,787	63,395	4854,016	0,254	1232,049	0,017
86	920832,563	9787,782	195,848	202169,344	3066658,750	1492,746	196,356	55,753	4333,305	0,229	993,883	0,000
87	1168093,125	10711,158	157,620	202328,375	3066285,250	1687,351	220,355	61,001	4476,589	0,220	986,537	0,000
88	1270407,875	10711,158	288,186	202477,797	3065755,000	1459,979	276,979	64,868	4391,026	0,227	998,690	0,000
89	5200998,500	21052,967	600,194	203261,906	3067044,250	2536,959	652,564	91,313	9511,844	0,146	1390,000	0,000
90	341049,094	4432,204	157,620	202423,875	3064408,500	570,999	190,122	4,307	1816,249	0,174	316,500	0,000
91	494521,188	6094,280	230,844	202735,984	3064107,000	768,566	204,811	40,724	2392,290	0,169	403,720	0,000
92	6326460,500	26962,570	511,088	203887,328	3067106,750	2956,710	681,086	88,889	11316,793	0,125	1414,992	4,540
93	656519,500	5540,254	230,844	203514,922	3063262,250	827,217	252,626	46,122	2362,203	0,157	375,000	5,000
94	827044,063	7202,331	249,958	203904,438	3063073,500	1137,281	231,479	60,326	3230,635	0,133	431,019	1,613
95	358101,531	5355,579	138,506	204075,938	3062609,750	752,922	151,393	68,985	2536,934	0,137	349,657	2,234
96	562731,000	5170,904	195,848	204431,297	3062735,250	838,906	213,520	76,642	2463,234	0,129	320,000	2,674
97	2447027,250	15882,063	418,751	204808,578	3064514,500	1968,046	395,780	83,550	6725,473	0,111	745,441	1,738
98	647993,250	5540,254	195,848	205000,938	3061720,000	910,152	226,624	85,630	2315,538	0,101	235,000	2,059
99	460416,281	4247,528	157,620	205440,484	3061684,500	690,889	212,125	105,918	1909,092	0,127	245,569	2,558
100	1449458,625	9418,433	288,186	205467,891	3062703,500	1637,888	281,690	107,241	4237,178	0,107	455,000	1,657
101	1483563,500	11819,209	249,958	205709,891	3063485,000	1868,529	252,730	106,254	5247,864	0,109	575,000	2,191

102	443363,813	7202,331	138,506	206230,484	3062819,250	933,407	151,196	108,489	2946,640	0,123	361,920	0,525
103	588309,688	6832,980	195,848	205990,281	3064147,250	1122,188	166,875	119,949	3275,488	0,164	539,422	3,540
104	656519,500	6463,630	157,620	205921,703	3065031,000	1058,946	197,344	126,985	2724,422	0,246	670,000	0,047
105	562731,000	6463,630	157,620	205954,875	3065497,000	1067,445	167,805	130,255	2835,696	0,252	713,653	0,004
106	2481132,000	13481,285	507,857	205315,203	3066989,750	1950,926	404,818	125,604	5349,935	0,197	1051,822	0,000
107	1475037,250	10157,133	249,958	206157,094	3066576,500	1779,664	263,824	118,669	4286,676	0,221	946,593	0,044
108	682098,188	8125,707	157,620	206425,547	3066790,750	1417,053	153,218	119,108	3419,127	0,259	909,723	23,141
109	665045,750	10526,483	157,620	205771,172	3067779,000	1256,378	168,493	129,898	4785,082	0,221	1059,346	2,584
110	4186377,500	17728,814	587,544	205189,109	3069345,250	2621,197	508,381	125,117	7546,575	0,179	1355,000	1,092
111	690624,375	8310,382	157,620	206824,984	3067764,500	1095,418	200,684	147,522	3651,468	0,258	941,441	0,000
112	758834,250	9233,757	195,848	206897,078	3068065,000	1184,660	203,894	145,541	3950,462	0,263	1038,335	0,000
113	3478700,750	15697,388	456,979	206098,313	3069694,500	2125,308	521,009	129,815	6703,402	0,201	1355,000	4,976
114	724729,313	6832,980	195,848	207437,938	3069128,000	1048,971	219,919	148,591	2798,711	0,359	1010,000	3,871
115	1551773,375	13665,961	230,844	206162,500	3070684,500	1667,318	296,251	137,651	5941,539	0,229	1365,000	2,452
116	1210724,250	12188,560	195,848	206536,766	3070802,750	1420,977	271,212	130,915	5496,356	0,245	1350,000	2,190
117	315470,406	5170,904	138,506	207389,703	3070114,000	777,791	129,106	166,434	2183,234	0,469	1025,000	1,832
118	485994,938	5724,930	157,620	207298,844	3070435,750	875,926	176,610	154,742	2828,148	0,385	1091,950	1,937
119	2890391,000	12373,234	472,861	206717,641	3071714,750	1715,913	536,181	133,148	5323,635	0,254	1355,156	1,656
120	1185145,625	10526,483	249,958	207532,188	3071748,000	1463,596	257,751	125,684	4930,732	0,262	1296,205	2,849
121	741781,750	6648,305	230,844	208268,813	3071319,500	986,018	239,465	110,016	2970,427	0,381	1135,000	2,856
122	1074304,625	10157,133	157,620	208043,531	3072033,250	1087,125	314,556	134,374	4457,178	0,287	1282,591	2,182
123	630940,813	6832,980	249,958	209142,859	3071720,000	755,725	265,751	135,830	3006,493	0,370	1118,137	5,000
124	1858717,500	16990,113	195,848	208615,594	3072315,000	2057,455	287,563	154,172	7132,960	0,190	1362,395	5,000
125	767360,438	10526,483	138,506	209216,063	3072470,750	1666,045	146,610	159,353	4751,737	0,243	1159,784	5,935
126	264313,031	4062,853	65,283	210628,438	3072202,500	796,994	105,563	159,855	1941,102	0,404	789,693	5,000
127	2788076,250	13481,285	418,751	209121,609	3073051,500	2340,918	379,113	163,758	5989,432	0,215	1298,816	8,911
128	2591973,000	13296,610	415,519	210030,906	3073565,000	2062,031	400,116	173,209	6011,945	0,212	1280,565	4,354

129	6539616,500	20498,941	848,675	208796,734	3074474,500	2432,026	855,922	5,364	8369,443	0,160	1346,274	3,979
130	1014621,063	9233,757	230,844	210941,641	3074873,750	1472,097	219,390	152,948	4456,823	0,232	1040,000	5,000
131	281365,500	4062,853	138,506	211990,391	3074631,500	866,027	103,416	161,119	2322,021	0,273	639,046	5,000
132	434837,594	5170,904	138,506	212249,625	3074703,500	822,114	168,362	172,723	2080,391	0,286	599,539	5,000
133	1108409,500	7202,331	323,181	211321,125	3075329,250	1083,992	325,480	158,638	3024,777	0,309	940,000	5,000
134	323996,625	3878,178	138,506	212064,766	3075353,250	666,922	154,638	145,147	1828,944	0,394	726,365	5,000
135	264313,031	2770,127	157,620	212341,156	3075505,750	416,853	201,830	138,389	1126,396	0,497	564,929	5,000
136	3657751,500	16066,737	549,316	210876,313	3076316,250	1589,382	732,548	173,663	7164,407	0,156	1125,000	4,695
137	443363,813	5170,904	157,620	212742,063	3076302,500	828,270	170,388	154,423	2381,163	0,279	668,203	4,612
138	4331323,500	13481,285	749,873	211935,422	3077335,500	1640,234	840,553	175,276	4856,442	0,216	1050,000	3,367
139	323996,625	3324,153	195,848	213500,859	3077207,250	483,053	213,499	126,880	1429,889	0,378	542,066	1,543
140	554204,750	4801,554	157,620	213949,203	3077659,750	718,270	245,602	163,438	1909,949	0,273	524,967	2,999
141	639467,063	4616,878	249,958	214420,828	3078142,500	689,457	295,231	178,197	2075,097	0,253	530,000	5,000
142	2472606,000	9972,458	526,971	213861,391	3078663,500	1507,789	521,993	11,340	4189,249	0,179	753,213	1,981
143	264313,031	3139,478	138,506	215364,453	3079470,500	568,567	147,974	8,453	1622,315	0,178	294,035	4,951
144	937885,000	6278,955	249,958	214805,297	3079721,250	1002,929	297,666	27,901	2588,356	0,182	473,203	2,049
145	4467743,000	15882,063	657,536	212402,125	3079218,250	2132,102	667,007	25,972	7232,311	0,157	1137,220	5,000
146	1133988,250	6278,955	415,519	213922,625	3080395,250	918,569	392,959	13,252	2938,858	0,206	610,120	5,000
147	400732,688	4432,204	138,506	214066,406	3080918,250	763,680	167,030	178,406	1759,828	0,304	537,874	2,177
148	281365,500	2770,127	138,506	214226,078	3081179,000	508,771	176,035	3,065	1309,325	0,334	440,000	2,161
149	264313,031	3693,503	138,506	214262,359	3081683,500	485,125	173,426	4,758	1581,102	0,231	370,090	5,072
150	741781,750	9049,082	195,848	213320,844	3080987,250	1145,529	206,120	53,818	3788,747	0,193	736,333	5,000
151	426311,375	5724,930	138,506	213578,719	3081753,500	932,468	145,527	46,973	2308,295	0,218	507,784	5,000
152	1142514,500	9603,107	195,848	212984,219	3081326,250	1359,142	267,576	56,228	3769,605	0,201	760,988	5,000
153	281365,500	3878,178	65,283	213353,078	3082334,500	690,224	129,757	35,908	1956,163	0,208	411,721	5,000
154	545678,563	5540,254	230,844	212594,563	3082082,750	663,237	261,890	78,181	2458,234	0,230	570,000	5,000
155	1014621,063	8125,707	288,186	212264,625	3081879,750	1057,016	305,543	83,094	3276,407	0,193	638,132	5,000

156	289891,719	2770,127	195,848	212235,141	3083214,000	395,043	233,583	75,871	1089,117	0,305	336,690	5,000
157	596835,875	6648,305	157,620	211845,938	3082621,000	911,051	208,527	87,942	2549,889	0,204	524,673	5,000
158	366627,781	5170,904	138,506	211572,109	3082905,500	725,448	160,868	92,514	2193,883	0,180	400,000	5,000
159	332522,875	5355,579	65,283	211073,469	3082696,250	869,746	121,697	133,132	2286,224	0,177	405,562	0,000
160	2745445,250	14035,311	507,857	211367,844	3081026,250	1581,254	552,664	105,971	5686,772	0,150	852,158	0,000
161	5686993,500	16620,764	679,882	210366,359	3080359,500	2349,073	770,613	88,688	7163,255	0,159	1136,004	0,000
162	323996,625	4801,554	138,506	209700,438	3082125,500	884,096	116,652	98,707	2377,168	0,197	468,749	0,000
163	3546910,500	16066,737	472,861	209452,313	3079570,250	2878,259	392,257	92,365	7258,843	0,152	1101,755	0,000
164	10436102,000	25854,520	842,211	208400,875	3078652,250	3680,542	902,561	88,809	10801,022	0,114	1230,000	0,000
165	5311839,500	21052,967	526,971	207129,625	3077230,500	2743,871	616,214	81,615	9479,123	0,140	1328,527	0,000
166	2088925,625	14589,336	230,844	206819,375	3078703,750	1974,602	336,739	91,340	6585,351	0,172	1134,520	0,000
167	699150,625	7387,006	195,848	206362,234	3079917,500	1012,312	219,840	108,642	3072,645	0,250	768,761	-0,775

A continuación se muestra la tabla de datos analizados con todos los valores de los índices morfométricos de las cuencas existentes en El Hierro.

