



UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA

INGENIERO TÉCNICO AGRÍCOLA

ESPECIALIDAD EN MECANIZACIÓN Y CONSTRUCCIONES RURALES

ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL PARQUE NATURAL CABO DE GATA-  
NÍJAR: ADAPTACIÓN DE LA U.S.L.E. AL SURESTE ESPAÑOL.

ALUMNO: Manuel Navarro Cueto.

DIRECTORES: Fco. Javier Lozano Cantero

Carlos M. Asensio Grima.

Almería, Noviembre de 2012.

Proyecto Fin de Carrera presentado por el alumno: Manuel  
Navarro Cueto para la obtención del título de Ingeniero  
Técnico Agrícola

DIRECTORES:

Fco. Javier Lozano Cantero.

Carlos M. Asensio Grima.

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a mis directores, Dr. Fco. Javier Lozano Cantero y Dr. Carlos M. Asensio Grima, por su inestimable ayuda en la consecución de este proyecto, así como por su dedicación absoluta para la resolución de cuantas cuestiones les he planteado.

A la Dra. M. Yolanda Cantón Castilla y a D. Antonio Jesús Mendoza, por su asesoramiento y colaboración en diferentes aspectos de este trabajo.

Así mismo agradezco, al Departamento de Edafología y Química Agrícola de la Universidad de Almería la puesta a disposición de todos los recursos necesarios para realizar el presente trabajo.

Por último, quisiera hacer extensivo este agradecimiento a todas las personas, familiares y amigos que me han apoyado durante el proceso de elaboración de este trabajo y especialmente a mis padres por la paciencia y confianza depositada en mí, durante este largo periodo de tiempo.

**ÍNDICE:**

A.	Título	
B.	Interés y Objetivos	1
C.	Revisión Bibliográfica	9
D.	Material y Métodos	15
E.	Resultados	33
E.1	Factores Formadores	34
E.2	Suelos	45
E.2.1.	Tipologías de Suelos	45
E.2.2.	Descripción de Perfiles	58
E.2.3.	Actualización de tipologías de Suelos	94
E.3	Unidades Cartográficas	96
E.4	Evaluación de la erosión hídrica	96
E.4.1.	Evaluación de la Erosión Hídrica mediante la USLE	97
E.4.2.	Construcción del modelo digital para el cálculo de la erosión hídrica del Parque Natural Cabo de Gata - Níjar.	100
E.5	Determinación del efecto producido por la variación de la resolución del modelo de elevación del terreno en la determinación del riesgo de erosión.	106
F.	Discusión	111
F.1	Discusión General	112
F.2	Discusión de edafogénesis y tipologías	113
F.3	Discusión de los datos obtenidos por la metodología USLE	115
F.4	Discusión de los datos obtenidos por la metodología GIS/USLE.	117

F.5	Comparación de los resultados obtenidos por ambos métodos.	120
G.	Conclusiones	122
H.	Bibliografía	124

I. Anexo I

Tabla nº1: Cálculo factor R

Tabla nº2: Cálculo factor K

Tabla nº3: Cálculo factor LS

Tabla nº4: Cálculo factor C

Tabla nº5: Cálculo factor P

Gráfico nº6: Comparación valores LS

Fotografías del entorno de estudio

J. Anexo II

Mapa nº1: Situación de los perfiles

Mapa nº2: Mapa de Pendientes

Mapa nº3: Unidades de Suelo

Mapa nº4: Resultados USLE

Mapa nº5: Resultados USLE/GIS 75m

Mapa nº6: Resultados USLE/GIS 25m

Mapa nº7: Resultados USLE/GIS 50m

Mapa nº8: Resultados USLE/GIS 100m

Lista de Figuras y Tablas:

-	Figura B.1: Localización de la provincia de Almería y en rojo el Parque Natural.	2
-	Figura D.1. Correlación entre RF y RI (Lozano et al. 1997)	19
-	Figura D.2. Nomograma para cálculo de subfactor CI	22
-	Figura D.3. Nomograma para cálculo de subfactor CII	23
-	Figura D.4. Nomograma para cálculo de subfactor CIII	23
-	Figura D.5. Valores de C para pastos y terrenos baldíos.	24
-	Figura D.6. Tabla de factor P según técnicas de conservación ( Wischmeier, 1975).	25
-	Figura D.7. Tabla de proceso de elaboración del modelo GIS/USLE (Fistikoglu y Harmancioglu, 2002).	26
-	Figura D.8. Tabla de valores asumidos para el factor R en el modelo digital.	27
-	Figura D.9. Tabla de valor del Factor C en función del % de cobertura (Rubio et al, 1984).	30
-	Tabla E.1: Estaciones meteorológicas relacionadas con la zona de estudio.	36
-	Tabla E.2: Precipitaciones medias mensuales y media anual.	37
-	Tabla E.3: Temperaturas medias mensuales y media anual.	38
-	Tabla E.4: Actualización de FAO(1967, 1994,2007).	94
-	Tabla E.5: Actualización de USDA(1975, 1997,2012).	95
-	Tabla E.6: Riesgo de Erosión (FAO, 1980).	96
-	Tabla E.7: Resultados obtenidos por el método USLE.	99
-	Figura E.1: distribución y valores del factor K	102
-	Figura E.2: Distribución y valores de factor C.	103
-	Figura E.3: Distribución y valores del factor P.	104
-	Figura E.4: Distribución y valores del factor R.	105
-	Figura E.5: Distribución y valores del factor LS a 75m.	106
-	Figura E.6: Distribución y valores del factor LS a 100m.	107
-	Figura E.7: Distribución y valores del factor LS a 50m.	108
-	Figura E.8: Distribución y valores del factor LS a 25m.	109

## **B. INTERÉS Y OBJETIVOS.**

## B. INTERÉS Y OBJETIVOS

La provincia de Almería es una de las provincias españolas con mayor variedad paisajística, sus ecosistemas varían desde los climas de alta montaña hasta el clima semidesértico de la zona oriental. La provincia de Almería cuenta con ocho espacios naturales protegidos, todos ellos de gran diversidad paisajística, cinco de los mismos situados en el interior. El más occidental es el Parque Natural de Sierra Nevada, que en su vertiente almeriense se extiende por la Baja Alpujarra; Sierra María – Los Vélez al norte, donde la espeleología y la paleontología tienen en sus cuevas una variada fuente de investigación y ocio. Merece también mención el Desierto de Tabernas, limitado al este por el Parque de Sierra Alhamilla y el complejo Kárstico de Sorbas. Por último, entre los términos municipales de El Ejido y Roquetas de Mar destaca el Parque Natural de Punta Entinas-Sabinal, y ya en el suroeste y en el término abderitano, aparece la Albufera de Adra.