El Hierro	Area	Perímetro	Tc	Circularidad		F. Forma	Gravelius	Elong.	Delta	USACE	Compac.	Área	Intercuena	Rrelieve
NºCuenca	(km ²)	(km)	(horas)	Gardiner	Miller							L.mayor(L)	L. menor(l)	
1	0,699	9,788	1,232	0,007	0,092	0,808	11,706	0,899	1,113	1,238	3,301	4,747	0,147	1,409
2	0,657	6,094	0,716	0,018	0,222	1,349	7,521	1,162	0,861	0,741	2,121	2,814	0,233	1,349
3	0,460	4,802	0,648	0,020	0,251	0,839	7,076	0,916	1,092	1,192	1,996	2,191	0,210	1,562
4	2,652	8,864	0,975	0,034	0,424	2,093	5,444	1,447	0,691	0,478	1,535	3,719	0,713	0,732
5	6,113	17,544	1,635	0,020	0,250	1,296	7,096	1,139	0,878	0,771	2,001	8,009	0,763	0,537
6	3,572	14,959	1,702	0,016	0,201	0,891	7,914	0,944	1,059	1,122	2,232	6,967	0,513	0,717
7	0,708	6,094	1,241	0,019	0,239	0,532	7,244	0,729	1,371	1,879	2,043	2,794	0,253	0,255
8	4,331	16,251	1,645	0,016	0,206	1,038	7,809	1,019	0,981	0,963	2,202	7,552	0,574	0,677
9	0,256	5,171	1,001	0,010	0,120	0,274	10,224	0,523	1,912	3,656	2,883	2,482	0,103	0,391
10	0,333	3,694	0,681	0,024	0,306	1,081	6,405	1,040	0,962	0,925	1,806	1,645	0,202	0,250
11	2,856	14,774	1,517	0,013	0,164	0,528	8,742	0,727	1,376	1,894	2,465	6,978	0,409	0,817
12	0,614	7,018	1,018	0,012	0,157	0,596	8,957	0,772	1,295	1,677	2,526	3,324	0,185	0,560
13	2,737	13,851	1,455	0,014	0,179	1,044	8,372	1,022	0,979	0,958	2,361	6,505	0,421	0,896
14	0,512	5,540	0,858	0,017	0,209	0,426	7,746	0,653	1,532	2,348	2,184	2,571	0,199	0,849
15	0,384	6,464	0,925	0,009	0,115	0,329	10,435	0,574	1,743	3,037	2,943	3,108	0,123	1,544
16	1,339	9,603	1,107	0,015	0,182	0,563	8,300	0,751	1,332	1,775	2,341	4,504	0,297	1,288
17	1,697	9,418	1,086	0,019	0,240	0,529	7,231	0,727	1,375	1,890	2,039	4,316	0,393	1,138
18	1,381	10,711	1,255	0,012	0,151	0,585	9,114	0,765	1,307	1,709	2,570	5,084	0,272	1,261
19	1,262	12,189	1,330	0,008	0,107	0,451	10,850	0,671	1,490	2,219	3,060	5,880	0,215	1,268
20	0,793	9,234	1,075	0,009	0,117	0,354	10,370	0,595	1,681	2,824	2,924	4,438	0,179	1,432
21	0,639	6,464	0,804	0,015	0,192	0,506	8,083	0,711	1,406	1,978	2,279	3,020	0,212	1,492
22	0,844	7,387	0,935	0,015	0,194	0,404	8,040	0,636	1,573	2,473	2,267	3,449	0,245	1,480
23	0,222	4,986	0,696	0,009	0,112	0,275	10,590	0,524	1,908	3,640	2,986	2,401	0,092	2,757

24	0,588	5,356	0,659	0,021	0,258	0,597	6,982	0,773	1,294	1,674	1,969	2,436	0,241	1,690
25	0,307	5,725	0,704	0,009	0,118	0,255	10,333	0,505	1,981	3,924	2,914	2,751	0,112	2,465
26	0,264	5,356	0,711	0,009	0,116	0,237	10,417	0,487	2,054	4,220	2,938	2,575	0,103	2,641
27	0,222	4,248	0,633	0,012	0,154	0,274	9,021	0,524	1,910	3,649	2,544	2,014	0,110	2,544
28	0,375	5,725	0,684	0,011	0,144	0,400	9,347	0,632	1,582	2,502	2,636	2,725	0,138	2,007
29	0,367	5,171	0,678	0,014	0,172	0,525	8,540	0,724	1,381	1,907	2,408	2,435	0,151	1,829
30	1,049	10,157	1,069	0,010	0,128	0,622	9,918	0,789	1,267	1,607	2,797	4,863	0,216	1,371
31	3,121	10,526	1,020	0,028	0,354	1,545	5,959	1,243	0,805	0,647	1,680	4,582	0,681	0,805
32	1,023	6,833	0,828	0,022	0,275	0,984	6,755	0,992	1,008	1,016	1,905	3,085	0,332	1,235
33	0,324	3,324	0,518	0,029	0,368	1,101	5,840	1,049	0,953	0,909	1,647	1,437	0,226	1,265
34	1,296	6,464	0,739	0,031	0,390	1,250	5,678	1,118	0,895	0,800	1,601	2,763	0,469	1,083
35	1,125	6,833	0,725	0,024	0,303	0,993	6,441	0,997	1,003	1,007	1,816	3,047	0,369	0,985
36	1,424	6,464	0,623	0,034	0,428	2,477	5,417	1,574	0,635	0,404	1,528	2,706	0,526	0,791
37	0,392	5,356	0,722	0,014	0,172	1,111	8,552	1,054	0,949	0,900	2,412	2,522	0,155	1,054
38	0,230	3,139	0,484	0,023	0,294	1,265	6,543	1,125	0,889	0,790	1,845	1,406	0,164	1,069
39	1,398	9,049	1,093	0,017	0,215	0,663	7,653	0,814	1,228	1,509	2,158	4,191	0,334	0,665
40	1,006	9,418	1,098	0,011	0,143	0,405	9,390	0,637	1,571	2,467	2,648	4,485	0,224	0,812
41	0,963	7,572	1,096	0,017	0,211	0,829	7,714	0,911	1,098	1,206	2,175	3,511	0,274	0,579
42	3,308	12,558	1,538	0,021	0,264	0,753	6,904	0,868	1,152	1,327	1,947	5,698	0,581	0,527
43	0,418	4,802	0,693	0,018	0,228	1,073	7,429	1,036	0,965	0,932	2,095	2,212	0,189	0,770
44	1,040	12,558	1,542	0,007	0,083	0,303	12,313	0,551	1,816	3,298	3,472	6,109	0,170	0,999
45	0,699	9,049	1,172	0,009	0,107	0,322	10,822	0,568	1,761	3,101	3,052	4,364	0,160	0,898
46	2,268	11,265	1,460	0,018	0,225	0,868	7,480	0,932	1,073	1,152	2,109	5,196	0,436	0,551
47	0,810	6,279	0,809	0,021	0,258	1,029	6,977	1,014	0,986	0,972	1,967	2,856	0,284	0,630
48	0,759	4,617	0,809	0,036	0,447	1,623	5,300	1,274	0,785	0,616	1,495	1,911	0,397	0,334
49	0,520	7,941	1,053	0,008	0,104	0,302	11,011	0,549	1,821	3,315	3,105	3,835	0,136	0,824
50	3,078	13,297	1,521	0,017	0,219	0,957	7,579	0,979	1,022	1,044	2,137	6,148	0,501	0,431

51	0,315	3,509	0,604	0,026	0,322	1,164	6,247	1,079	0,927	0,859	1,762	1,551	0,203	0,349
52	2,660	16,067	1,929	0,010	0,129	0,496	9,851	0,704	1,420	2,016	2,778	7,687	0,346	0,685
53	0,963	8,864	1,072	0,012	0,154	0,538	9,031	0,733	1,364	1,859	2,547	4,203	0,229	0,721
54	0,324	4,802	0,679	0,014	0,177	0,605	8,436	0,778	1,285	1,652	2,379	2,257	0,144	0,957
55	0,716	7,941	1,032	0,011	0,143	0,493	9,383	0,702	1,424	2,027	2,646	3,781	0,189	1,029
56	4,203	14,959	1,470	0,019	0,236	1,173	7,296	1,083	0,923	0,852	2,058	6,867	0,612	0,590
57	0,588	5,356	0,710	0,021	0,258	0,848	6,982	0,921	1,086	1,180	1,969	2,436	0,241	1,019
58	0,264	4,802	0,634	0,011	0,144	0,422	9,339	0,650	1,539	2,370	2,634	2,285	0,116	1,509
59	0,247	4,432	0,635	0,013	0,158	0,411	8,913	0,641	1,559	2,431	2,514	2,098	0,118	1,574
60	0,264	5,356	0,691	0,009	0,116	0,395	10,417	0,629	1,590	2,528	2,938	2,575	0,103	1,664
61	0,546	6,279	0,789	0,014	0,174	0,664	8,500	0,815	1,227	1,506	2,397	2,955	0,185	1,339
62	0,870	8,310	1,003	0,013	0,158	0,625	8,911	0,790	1,265	1,600	2,513	3,934	0,221	1,304
63	0,742	7,941	0,975	0,012	0,148	0,407	9,220	0,638	1,568	2,460	2,600	3,774	0,197	1,431
64	0,554	8,680	1,096	0,007	0,092	0,424	11,659	0,651	1,535	2,356	3,288	4,208	0,132	1,710
65	1,262	9,049	1,086	0,015	0,194	0,583	8,056	0,764	1,310	1,715	2,272	4,226	0,299	1,150
66	1,134	8,495	1,067	0,016	0,197	0,410	7,977	0,641	1,561	2,437	2,250	3,961	0,286	1,280
67	1,313	7,756	0,974	0,022	0,274	0,596	6,769	0,772	1,295	1,677	1,909	3,503	0,375	1,216
68	0,273	6,464	0,922	0,007	0,082	0,157	12,374	0,396	2,522	6,361	3,490	3,145	0,087	2,757
69	1,773	8,680	1,024	0,024	0,296	0,755	6,518	0,869	1,151	1,324	1,838	3,883	0,457	1,074
70	0,622	7,387	0,924	0,011	0,143	0,439	9,363	0,662	1,510	2,280	2,640	3,517	0,177	1,709
71	0,819	8,310	1,009	0,012	0,149	0,425	9,186	0,652	1,533	2,352	2,590	3,948	0,207	1,577
72	0,614	7,941	1,009	0,010	0,122	0,319	10,135	0,565	1,770	3,133	2,858	3,809	0,161	1,819
73	0,733	8,864	1,025	0,009	0,117	0,251	10,352	0,501	1,994	3,978	2,919	4,260	0,172	1,714
74	0,554	8,680	1,061	0,007	0,092	0,201	11,659	0,449	2,229	4,970	3,288	4,208	0,132	1,973
75	1,449	9,972	1,161	0,015	0,183	0,592	8,283	0,770	1,299	1,689	2,336	4,676	0,310	1,236
76	0,784	10,157	1,144	0,008	0,096	0,348	11,468	0,590	1,694	2,870	3,234	4,919	0,159	1,667
77	3,035	12,189	1,291	0,020	0,257	0,721	6,996	0,849	1,177	1,386	1,973	5,547	0,547	0,858

78	1,765	13,112	1,395	0,010	0,129	0,613	9,870	0,783	1,277	1,631	2,783	6,275	0,281	1,121
79	1,799	14,405	1,583	0,009	0,109	0,727	10,739	0,853	1,173	1,375	3,029	6,943	0,259	1,065
80	2,242	14,959	1,660	0,010	0,126	0,836	9,989	0,914	1,094	1,197	2,817	7,166	0,313	0,925
81	0,333	8,495	1,017	0,005	0,058	0,235	14,732	0,485	2,063	4,256	4,154	4,168	0,080	1,745
82	0,418	7,202	0,911	0,008	0,101	0,408	11,143	0,639	1,565	2,449	3,142	3,481	0,120	1,395
83	0,503	6,464	0,791	0,012	0,151	0,569	9,113	0,754	1,326	1,757	2,570	3,068	0,164	1,152
84	0,648	8,864	1,097	0,008	0,104	0,346	11,012	0,588	1,700	2,891	3,105	4,281	0,151	1,278
85	1,705	12,373	1,293	0,011	0,140	0,741	9,475	0,861	1,162	1,350	2,672	5,897	0,289	0,943
86	0,921	9,788	1,210	0,010	0,121	0,413	10,200	0,643	1,556	2,420	2,876	4,698	0,196	1,036
87	1,168	10,711	1,244	0,010	0,128	0,410	9,911	0,641	1,561	2,437	2,795	5,128	0,228	0,913
88	1,270	10,711	1,224	0,011	0,139	0,596	9,503	0,772	1,295	1,678	2,680	5,107	0,249	0,886
89	5,201	21,053	2,395	0,012	0,147	0,808	9,231	0,899	1,112	1,237	2,603	10,007	0,520	0,609
90	0,341	4,432	0,658	0,017	0,218	1,046	7,589	1,023	0,978	0,956	2,140	2,050	0,166	0,542
91	0,495	6,094	0,816	0,013	0,167	0,837	8,666	0,915	1,093	1,194	2,444	2,875	0,172	0,574
92	6,326	26,963	2,817	0,009	0,109	0,724	10,720	0,851	1,176	1,382	3,023	12,994	0,487	0,561
93	0,657	5,540	0,820	0,021	0,269	0,959	6,838	0,979	1,021	1,042	1,928	2,508	0,262	0,457
94	0,827	7,202	1,073	0,016	0,200	0,639	7,920	0,800	1,251	1,564	2,233	3,355	0,247	0,472
95	0,358	5,356	0,888	0,012	0,157	0,632	8,950	0,795	1,258	1,583	2,524	2,537	0,141	0,581
96	0,563	5,171	0,879	0,021	0,264	0,800	6,893	0,894	1,118	1,251	1,944	2,346	0,240	0,423
97	2,447	15,882	1,910	0,010	0,122	0,632	10,153	0,795	1,258	1,583	2,863	7,620	0,321	0,475
98	0,648	5,540	0,879	0,021	0,265	0,782	6,882	0,884	1,131	1,278	1,941	2,512	0,258	0,289
99	0,460	4,248	0,726	0,026	0,321	0,965	6,260	0,982	1,018	1,037	1,765	1,879	0,245	0,358
100	1,449	9,418	1,374	0,016	0,205	0,540	7,823	0,735	1,360	1,851	2,206	4,378	0,331	0,377
101	1,484	11,819	1,611	0,011	0,133	0,425	9,704	0,652	1,534	2,353	2,736	5,647	0,263	0,470
102	0,443	7,202	1,016	0,009	0,107	0,509	10,817	0,713	1,402	1,965	3,050	3,474	0,128	0,543
103	0,588	6,833	1,043	0,013	0,158	0,467	8,909	0,683	1,463	2,141	2,512	3,235	0,182	0,699
104	0,657	6,464	0,839	0,016	0,197	0,585	7,977	0,765	1,307	1,708	2,250	3,014	0,218	0,827

105	0,563	6,464	0,861	0,013	0,169	0,494	8,616	0,703	1,423	2,025	2,430	3,047	0,185	0,951
106	2,481	13,481	1,462	0,014	0,172	0,652	8,559	0,807	1,239	1,534	2,414	6,350	0,391	0,668
107	1,475	10,157	1,208	0,014	0,180	0,466	8,363	0,682	1,465	2,147	2,358	4,769	0,309	0,779
108	0,682	8,126	0,987	0,010	0,130	0,340	9,839	0,583	1,716	2,944	2,775	3,887	0,175	1,073
109	0,665	10,526	1,314	0,006	0,075	0,421	12,908	0,649	1,541	2,373	3,640	5,134	0,130	1,296
110	4,186	17,729	1,932	0,013	0,167	0,609	8,665	0,781	1,281	1,641	2,443	8,364	0,501	0,662
111	0,691	8,310	1,039	0,010	0,126	0,576	10,000	0,759	1,318	1,737	2,820	3,982	0,173	1,133
112	0,759	9,234	1,099	0,009	0,112	0,541	10,600	0,735	1,360	1,849	2,989	4,446	0,171	1,192
113	3,479	15,697	1,727	0,014	0,177	0,770	8,416	0,878	1,139	1,298	2,373	7,377	0,472	0,724
114	0,725	6,833	0,797	0,016	0,195	0,659	8,026	0,812	1,232	1,518	2,263	3,189	0,227	1,182
115	1,552	13,666	1,537	0,008	0,104	0,558	10,970	0,747	1,338	1,791	3,094	6,598	0,235	1,094
116	1,211	12,189	1,431	0,008	0,102	0,600	11,077	0,774	1,291	1,668	3,124	5,889	0,206	1,225
117	0,315	5,171	0,627	0,012	0,148	0,521	9,206	0,722	1,385	1,918	2,596	2,457	0,128	1,822
118	0,486	5,725	0,792	0,015	0,186	0,633	8,212	0,796	1,256	1,579	2,316	2,681	0,181	1,564
119	2,890	12,373	1,387	0,019	0,237	0,982	7,278	0,991	1,009	1,019	2,052	5,678	0,509	0,796
120	1,185	10,526	1,301	0,011	0,134	0,553	9,669	0,744	1,344	1,807	2,727	5,028	0,236	1,188
121	0,742	6,648	0,824	0,017	0,211	0,763	7,719	0,873	1,145	1,311	2,177	3,084	0,241	1,315
122	1,074	10,157	1,184	0,010	0,131	0,909	9,800	0,953	1,049	1,100	2,763	4,857	0,221	1,235
123	0,631	6,833	0,836	0,014	0,170	1,105	8,602	1,051	0,951	0,905	2,426	3,221	0,196	1,401
124	1,859	16,990	1,830	0,006	0,081	0,439	12,462	0,663	1,509	2,277	3,514	8,270	0,225	0,996
125	0,767	10,526	1,283	0,007	0,087	0,276	12,017	0,526	1,902	3,617	3,389	5,113	0,150	1,317
126	0,264	4,063	0,590	0,016	0,201	0,416	7,903	0,645	1,550	2,403	2,229	1,892	0,140	1,526
127	2,788	13,481	1,565	0,015	0,193	0,509	8,074	0,713	1,402	1,965	2,277	6,298	0,443	0,773
128	2,592	13,297	1,574	0,015	0,184	0,610	8,259	0,781	1,281	1,640	2,329	6,232	0,416	0,793
129	6,540	20,499	2,135	0,016	0,196	1,106	8,016	1,051	0,951	0,904	2,260	9,566	0,684	0,525
130	1,015	9,234	1,233	0,012	0,150	0,468	9,167	0,684	1,461	2,136	2,585	4,386	0,231	1,028
131	0,281	4,063	0,728	0,017	0,214	0,375	7,659	0,612	1,633	2,666	2,160	1,882	0,150	1,195

132	0,435	5,171	0,664	0,016	0,204	0,643	7,842	0,802	1,247	1,554	2,211	2,405	0,181	0,902
133	1,108	7,202	0,870	0,021	0,269	0,943	6,841	0,971	1,030	1,060	1,929	3,261	0,340	0,888
134	0,324	3,878	0,566	0,022	0,271	0,728	6,813	0,853	1,172	1,373	1,921	1,754	0,185	1,267
135	0,264	2,770	0,375	0,034	0,433	1,521	5,388	1,233	0,811	0,657	1,519	1,157	0,229	1,089
136	3,658	16,067	1,906	0,014	0,178	1,448	8,401	1,203	0,831	0,691	2,369	7,549	0,485	0,586
137	0,443	5,171	0,739	0,017	0,208	0,646	7,766	0,804	1,244	1,547	2,190	2,401	0,185	0,997
138	4,331	13,481	1,335	0,024	0,299	1,610	6,478	1,269	0,788	0,621	1,827	6,021	0,719	0,503
139	0,324	3,324	0,474	0,029	0,368	1,389	5,840	1,178	0,849	0,720	1,647	1,437	0,226	0,950
140	0,554	4,802	0,628	0,024	0,302	1,074	6,450	1,036	0,965	0,931	1,819	2,142	0,259	0,701
141	0,639	4,617	0,678	0,030	0,377	1,345	5,774	1,160	0,862	0,743	1,628	1,987	0,322	0,657
142	2,473	9,972	1,235	0,025	0,312	1,088	6,342	1,043	0,959	0,919	1,788	4,428	0,558	0,478
143	0,264	3,139	0,601	0,027	0,337	0,818	6,107	0,904	1,106	1,223	1,722	1,378	0,192	0,562
144	0,938	6,279	0,854	0,024	0,299	0,932	6,484	0,966	1,036	1,072	1,828	2,805	0,334	0,487
145	4,468	15,882	1,919	0,018	0,223	0,983	7,514	0,991	1,009	1,017	2,119	7,332	0,609	0,536
146	1,134	6,279	0,919	0,029	0,361	1,344	5,896	1,159	0,863	0,744	1,663	2,723	0,416	0,568
147	0,401	4,432	0,578	0,020	0,256	0,687	7,002	0,829	1,206	1,455	1,974	2,017	0,199	0,846
148	0,281	2,770	0,453	0,037	0,461	1,087	5,222	1,043	0,959	0,920	1,473	1,138	0,247	0,825
149	0,264	3,694	0,561	0,019	0,243	1,123	7,184	1,060	0,944	0,890	2,026	1,690	0,156	0,710
150	0,742	9,049	1,129	0,009	0,114	0,565	10,507	0,752	1,330	1,769	2,963	4,354	0,170	0,849
151	0,426	5,725	0,757	0,013	0,163	0,490	8,768	0,700	1,428	2,040	2,473	2,705	0,158	0,770
152	1,143	9,603	1,116	0,012	0,156	0,618	8,984	0,786	1,272	1,617	2,534	4,550	0,251	0,707
153	0,281	3,878	0,673	0,019	0,235	0,591	7,311	0,769	1,301	1,693	2,062	1,781	0,158	0,767
154	0,546	5,540	0,786	0,018	0,223	1,241	7,500	1,114	0,898	0,806	2,115	2,557	0,213	0,765
155	1,015	8,126	1,010	0,015	0,193	0,908	8,067	0,953	1,049	1,101	2,275	3,796	0,267	0,629
156	0,290	2,770	0,401	0,038	0,475	1,858	5,145	1,363	0,734	0,538	1,451	1,128	0,257	0,616
157	0,597	6,648	0,827	0,014	0,170	0,719	8,606	0,848	1,179	1,391	2,427	3,134	0,190	0,673
158	0,367	5,171	0,755	0,014	0,172	0,697	8,540	0,835	1,198	1,435	2,408	2,435	0,151	0,652