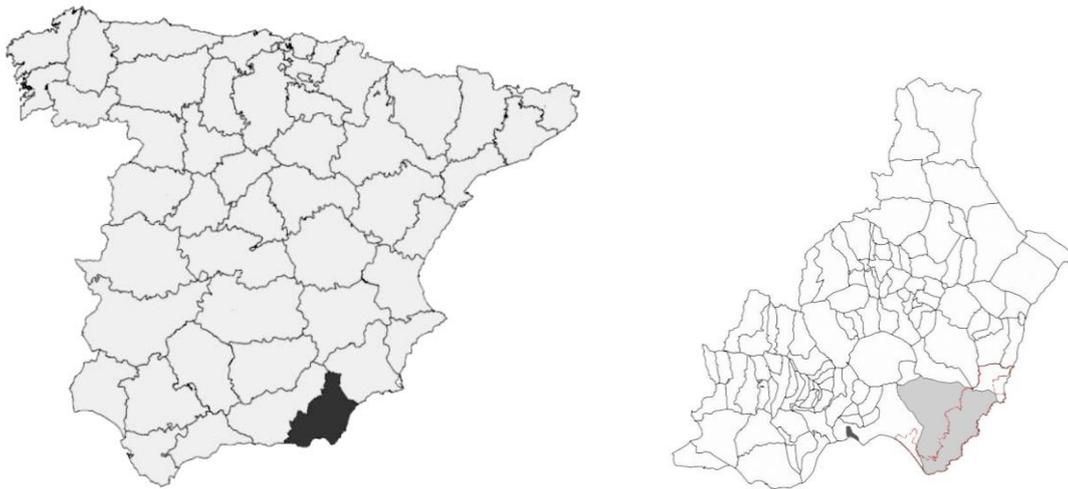


Figura B.1: Localización de la provincia de Almería y en rojo el Parque Natural.

Sin embargo, es precisamente en la zona oriental de la provincia, en el Parque Natural Cabo de Gata – Níjar, donde encontramos un sistema ecológico de especial importancia. Su clima de tipo semiárido es un clima especialmente significativo, y de gran importancia para el estudio de fenómenos erosivos. El Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar se encuentra situado dentro de las denominadas zonas áridas de la Península Ibérica, siendo los ecosistemas de estas zonas especialmente sensibles y vulnerables a las acciones humanas. Según López Bermúdez (1989), la principal causa de degradación de estas zonas es el uso inadecuado de los recursos naturales por parte del hombre.

El Parque Natural Cabo de Gata-Níjar se constituyó como tal en 1987 (este año 2012 se celebran sus bodas de plata) convirtiéndose en el primer espacio protegido en Andalucía de estas características. El Parque Natural marítimo-terrestre de Cabo de Gata-Níjar tiene una

superficie de 49.630 ha de las cuales 37.513 son terrestres y 12.117 marinas, con una franja marítima de una milla de anchura que coincide, aproximadamente, con la cota batimétrica de 50 metros de profundidad.

Los términos que conforman el área de influencia socioeconómica del Parque Natural son los de Almería, Níjar y Carboneras. El municipio que mayor superficie aporta al Parque Natural es el de Níjar, con un 71% del territorio, con gran diferencia sobre Carboneras (20%) y Almería (9%). Hay que indicar que el 83% de la superficie total del municipio de Carboneras conforman ese 20% de superficie aportado al Parque Natural, sin embargo el 71% aportado por Níjar corresponde tan solo al 45% de su territorio.

Queda enmarcado dentro de las Hojas del Mapa Topográfico Nacional de Sorbas (Hoja 1.031), Almería (Hoja 1.045), Carboneras (Hoja 1.046), El Cabo de Gata (Hoja 1.059) y El Pozo de Los Frailes (Hoja 1.060), a escala 1:50.000.

Las principales vías de acceso al Parque son: la carretera nacional N-342, desde Almería por Retamar y Ruescas; la nacional N-340 (E-15), desde Almería y Níjar por las salidas de San José y Campohermoso; la nacional N-340 (E-15), desde Murcia por Venta del Pobre, la carretera local AI-101 a Carboneras; y la carretera comarcal ALP-118, desde Murcia por San Juan de los Terreros, Mojácar y Carboneras. De estas carreteras, exteriores al Parque, parten otra serie de vías comarcales y locales, así como sendas y caminos, que constituyen su red interior y facilitan el acceso a los distintos núcleos de población.

Los principales núcleos de población que se encuentran en la zona de estudio son: Cabo de Gata, San José, Pozo de Los Frailes, Los Escullos, Las Negras, Rodalquilar, La Isleta del Moro, Agua Amarga y Fernán Pérez, todos ellos con una muy escasa población y un alto carácter migratorio a otras zonas más industrializadas, desde la Comunidad Autónoma o el Estado Español hasta incluso la Comunidad Europea.

La población del Parque Natural se encuentra distribuida entre los tres términos municipales que lo integran, aunque con una distribución poco uniforme. El volumen de población no es elevado y se suele concentrar en pequeños núcleos o en construcciones aisladas tipo cortijo.