159	0,333	5,356	0,781	0,012	0,146	0,440	9,287	0,663	1,508	2,275	2,619	2,547	0,131	0,703
160	2,745	14,035	1,612	0,014	0,175	1,098	8,471	1,048	0,954	0,911	2,389	6,602	0,416	0,514
161	5,687	16,621	1,901	0,021	0,259	1,031	6,970	1,015	0,985	0,970	1,965	7,558	0,752	0,476
162	0,324	4,802	0,789	0,014	0,177	0,415	8,436	0,644	1,553	2,412	2,379	2,257	0,144	0,824
163	3,547	16,067	1,936	0,014	0,173	0,428	8,531	0,654	1,528	2,336	2,406	7,564	0,469	0,585
164	10,436	25,855	2,766	0,016	0,196	0,770	8,003	0,878	1,139	1,298	2,257	12,062	0,865	0,381
165	5,312	21,053	2,408	0,012	0,151	0,706	9,135	0,840	1,191	1,417	2,576	9,995	0,531	0,576
166	2,089	14,589	1,755	0,010	0,123	0,536	10,094	0,732	1,366	1,867	2,847	6,996	0,299	0,785
167	0,699	7,387	0,916	0,013	0,161	0,682	8,835	0,826	1,211	1,466	2,491	3,493	0,200	0,920

Tabla de índices seleccionados y su valoración de peligrosidad para cada cuenca

Nº	Área	Índice	Miller	Índice	Gravelius	Índice	Elongación	Índice	Tc	Índice	Pendiente	Índice
Cuenca	km ²	Peligrosidad	Circularidad	Peligrosidad	Compacidad	Peligrosidad		Peligrosidad	(horas)	Peligrosidad	(%)	Peligrosidad
1	0,699	BAJO	0,092	BAJO	3,301	BAJO	0,899	MEDIO	1,241	MEDIO	0,258	MEDIO
2	0,657	BAJO	0,222	MEDIO	2,121	ALTO	1,162	MEDIO	0,725	ALTO	0,430	ALTO
3	0,460	BAJO	0,251	MEDIO	1,996	ALTO	0,916	MEDIO	0,659	ALTO	0,466	ALTO
4	2,652	BAJO	0,424	ALTO	1,535	ALTO	1,447	ALTO	0,975	ALTO	0,333	MEDIO
5	6,113	MEDIO	0,250	MEDIO	2,001	ALTO	1,139	MEDIO	1,635	MEDIO	0,210	BAJO
6	3,572	BAJO	0,201	MEDIO	2,232	ALTO	0,944	MEDIO	1,702	MEDIO	0,205	BAJO
7	0,708	BAJO	0,239	MEDIO	2,043	ALTO	0,729	BAJO	1,172	ALTO	0,066	BAJO
8	4,331	MEDIO	0,206	MEDIO	2,202	ALTO	1,019	MEDIO	1,645	MEDIO	0,219	BAJO
9	0,256	BAJO	0,120	BAJO	2,883	MEDIO	0,523	BAJO	0,935	ALTO	0,077	BAJO
10	0,333	BAJO	0,306	MEDIO	1,806	ALTO	1,040	MEDIO	0,648	ALTO	0,090	BAJO
11	2,856	BAJO	0,164	BAJO	2,465	MEDIO	0,727	BAJO	1,537	MEDIO	0,235	MEDIO
12	0,614	BAJO	0,157	BAJO	2,526	MEDIO	0,772	BAJO	1,009	ALTO	0,143	BAJO
13	2,737	BAJO	0,179	BAJO	2,361	MEDIO	1,022	MEDIO	1,462	MEDIO	0,260	MEDIO
14	0,512	BAJO	0,209	MEDIO	2,184	ALTO	0,653	BAJO	0,870	ALTO	0,222	BAJO
15	0,384	BAJO	0,115	BAJO	2,943	MEDIO	0,574	BAJO	0,922	ALTO	0,295	MEDIO
16	1,339	BAJO	0,182	BAJO	2,341	ALTO	0,751	BAJO	1,129	ALTO	0,348	MEDIO
17	1,697	BAJO	0,240	MEDIO	2,039	ALTO	0,727	BAJO	1,098	ALTO	0,354	MEDIO
18	1,381	BAJO	0,151	BAJO	2,570	MEDIO	0,765	BAJO	1,255	MEDIO	0,304	MEDIO
19	1,262	BAJO	0,107	BAJO	3,060	MEDIO	0,671	BAJO	1,374	MEDIO	0,277	MEDIO
20	0,793	BAJO	0,117	BAJO	2,924	MEDIO	0,595	BAJO	1,086	ALTO	0,317	MEDIO
21	0,639	BAJO	0,192	BAJO	2,279	ALTO	0,711	BAJO	0,824	ALTO	0,408	ALTO
22	0,844	BAJO	0,194	BAJO	2,267	ALTO	0,636	BAJO	0,974	ALTO	0,386	ALTO
23	0,222	BAJO	0,112	BAJO	2,986	MEDIO	0,524	BAJO	0,704	ALTO	0,508	ALTO

24	0,588	BAJO	0,258	MEDIO	1,969	ALTO	0,773	BAJO	0,679	ALTO	0,538	ALTO
25	0,307	BAJO	0,118	BAJO	2,914	MEDIO	0,505	BAJO	0,716	ALTO	0,523	ALTO
26	0,264	BAJO	0,116	BAJO	2,938	MEDIO	0,487	BAJO	0,726	ALTO	0,515	ALTO
27	0,222	BAJO	0,154	BAJO	2,544	MEDIO	0,524	BAJO	0,658	ALTO	0,526	ALTO
28	0,375	BAJO	0,144	BAJO	2,636	MEDIO	0,632	BAJO	0,696	ALTO	0,495	ALTO
29	0,367	BAJO	0,172	BAJO	2,408	MEDIO	0,724	BAJO	0,684	ALTO	0,460	ALTO
30	1,049	BAJO	0,128	BAJO	2,797	MEDIO	0,789	MEDIO	1,073	ALTO	0,344	MEDIO
31	3,121	BAJO	0,354	ALTO	1,680	ALTO	1,243	ALTO	1,032	ALTO	0,365	MEDIO
32	1,023	BAJO	0,275	MEDIO	1,905	ALTO	0,992	MEDIO	0,854	ALTO	0,410	ALTO
33	0,324	BAJO	0,368	ALTO	1,647	ALTO	1,049	MEDIO	0,518	ALTO	0,432	ALTO
34	1,296	BAJO	0,390	ALTO	1,601	ALTO	1,118	MEDIO	0,757	ALTO	0,458	ALTO
35	1,125	BAJO	0,303	MEDIO	1,816	ALTO	0,997	MEDIO	0,728	ALTO	0,409	ALTO
36	1,424	BAJO	0,428	ALTO	1,528	ALTO	1,574	ALTO	0,627	ALTO	0,442	ALTO
37	0,392	BAJO	0,172	BAJO	2,412	MEDIO	1,054	MEDIO	0,711	ALTO	0,285	MEDIO
38	0,230	BAJO	0,294	MEDIO	1,845	ALTO	1,125	MEDIO	0,484	ALTO	0,354	MEDIO
39	1,398	BAJO	0,215	MEDIO	2,158	ALTO	0,814	MEDIO	1,075	ALTO	0,212	BAJO
40	1,006	BAJO	0,143	BAJO	2,648	MEDIO	0,637	BAJO	1,086	ALTO	0,216	BAJO
41	0,963	BAJO	0,211	MEDIO	2,175	ALTO	0,911	MEDIO	1,010	ALTO	0,176	BAJO
42	3,308	BAJO	0,264	MEDIO	1,947	ALTO	0,868	MEDIO	1,521	MEDIO	0,173	BAJO
43	0,418	BAJO	0,228	MEDIO	2,095	ALTO	1,036	MEDIO	0,681	ALTO	0,237	MEDIO
44	1,040	BAJO	0,083	BAJO	3,472	BAJO	0,551	BAJO	1,538	MEDIO	0,181	BAJO
45	0,699	BAJO	0,107	BAJO	3,052	MEDIO	0,568	BAJO	1,144	ALTO	0,190	BAJO
46	2,268	BAJO	0,225	MEDIO	2,109	ALTO	0,932	MEDIO	1,455	MEDIO	0,163	BAJO
47	0,810	BAJO	0,258	MEDIO	1,967	ALTO	1,014	MEDIO	0,809	ALTO	0,223	MEDIO
48	0,759	BAJO	0,447	ALTO	1,495	ALTO	1,274	ALTO	0,789	ALTO	0,131	BAJO
49	0,520	BAJO	0,104	BAJO	3,105	MEDIO	0,549	BAJO	1,025	ALTO	0,176	BAJO
50	3,078	BAJO	0,219	MEDIO	2,137	ALTO	0,979	MEDIO	1,517	MEDIO	0,145	BAJO

51	0,315	BAJO	0,322	MEDIO	1,762	ALTO	1,079	MEDIO	0,590	ALTO	0,130	BAJO
52	2,660	BAJO	0,129	BAJO	2,778	MEDIO	0,704	BAJO	1,932	MEDIO	0,154	BAJO
53	0,963	BAJO	0,154	BAJO	2,547	MEDIO	0,733	BAJO	1,067	ALTO	0,198	BAJO
54	0,324	BAJO	0,177	BAJO	2,379	MEDIO	0,778	BAJO	0,678	ALTO	0,260	MEDIO
55	0,716	BAJO	0,143	BAJO	2,646	MEDIO	0,702	BAJO	1,024	ALTO	0,244	MEDIO
56	4,203	MEDIO	0,236	MEDIO	2,058	ALTO	1,083	MEDIO	1,470	MEDIO	0,219	BAJO
57	0,588	BAJO	0,258	MEDIO	1,969	ALTO	0,921	MEDIO	0,710	ALTO	0,332	MEDIO
58	0,264	BAJO	0,144	BAJO	2,634	MEDIO	0,650	BAJO	0,633	ALTO	0,371	MEDIO
59	0,247	BAJO	0,158	BAJO	2,514	MEDIO	0,641	BAJO	0,634	ALTO	0,373	MEDIO
60	0,264	BAJO	0,116	BAJO	2,938	MEDIO	0,629	BAJO	0,691	ALTO	0,367	MEDIO
61	0,546	BAJO	0,174	BAJO	2,397	MEDIO	0,815	MEDIO	0,797	ALTO	0,358	MEDIO
62	0,870	BAJO	0,158	BAJO	2,513	MEDIO	0,790	MEDIO	1,016	ALTO	0,328	MEDIO
63	0,742	BAJO	0,148	BAJO	2,600	MEDIO	0,638	BAJO	1,001	ALTO	0,342	MEDIO
64	0,554	BAJO	0,092	BAJO	3,288	BAJO	0,651	BAJO	1,107	ALTO	0,310	MEDIO
65	1,262	BAJO	0,194	BAJO	2,272	ALTO	0,764	BAJO	1,093	ALTO	0,317	MEDIO
66	1,134	BAJO	0,197	MEDIO	2,250	ALTO	0,641	BAJO	1,072	ALTO	0,337	MEDIO
67	1,313	BAJO	0,274	MEDIO	1,909	ALTO	0,772	BAJO	1,003	ALTO	0,378	MEDIO
68	0,273	BAJO	0,082	BAJO	3,490	BAJO	0,396	BAJO	0,925	ALTO	0,411	ALTO
69	1,773	BAJO	0,296	MEDIO	1,838	ALTO	0,869	MEDIO	1,043	ALTO	0,365	MEDIO
70	0,622	BAJO	0,143	BAJO	2,640	MEDIO	0,662	BAJO	0,924	ALTO	0,389	ALTO
71	0,819	BAJO	0,149	BAJO	2,590	MEDIO	0,652	BAJO	1,020	ALTO	0,370	MEDIO
72	0,614	BAJO	0,122	BAJO	2,858	MEDIO	0,565	BAJO	1,018	ALTO	0,370	MEDIO
73	0,733	BAJO	0,117	BAJO	2,919	MEDIO	0,501	BAJO	1,061	ALTO	0,373	MEDIO
74	0,554	BAJO	0,092	BAJO	3,288	BAJO	0,449	BAJO	1,069	ALTO	0,360	MEDIO
75	1,449	BAJO	0,183	BAJO	2,336	ALTO	0,770	BAJO	1,184	ALTO	0,331	MEDIO
76	0,784	BAJO	0,096	BAJO	3,234	MEDIO	0,590	BAJO	1,161	ALTO	0,334	MEDIO
77	3,035	BAJO	0,257	MEDIO	1,973	ALTO	0,849	MEDIO	1,293	MEDIO	0,297	MEDIO

78	1,765	BAJO	0,129	BAJO	2,783	MEDIO	0,783	BAJO	1,395	MEDIO	0,273	MEDIO
79	1,799	BAJO	0,109	BAJO	3,029	MEDIO	0,853	MEDIO	1,612	MEDIO	0,231	MEDIO
80	2,242	BAJO	0,126	BAJO	2,817	MEDIO	0,914	MEDIO	1,660	MEDIO	0,214	BAJO
81	0,333	BAJO	0,058	BAJO	4,154	BAJO	0,485	BAJO	1,016	ALTO	0,278	MEDIO
82	0,418	BAJO	0,101	BAJO	3,142	MEDIO	0,639	BAJO	0,919	ALTO	0,286	MEDIO
83	0,503	BAJO	0,151	BAJO	2,570	MEDIO	0,754	BAJO	0,791	ALTO	0,306	MEDIO
84	0,648	BAJO	0,104	BAJO	3,105	MEDIO	0,588	BAJO	1,096	ALTO	0,261	MEDIO
85	1,705	BAJO	0,140	BAJO	2,672	MEDIO	0,861	MEDIO	1,291	MEDIO	0,254	MEDIO
86	0,921	BAJO	0,121	BAJO	2,876	MEDIO	0,643	BAJO	1,224	MEDIO	0,229	MEDIO
87	1,168	BAJO	0,128	BAJO	2,795	MEDIO	0,641	BAJO	1,249	MEDIO	0,220	BAJO
88	1,270	BAJO	0,139	BAJO	2,680	MEDIO	0,772	BAJO	1,233	MEDIO	0,227	MEDIO
89	5,201	MEDIO	0,147	BAJO	2,603	MEDIO	0,899	MEDIO	2,395	BAJO	0,146	BAJO
90	0,341	BAJO	0,218	MEDIO	2,140	ALTO	1,023	MEDIO	0,635	ALTO	0,174	BAJO
91	0,495	BAJO	0,167	BAJO	2,444	MEDIO	0,915	MEDIO	0,792	ALTO	0,169	BAJO
92	6,326	MEDIO	0,109	BAJO	3,023	MEDIO	0,851	MEDIO	2,817	BAJO	0,125	BAJO
93	0,657	BAJO	0,269	MEDIO	1,928	ALTO	0,979	MEDIO	0,804	ALTO	0,157	BAJO
94	0,827	BAJO	0,200	MEDIO	2,233	ALTO	0,800	MEDIO	1,053	ALTO	0,133	BAJO
95	0,358	BAJO	0,157	BAJO	2,524	MEDIO	0,795	MEDIO	0,879	ALTO	0,137	BAJO
96	0,563	BAJO	0,264	MEDIO	1,944	ALTO	0,894	MEDIO	0,861	ALTO	0,129	BAJO
97	2,447	BAJO	0,122	BAJO	2,863	MEDIO	0,795	MEDIO	1,919	MEDIO	0,111	BAJO
98	0,648	BAJO	0,265	MEDIO	1,941	ALTO	0,884	MEDIO	0,839	ALTO	0,101	BAJO
99	0,460	BAJO	0,321	MEDIO	1,765	ALTO	0,982	MEDIO	0,693	ALTO	0,127	BAJO
100	1,449	BAJO	0,205	MEDIO	2,206	ALTO	0,735	BAJO	1,330	MEDIO	0,107	BAJO
101	1,484	BAJO	0,133	BAJO	2,736	MEDIO	0,652	BAJO	1,565	MEDIO	0,109	BAJO
102	0,443	BAJO	0,107	BAJO	3,050	MEDIO	0,713	BAJO	0,975	ALTO	0,123	BAJO
103	0,588	BAJO	0,158	BAJO	2,512	MEDIO	0,683	BAJO	1,017	ALTO	0,164	BAJO
104	0,657	BAJO	0,197	MEDIO	2,250	ALTO	0,765	BAJO	0,827	ALTO	0,246	MEDIO

105	0,563	BAJO	0,169	BAJO	2,430	MEDIO	0,703	BAJO	0,879	ALTO	0,252	MEDIO
106	2,481	BAJO	0,172	BAJO	2,414	MEDIO	0,807	MEDIO	1,460	MEDIO	0,197	BAJO
107	1,475	BAJO	0,180	BAJO	2,358	MEDIO	0,682	BAJO	1,210	MEDIO	0,221	BAJO
108	0,682	BAJO	0,130	BAJO	2,775	MEDIO	0,583	BAJO	0,987	ALTO	0,259	MEDIO
109	0,665	BAJO	0,075	BAJO	3,640	BAJO	0,649	BAJO	1,314	MEDIO	0,221	BAJO
110	4,186	MEDIO	0,167	BAJO	2,443	MEDIO	0,781	BAJO	1,940	MEDIO	0,179	BAJO
111	0,691	BAJO	0,126	BAJO	2,820	MEDIO	0,759	BAJO	1,039	ALTO	0,258	MEDIO
112	0,759	BAJO	0,112	BAJO	2,989	MEDIO	0,735	BAJO	1,097	ALTO	0,263	MEDIO
113	3,479	BAJO	0,177	BAJO	2,373	MEDIO	0,878	MEDIO	1,727	MEDIO	0,201	BAJO
114	0,725	BAJO	0,195	BAJO	2,263	ALTO	0,812	MEDIO	0,816	ALTO	0,359	MEDIO
115	1,552	BAJO	0,104	BAJO	3,094	MEDIO	0,747	BAJO	1,542	MEDIO	0,229	MEDIO
116	1,211	BAJO	0,102	BAJO	3,124	MEDIO	0,774	BAJO	1,431	MEDIO	0,245	MEDIO
117	0,315	BAJO	0,148	BAJO	2,596	MEDIO	0,722	BAJO	0,628	ALTO	0,469	ALTO
118	0,486	BAJO	0,186	BAJO	2,316	ALTO	0,796	MEDIO	0,809	ALTO	0,385	ALTO
119	2,890	BAJO	0,237	MEDIO	2,052	ALTO	0,991	MEDIO	1,387	MEDIO	0,254	MEDIO
120	1,185	BAJO	0,134	BAJO	2,727	MEDIO	0,744	BAJO	1,301	MEDIO	0,262	MEDIO
121	0,742	BAJO	0,211	MEDIO	2,177	ALTO	0,873	MEDIO	0,828	ALTO	0,381	ALTO
122	1,074	BAJO	0,131	BAJO	2,763	MEDIO	0,953	MEDIO	1,208	MEDIO	0,287	MEDIO
123	0,631	BAJO	0,170	BAJO	2,426	MEDIO	1,051	MEDIO	0,858	ALTO	0,370	MEDIO
124	1,859	BAJO	0,081	BAJO	3,514	BAJO	0,663	BAJO	1,830	MEDIO	0,190	BAJO
125	0,767	BAJO	0,087	BAJO	3,389	BAJO	0,526	BAJO	1,283	MEDIO	0,243	MEDIO
126	0,264	BAJO	0,201	MEDIO	2,229	ALTO	0,645	BAJO	0,604	ALTO	0,404	ALTO
127	2,788	BAJO	0,193	BAJO	2,277	ALTO	0,713	BAJO	1,574	MEDIO	0,215	BAJO
128	2,592	BAJO	0,184	BAJO	2,329	ALTO	0,781	BAJO	1,583	MEDIO	0,212	BAJO
129	6,540	MEDIO	0,196	BAJO	2,260	ALTO	1,051	MEDIO	2,135	BAJO	0,160	BAJO
130	1,015	BAJO	0,150	BAJO	2,585	MEDIO	0,684	BAJO	1,235	MEDIO	0,232	MEDIO
131	0,281	BAJO	0,214	MEDIO	2,160	ALTO	0,612	BAJO	0,722	ALTO	0,273	MEDIO

132	0,435	BAJO	0,204	MEDIO	2,211	ALTO	0,802	MEDIO	0,673	ALTO	0,286	MEDIO
133	1,108	BAJO	0,269	MEDIO	1,929	ALTO	0,971	MEDIO	0,888	ALTO	0,309	MEDIO
134	0,324	BAJO	0,271	MEDIO	1,921	ALTO	0,853	MEDIO	0,566	ALTO	0,394	ALTO
135	0,264	BAJO	0,433	ALTO	1,519	ALTO	1,233	ALTO	0,375	ALTO	0,497	ALTO
136	3,658	MEDIO	0,178	BAJO	2,369	MEDIO	1,203	ALTO	1,906	MEDIO	0,156	BAJO
137	0,443	BAJO	0,208	MEDIO	2,190	ALTO	0,804	MEDIO	0,739	ALTO	0,279	MEDIO
138	4,331	MEDIO	0,299	MEDIO	1,827	ALTO	1,269	ALTO	1,335	MEDIO	0,216	BAJO
139	0,324	BAJO	0,368	ALTO	1,647	ALTO	1,178	MEDIO	0,474	ALTO	0,378	MEDIO
140	0,554	BAJO	0,302	MEDIO	1,819	ALTO	1,036	MEDIO	0,623	ALTO	0,273	MEDIO
141	0,639	BAJO	0,377	ALTO	1,628	ALTO	1,160	MEDIO	0,678	ALTO	0,253	MEDIO
142	2,473	BAJO	0,312	MEDIO	1,788	ALTO	1,043	MEDIO	1,232	MEDIO	0,179	BAJO
143	0,264	BAJO	0,337	ALTO	1,722	ALTO	0,904	MEDIO	0,601	ALTO	0,178	BAJO
144	0,938	BAJO	0,299	MEDIO	1,828	ALTO	0,966	MEDIO	0,836	ALTO	0,182	BAJO
145	4,468	MEDIO	0,223	MEDIO	2,119	ALTO	0,991	MEDIO	1,929	MEDIO	0,157	BAJO
146	1,134	BAJO	0,361	ALTO	1,663	ALTO	1,159	MEDIO	0,911	ALTO	0,206	BAJO
147	0,401	BAJO	0,256	MEDIO	1,974	ALTO	0,829	MEDIO	0,578	ALTO	0,304	MEDIO
148	0,281	BAJO	0,461	ALTO	1,473	ALTO	1,043	MEDIO	0,453	ALTO	0,334	MEDIO
149	0,264	BAJO	0,243	MEDIO	2,026	ALTO	1,060	MEDIO	0,561	ALTO	0,231	MEDIO
150	0,742	BAJO	0,114	BAJO	2,963	MEDIO	0,752	BAJO	1,116	ALTO	0,193	BAJO
151	0,426	BAJO	0,163	BAJO	2,473	MEDIO	0,700	BAJO	0,755	ALTO	0,218	BAJO
152	1,143	BAJO	0,156	BAJO	2,534	MEDIO	0,786	BAJO	1,099	ALTO	0,201	BAJO
153	0,281	BAJO	0,235	MEDIO	2,062	ALTO	0,769	BAJO	0,664	ALTO	0,208	BAJO
154	0,546	BAJO	0,223	MEDIO	2,115	ALTO	1,114	MEDIO	0,789	ALTO	0,230	MEDIO
155	1,015	BAJO	0,193	BAJO	2,275	ALTO	0,953	MEDIO	1,009	ALTO	0,193	BAJO
156	0,290	BAJO	0,475	ALTO	1,451	ALTO	1,363	ALTO	0,401	ALTO	0,305	MEDIO
157	0,597	BAJO	0,170	BAJO	2,427	MEDIO	0,848	MEDIO	0,820	ALTO	0,204	BAJO
158	0,367	BAJO	0,172	BAJO	2,408	MEDIO	0,835	MEDIO	0,739	ALTO	0,180	BAJO

159	0,333	BAJO	0,146	BAJO	2,619	MEDIO	0,663	BAJO	0,781	ALTO	0,177	BAJO
160	2,745	BAJO	0,175	BAJO	2,389	MEDIO	1,048	MEDIO	1,611	MEDIO	0,150	BAJO
161	5,687	MEDIO	0,259	MEDIO	1,965	ALTO	1,015	MEDIO	1,901	MEDIO	0,159	BAJO
162	0,324	BAJO	0,177	BAJO	2,379	MEDIO	0,644	BAJO	0,786	ALTO	0,197	BAJO
163	3,547	BAJO	0,173	BAJO	2,406	MEDIO	0,654	BAJO	1,936	MEDIO	0,152	BAJO
164	10,436	ALTO	0,196	BAJO	2,257	ALTO	0,878	MEDIO	2,766	BAJO	0,114	BAJO
165	5,312	MEDIO	0,151	BAJO	2,576	MEDIO	0,840	MEDIO	2,408	BAJO	0,140	BAJO
166	2,089	BAJO	0,123	BAJO	2,847	MEDIO	0,732	BAJO	1,755	MEDIO	0,172	BAJO
167	0,699	BAJO	0,161	BAJO	2,491	MEDIO	0,826	MEDIO	0,916	ALTO	0,250	MEDIO

Valoración de los parámetros de cada cuenca.