En el año 1990, la población de derecho estimada con residencia en el interior del Parque era de 3.057 individuos, de los cuales 1.181 pertenecían al término municipal de Almería y 1.876 al término de Níjar, no incluyéndose ninguno en el término de Carboneras, pues, en su delimitación, no hay ningún núcleo de población, a excepción de la concentración localizada en torno al Faro de Mesa Roldán, cuyos habitantes pertenecen al censo de Carboneras (pueblo). También cabe destacar el envejecimiento progresivo de la población, debido a la fuerte emigración. Hoy día se detecta una gran regresión demográfica en población activa, aunque el sector turístico sigue estando bien desarrollado.

La tasa de población económicamente activa, a excepción del núcleo de Cabo de Gata, se sitúa en un 51,74 %, siendo inferior a la media de los municipios de la zona.

El sector primario es el primero en importancia, con un 37,94 % de la población ocupada y parada (trabajadores eventuales). Dentro de este sector destacan las actividades

agrarias (26,15 %), seguidas de la pesca (8,20 %) y la ganadería (3,59 %). Es significativo el escaso porcentaje de ocupados en las actividades mineras si tenemos en cuenta la intensa explotación de Bentonita, actualmente en activo. El sector terciario o de servicios sigue en importancia con el 32,49 % de la población activa, de la que un 49 % de los ocupados lo están debido, sobre todo, al interés turístico de esta zona.

Todos estos datos han sido facilitados por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía y están reflejados en el Plan de Ordenación de Recursos Naturales (PORN) del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (1996).

La importancia tanto ecológica como económica de este entorno natural ha sido confirmada por la Declaración por parte de la UNESCO en 1997 de reserva de la biosfera, así como su inclusión en la red de Geoparques Europeos, en la Zona de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Lugar de Interés Comunitario (LIC). Esta importancia deriva principalmente de su clima semiárido y de su origen volcánico, siendo la formación volcánica más importante de la Península Ibérica.

Son, por tanto, el valor ambiental del entorno natural, las sensibles cualidades físicas del medio y su importante impacto económico y cultural, algunos de los muchos motivos que hacen que el conocimiento de los fenómenos erosivos sea de suma importancia para entender el futuro desarrollo del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar.

Se justifica la elección de esta área de estudio por los siguientes motivos fundamentales:

- a) La importancia del Parque, de cara a su conservación como espacio natural protegido.
- b) Las características de la zona, que al estar situada en el sureste peninsular, reúne una serie de condicionantes que favorecen la incidencia de estos procesos, como son:
  - Lluvias escasas e irregulares.
  - Existencia de una cubierta vegetal pobre.
  - Topografía plana u ondulada, en algunas áreas.
  - Escasez de materia orgánica.
  - Pastoreo abusivo.
  - Suelos calcáreos, etc.

El suelo es uno de los principales recursos aprovechables por el hombre y constituye uno de los factores más importantes en el equilibrio global de la biosfera. Este hecho hace posible el crecimiento de las plantas al suministrarles su soporte, agua y nutrientes. De este hecho, parte la importancia del suelo como fuente de riqueza, desde el punto de vista agronómico.

La formación del suelo es un proceso extraordinariamente lento y es necesario largo tiempo para que se formen los horizontes que componen el perfil del suelo, que según Buol et

al. (1983) oscila de varios cientos a miles de años. Sin embargo, el proceso inverso, la degradación del suelo se suele reducir a un corto espacio de tiempo, a veces bastan unas horas para su eliminación.

Según la Consejería de Medio Ambiente (1.996), las principales causas de degradación en el Parque son las siguientes:

- Una intensa deforestación en épocas anteriores y la invasión agrícola de zonas originalmente arboladas.
- El uso de técnicas agrícolas inadecuadas.
- El abandono de terrenos.
- El sobrepastoreo.
- La sequía.
- La transformación de la cobertera edafo-vegetal como consecuencia de las actividades mineras.