Nº	Área (km ²)	Circularidad	Compacidad	Elongación	Tc (horas)	Pendiente	Valoración	Índice
Cuenca		Miller	Gravelius					Peligrosidad
1	1	1	1	2	2	2	9	BAJO
2	1	2	3	2	3	3	14	ALTO
3	1	2	3	2	3	3	14	ALTO
4	1	3	3	3	3	2	15	ALTO
5	2	2	3	2	2	1	12	MEDIO
6	1	2	3	2	2	1	11	MEDIO
7	1	2	3	1	3	1	11	MEDIO
8	2	2	3	2	2	1	12	MEDIO
9	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
10	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
11	1	1	2	1	2	2	9	BAJO
12	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
13	1	1	2	2	2	2	10	MEDIO
14	1	2	3	1	3	1	11	MEDIO
15	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
16	1	1	3	1	3	2	11	MEDIO
17	1	2	3	1	3	2	12	MEDIO
18	1	1	2	1	2	2	9	BAJO
19	1	1	2	1	2	2	9	BAJO
20	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
21	1	1	3	1	3	3	12	MEDIO
22	1	1	3	1	3	3	12	MEDIO
23	1	1	2	1	3	3	11	MEDIO
24	1	2	3	1	3	3	13	MEDIO
25	1	1	2	1	3	3	11	MEDIO
26	1	1	2	1	3	3	11	MEDIO
27	1	1	2	1	3	3	11	MEDIO
28	1	1	2	1	3	3	11	MEDIO
29	1	1	2	1	3	3	11	MEDIO
30	1	1	2	2	3	2	11	MEDIO
31	1	3	3	3	3	2	15	ALTO
32	1	2	3	2	3	3	14	ALTO
33	1	3	3	2	3	3	15	ALTO
34	1	3	3	2	3	3	15	ALTO
35	1	2	3	2	3	3	14	ALTO
36	1	3	3	3	3	3	16	ALTO
37	1	1	2	2	3	2	11	MEDIO
38	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
39	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
40	1	1	2	1	3	1	9	BAJO

41	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
42	1	2	3	2	2	1	11	MEDIO
43	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
44	1	1	1	1	2	1	7	BAJO
45	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
46	1	2	3	2	2	1	11	MEDIO
47	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
48	1	3	3	3	3	1	14	ALTO
49	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
50	1	2	3	2	2	1	11	MEDIO
51	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
52	1	1	2	1	2	1	8	BAJO
53	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
54	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
55	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
56	2	2	3	2	2	1	12	MEDIO
57	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
58	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
59	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
60	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
61	1	1	2	2	3	2	11	MEDIO
62	1	1	2	2	3	2	11	MEDIO
63	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
64	1	1	1	1	3	2	9	BAJO
65	1	1	3	1	3	2	11	MEDIO
66	1	2	3	1	3	2	12	MEDIO
67	1	2	3	1	3	2	12	MEDIO
68	1	1	1	1	3	3	10	MEDIO
69	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
70	1	1	2	1	3	3	11	MEDIO
71	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
72	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
73	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
74	1	1	1	1	3	2	9	BAJO
75	1	1	3	1	3	2	11	MEDIO
76	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
77	1	2	3	2	2	2	12	MEDIO
78	1	1	2	1	2	2	9	BAJO
79	1	1	2	2	2	2	10	MEDIO
80	1	1	2	2	2	1	9	BAJO
81	1	1	1	1	3	2	9	BAJO
82	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
83	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
84	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
85	1	1	2	2	2	2	10	MEDIO

86	1	1	2	1	2	2	9	BAJO
87	1	1	2	1	2	1	8	BAJO
88	1	1	2	1	2	2	9	BAJO
89	2	1	2	2	1	1	9	BAJO
90	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
91	1	1	2	2	3	1	10	MEDIO
92	2	1	2	2	1	1	9	BAJO
93	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
94	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
95	1	1	2	2	3	1	10	MEDIO
96	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
97	1	1	2	2	2	1	9	BAJO
98	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
99	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
100	1	2	3	1	2	1	10	MEDIO
101	1	1	2	1	2	1	8	BAJO
102	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
103	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
104	1	2	3	1	3	2	12	MEDIO
105	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
106	1	1	2	2	2	1	9	BAJO
107	1	1	2	1	2	1	8	BAJO
108	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
109	1	1	1	1	2	1	7	BAJO
110	2	1	2	1	2	1	9	BAJO
111	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
112	1	1	2	1	3	2	10	MEDIO
113	1	1	2	2	2	1	9	BAJO
114	1	1	3	2	3	2	12	MEDIO
115	1	1	2	1	2	2	9	BAJO
116	1	1	2	1	2	2	9	BAJO
117	1	1	2	1	3	3	11	MEDIO
118	1	1	3	2	3	3	13	MEDIO
119	1	2	3	2	2	2	12	MEDIO
120	1	1	2	1	2	2	9	BAJO
121	1	2	3	2	3	3	14	ALTO
122	1	1	2	2	2	2	10	MEDIO
123	1	1	2	2	3	2	11	MEDIO
124	1	1	1	1	2	1	7	BAJO
125	1	1	1	1	2	2	8	BAJO
126	1	2	3	1	3	3	13	MEDIO
127	1	1	3	1	2	1	9	BAJO
128	1	1	3	1	2	1	9	BAJO
129	2	1	3	2	1	1	10	MEDIO
130	1	1	2	1	2	2	9	BAJO

131	1	2	3	1	3	2	12	MEDIO
132	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
133	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
134	1	2	3	2	3	3	14	ALTO
135	1	3	3	3	3	3	16	ALTO
136	2	1	2	3	2	1	11	MEDIO
137	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
138	2	2	3	3	2	1	13	MEDIO
139	1	3	3	2	3	2	14	ALTO
140	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
141	1	3	3	2	3	2	14	ALTO
142	1	2	3	2	2	1	11	MEDIO
143	1	3	3	2	3	1	13	MEDIO
144	1	2	3	2	3	1	12	MEDIO
145	2	2	3	2	2	1	12	MEDIO
146	1	3	3	2	3	1	13	MEDIO
147	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
148	1	3	3	2	3	2	14	ALTO
149	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
150	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
151	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
152	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
153	1	2	3	1	3	1	11	MEDIO
154	1	2	3	2	3	2	13	MEDIO
155	1	1	3	2	3	1	11	MEDIO
156	1	3	3	3	3	2	15	ALTO
157	1	1	2	2	3	1	10	MEDIO
158	1	1	2	2	3	1	10	MEDIO
159	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
160	1	1	2	2	2	1	9	BAJO
161	2	2	3	2	2	1	12	MEDIO
162	1	1	2	1	3	1	9	BAJO
163	1	1	2	1	2	1	8	BAJO
164	3	1	3	2	1	1	11	MEDIO
165	2	1	2	2	1	1	9	BAJO
166	1	1	2	1	2	1	8	BAJO
167	1	1	2	2	3	2	11	MEDIO

ANEXO C: LEGISLACIÓN APLICABLE

C.1 DIRECTIVA INSPIRE

La Directiva Inspire recientemente aprobada por la Comunidad Europea crea un marco que trasciende la apertura de una gran biblioteca cartográfica en formato digital y actualizable para inaugurar una infraestructura de datos espacial, integrada y homogénea que pone al alcance de todos la cartografía del territorio europeo. Esta gran obra va a permitir combinar información y conocimientos del territorio procedentes de diferentes sectores y elaborados por distintas autoridades.

La tarea, técnicamente inviable sólo hace algunas décadas, es fruto del consenso y del acuerdo entre los estados miembros para la distribución de su cartografía. Permite una observación del continente en su conjunto antes no imaginable. Sin embargo el repositorio de datos no va a suponer por sí mismo el monolito del libro 2001 que nos catapulte a una nueva era cartográfica.

Todavía los esfuerzos y modelos cartográficos necesarios para comprender nuestra realidad geográfica son incipientes. La ecología del territorio o del paisaje está desarrollando interesantes esfuerzos en esta dirección. Aún con estas limitaciones, alcanzar el nivel de servicio de datos que pretende Inspire es una tarea básica para efectuar estos análisis y constituye el objetivo principal que vertebría la Directiva. Sin duda será una herramienta imprescindible para asistir la toma de decisiones, sobre una base objetiva y común. Es éste el eje donde radica la potencia actual de Inspire.

La Directiva establece que cualquier dato que, de forma directa o indirecta, haga referencia a una localización o zona geográfica específica sea considerado como “dato espacial”. Si bien se separa del objeto de la Directiva aquellos que no se encuentren en formato digital. Esta definición abre el camino a integrar en un SIG información que es posible ubicar espacialmente mediante referencias topográficas o del lenguaje verbal entre otras. En este sentido son destacables los trabajos relativos a la conservación de la biodiversidad mediante la georeferenciación de colecciones naturales depositadas en museos.

Inspire remarca el marco competencial de las administraciones en la generación de cartografía en cada estado miembro. El dato es generado por la unidad administrativa competente en cada materia, que es la más cercana a esa realidad. Este hecho trasciende las capas de información de Inspire y nos señala que debemos escoger la cartografía adecuadamente. Si estamos analizando por ejemplo cuestiones de propiedad, usos del suelo subvencionables, asuntos fiscales de bienes inmuebles, la expresión espacial de algún dominio público o la extensión de alguna figura de protección del territorio debemos acudir a la

cartografía generada por la administración competente en dicha materia. Lo que evitará alguna de las frecuentes confusiones. La racionalidad en la utilización de los medios asignados también conlleva el inicio de un período de tiempo donde se producirá una mayor coordinación administrativa. Su consecuencia deseable por todos es el acercamiento entre las bases cartográficas, que tendrán un mayor grado de concordancia entre sí que el observado hoy en día.

Los metadatos son básicos en la Directiva, para que todos conozcamos las características de los datos que manejamos. Su tratamiento en Inspire es el adecuado para las capas recogidas en los anexos. Estos estándares son insuficientes para documentar como creamos la información derivada y comunicar el grado de confianza que podemos depositar en la cartografía elaborada a partir de las capas de información Inspire. Se abre una interesante línea de trabajo para estandarizar estos informes en aras de que los análisis espaciales y la cartografía temática derivada creada puedan ser validados por la comunidad científica.

La génesis de Inspire radica en la política de la Comunidad en el ámbito del medio ambiente, que tiene como objetivo alcanzar un nivel de protección elevado. La información, incluida la espacial, es necesaria para la definición y realización de dicha política y de otras políticas comunitarias en las que deben integrarse las exigencias de protección del medio ambiente. Para lograr esta finalidad Inspire coloca la primera piedra pero será preciso incorporar mas capas de información, integrar la ecología del paisaje en la normativa de protección del medio ambiente y aplicar un enfoque funcional al estudio del medio ambiente.

La Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) es la iniciativa para el establecimiento de una Infraestructura de Datos Espaciales Europea, desarrollada por la dirección general de medio ambiente de la CE, la Agencia Europea EUROSTAT y el Centro de Investigación común JRC (Joint Research Center), INSPIRE tiene vocación de desarrollar una IDE Europea no sólo utilizable en el ámbito del Medio Ambiente, sino en los demás ámbitos europeos: Transportes, Agricultura, Economía, etc. El objetivo de INSPIRE es intentar desencadenar la creación de una infraestructura de información espacial europea que proporcione a los usuarios servicios de información espacial integrados. Estos servicios deberán permitir identificar y acceder a información geográfica de un amplio rango de fuentes, desde el nivel local al global, y en forma interoperable para diversos usos.

Los principios que rigen INSPIRE son:

- Los datos deben ser recogidos una vez y mantenidos en el nivel donde se logra la máxima efectividad.
- Debe ser posible combinar información geográfica con total continuidad para toda Europa, desde fuentes diversas, y compartir la entre usuarios y aplicaciones.
- La información geográfica debe ser abundante y disponible bajo condiciones que no inhiban su uso extensivo.
- Debe ser fácil descubrir la información geográfica disponible, y en qué condiciones puede conseguirse y usarse.
- Los datos geográficos deben ser fáciles de entender e interpretar, y deben ser seleccionables en forma amigable.

El funcionamiento de INSPIRE se recoge en la Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, publicada en el Diario Oficial de la UE (DOUE) el 25 de Abril de 2007. La Directiva establece los objetivos, y los Estados miembros tendrán dos años desde su publicación para ajustar sus respectivas legislaciones y procedimientos administrativos nacionales.

INSPIRE ha sido desarrollada en colaboración con Estados miembros y países en estado de adhesión con el propósito de hacer disponible información geográfica relevante, concertada y de calidad de forma que se permita la formulación, implementación, monitorización y evaluación de las políticas de impacto o de dimensión territorial, de la Comunidad Europea.

INSPIRE es el primer paso de una amplia iniciativa multilateral que inicialmente dirigirá su interés sobre la información espacial necesaria para políticas medioambientales y que estará disponible para satisfacer las necesidades prácticas de otras áreas, tales como la agricultura y el transporte.

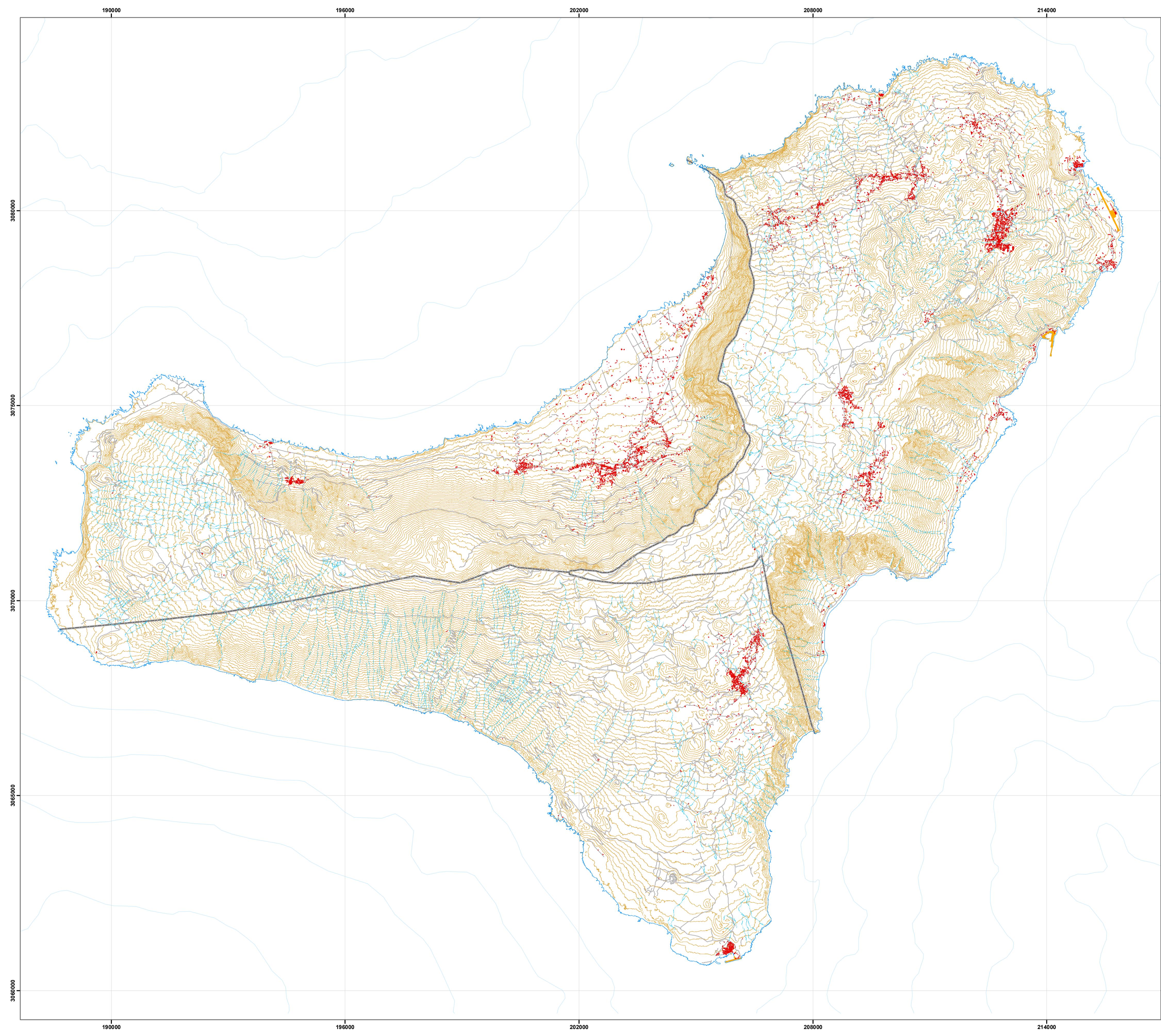
**MAPA DE PELIGROSIDAD POR AVENIDAS
TORRENCIALES EN LA ISLA DE EL HIERRO**

DOCUMENTO 4: PLANOS

PLANO 1 MAPA TOPOGRÁFICO

PLANO 2 MAPA GEOLÓGICO

PLANO 3 MAPA DE PELIGROSIDAD

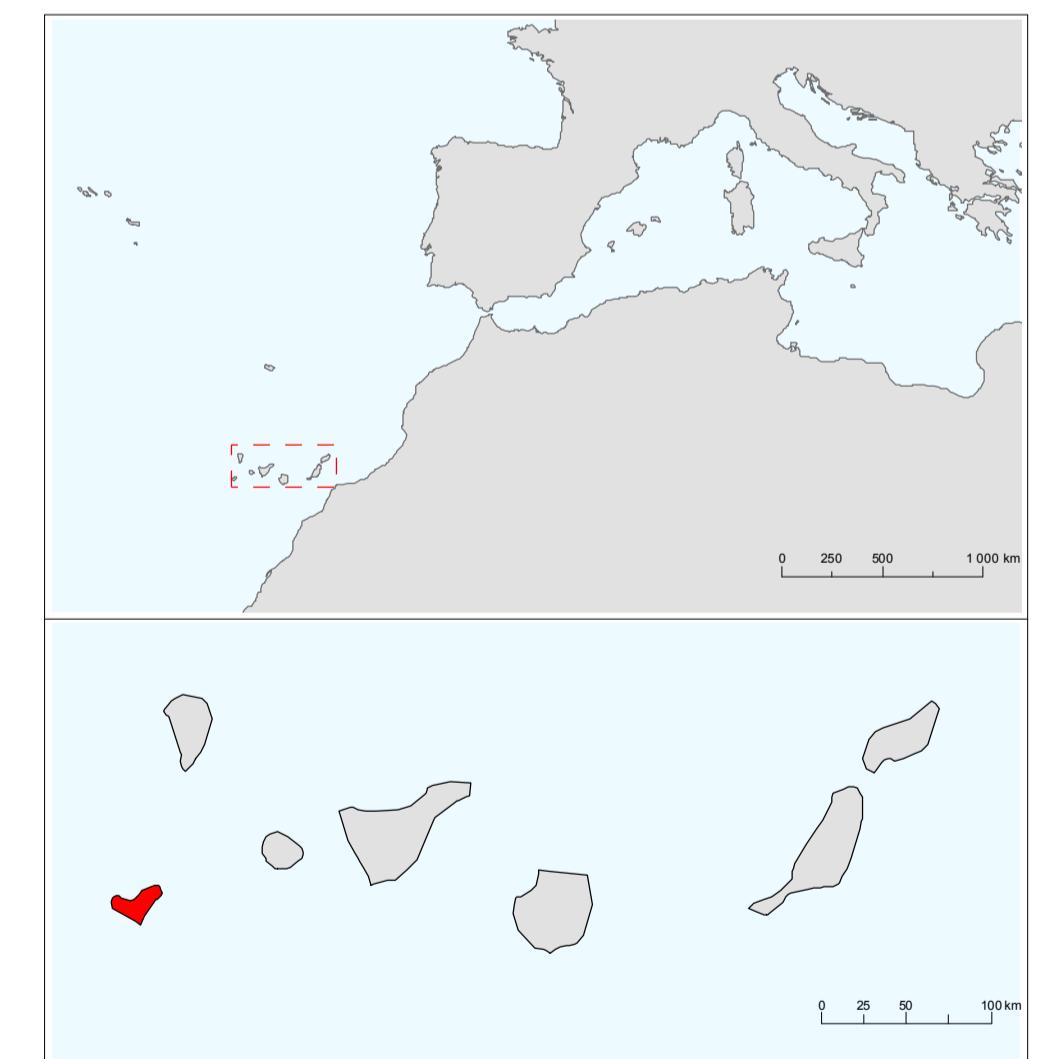


Leyenda	
Edificaciones	
Puertos y aeropuertos	
Batimetría	
Hidrografía	
Línea de costa	
Vías de comunicación	
Límites administrativos	
Curvas de nivel	

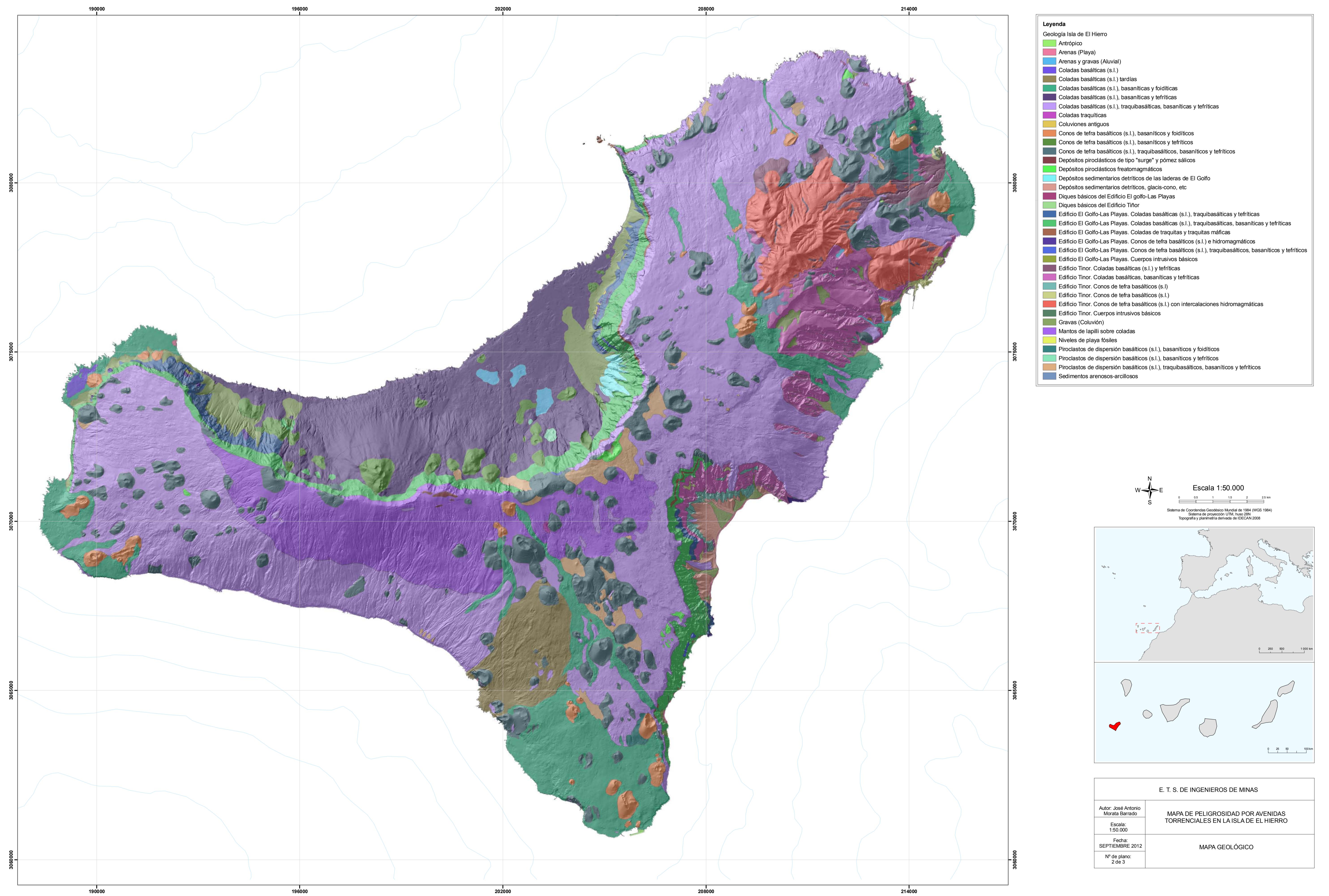
N
E
S
W
Escala 1:50.000
0 0,5 1 1,5 2 2,5 km

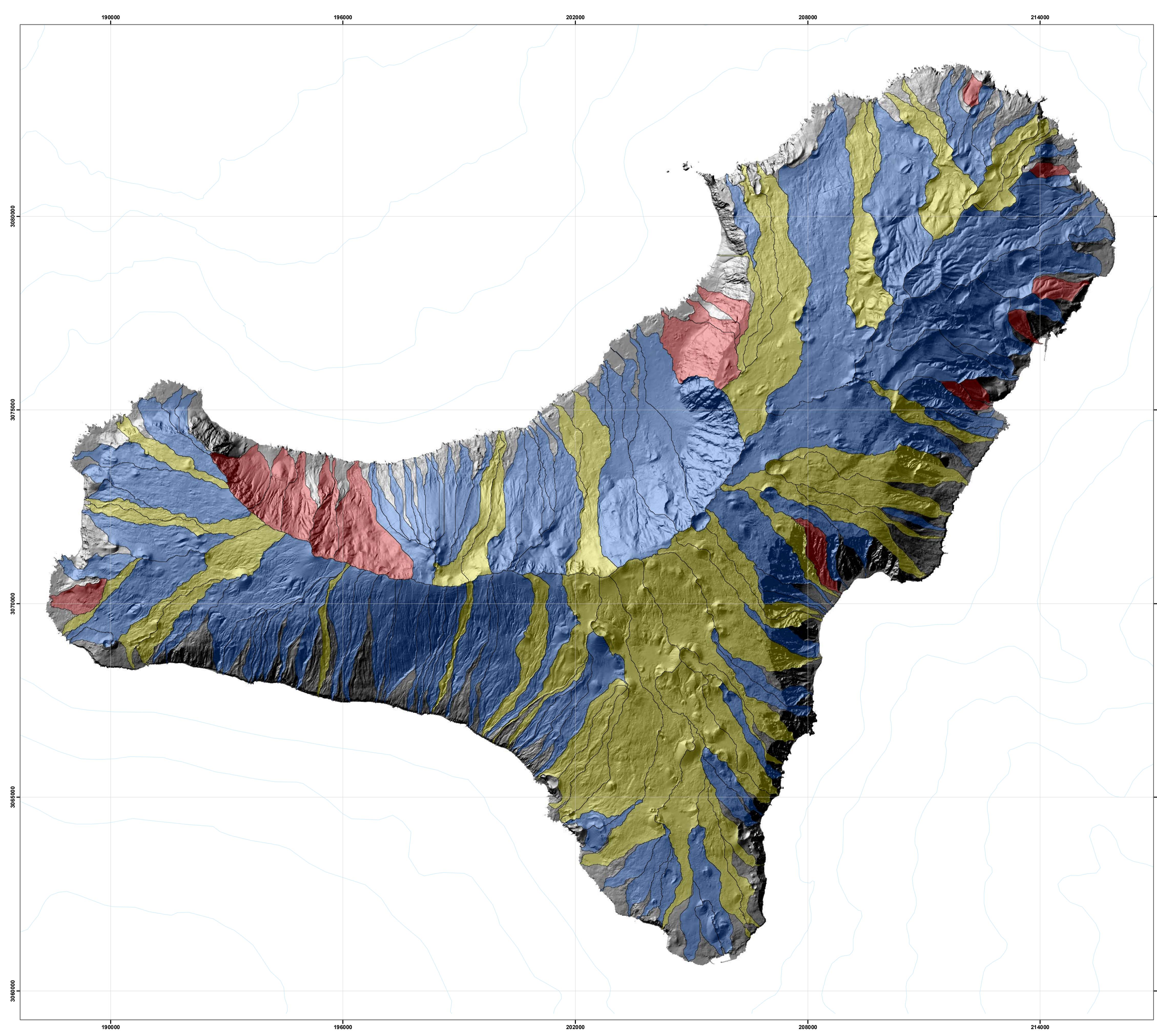
Sistema de Coordenadas Geodésico Mundial de 1984 (WGS 1984)
Sistema de proyección UTM, huso 28N

Topografía y planimetría densada de IDECAN 2008



E. T. S. DE INGENIEROS DE MINAS	
Autor: José Antonio Morata Barrado	MAPA DE PELIGROSIDAD POR AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ISLA DE EL HIERRO
Escala: 1:50.000	
Fecha: SEPTIEMBRE 2012	
Nº de plano: 1 de 3	MAPA TOPOGRÁFICO

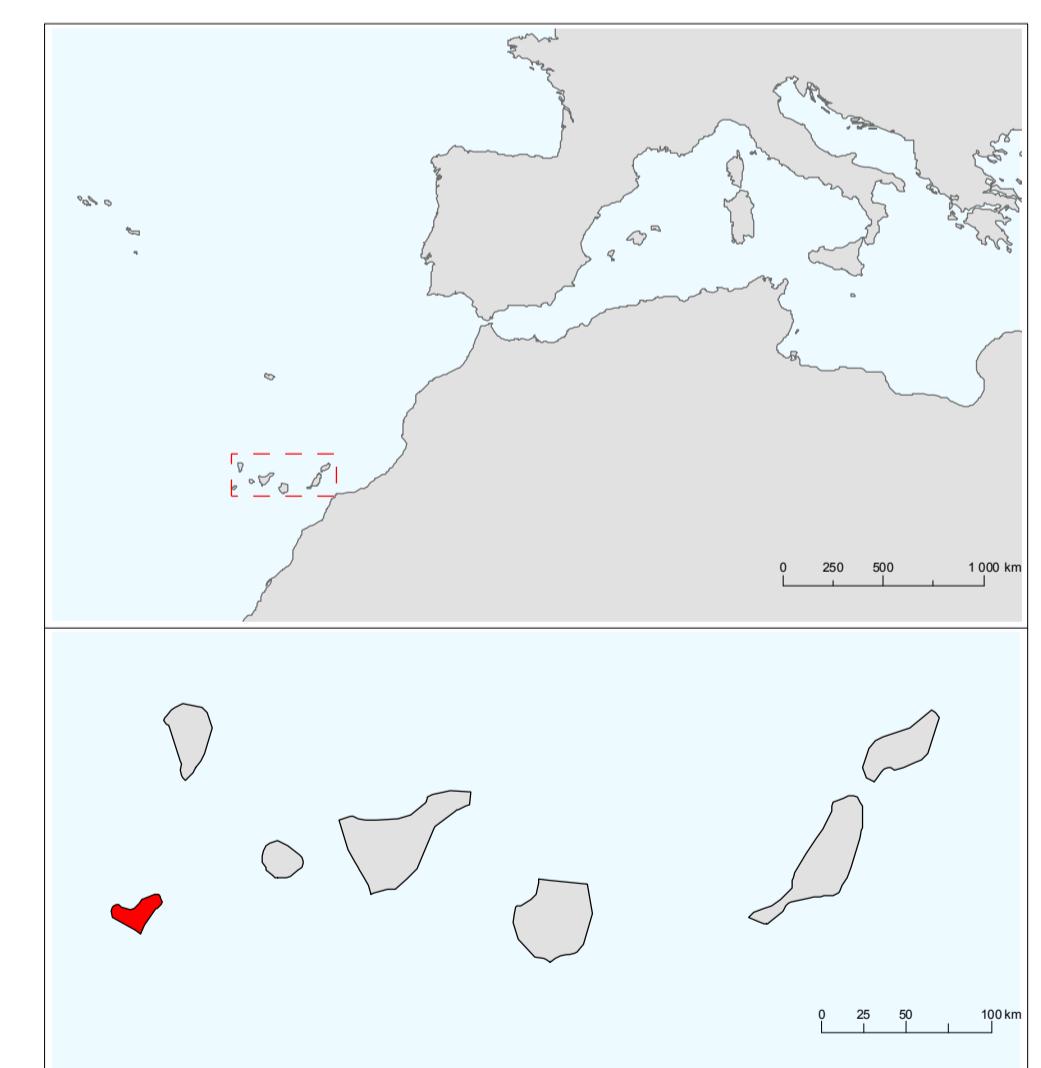




Leyenda
ÍNDICE DE PELIGROSIDAD

- ALTO
- MEDIO
- BAJO

N E
S W
Escala 1:50.000
Sistema de Coordenadas Geodésico Mundial de 1984 (WGS 1984)
Sistema de proyección UTM, huso 28N
Topografía y planimetría densada de IDECAN 2008



E. T. S. DE INGENIEROS DE MINAS	
Autor: José Antonio Morata Barrado	MAPA DE PELIGROSIDAD POR AVENIDAS TORRENCIALES EN LA ISLA DE EL HIERRO
Escala: 1:50.000	
Fecha: SEPTIEMBRE 2012	
Nº de plano: 3 de 3	MAPA DE PELIGROSIDAD BASADO EN ÍNDICES MORFOMÉTRICOS