En este sentido, intentaremos verificar si la legislación para la protección del Parque aplicada desde 1987 ha favorecido o no, la protección del suelo como un elemento más fundamental en la estabilidad de los ecosistemas presentes. Según Lainez (1.985) las tierras del Parque han llegado hasta nuestros días prácticamente vírgenes por dos motivos fundamentales: por una parte el predominio de la propiedad latifundista en la comarca y por otra, la escasez de agua dulce. Factores que han servido para preservar este territorio de la invasión urbanística desmesurada que azotó a nuestra costa mediterránea en las décadas de los años sesenta-setenta. Según Lozano et al. (1997), la pérdida de suelo y el adecuado uso de la tierra influyen de forma determinante sobre la estimación del potencial de desarrollo de una región.

La degradación o empobrecimiento del suelo agrícola y forestal es un proceso que no suele suceder muy lentamente en el tiempo, por el contrario, lo habitual es que se produzca a gran velocidad como consecuencia de la acción antrópica y por la multitud de factores ambientales de tipo climático y edáfico fundamentalmente, todo ello conlleva una inevitable desertificación del territorio, hecho muy común a lo largo de la historia en los ecosistemas mediterráneos y más concretamente en el sureste español y dentro de él en el sector corológico almeriense, que es donde se localiza el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, como ya se ha indicado.

Las causas de tal degradación y desertificación según Castro (1.996) son debidas a las intensa deforestación sufrida en épocas anteriores, la invasión agrícola de zonas originalmente arboladas, el uso de técnicas agrícolas inadecuadas y, más recientemente, el abandono total de los terrenos, el sobrepastoreo y la sequía; a veces, en determinadas zonas la transformación de la cobertera edafo-vegetal como consecuencia de las actividades mineras, constituyen un hecho diferenciador de degradación respecto a otros ámbitos. Sobre todo, como ocurre con las explotaciones mineras del Parque (Rodalquilar), a cielo abierto, que

aniquilan el suelo y con ello toda posibilidad de vida vegetal especialmente en los ecosistemas frágiles y de lenta capacidad de regeneración (Cuello y Tola, 1.997).

Como puede verse, la mayoría de los factores que propician la aceleración de los procesos degradativos son de carácter antrópico, y por tanto, en cierta medida, evitables, derivando de un uso inadecuado del suelo; por ejemplo, como señala Peñalva (1.998), en todos los países del Mediterráneo el proceso de degradación del suelo es el resultado del cultivo de los relieves montañosos, históricamente muy antiguo y hoy día potenciado por el reciente aumento de la mecanización incluso en laderas.

Según Porta (1994), el suelo, por ser un recurso natural no renovable o muy difícil y costoso de renovar, debe ser utilizado sin llegar a superar su capacidad de aceptación de los distintos usos del mismo.

La Conferencia de Naciones Unidas celebrada, en 1977 en Nairobi (Kenia), definió la desertización como la disminución o destrucción del potencial biológico de la tierra que puede dar lugar a la aparición de una morfogénesis árida. Y este proceso es la culminación de la pérdida o empobrecimiento de suelo producido por la erosión del mismo. Siendo la erosión del suelo un proceso complejo en el que convergen multitud de factores ambientales con factores de naturaleza antrópica.

La degradación del suelo tiene como consecuencia la modificación de las propiedades físico-químicas del mismo, pérdida de nutrientes, pérdida física de materiales, deterioro de la estructura y las consecuentes implicaciones ambientales y económicas.

Según FAO (1980), la degradación del suelo se define como el conjunto de procesos que rebajan la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cualitativa y cuantitativamente, bienes y servicios. Esta pérdida de suelo fértil hace que la tierra disminuya su vocación agrícola y su uso por el hombre, desapareciendo una importante fuente de riqueza.

Es necesario establecer una clara distinción entre la degradación potencial y la degradación actual del sustrato edáfico.

La degradación potencial supone una pérdida de productividad del mismo como consecuencia de la alteración de los factores formadores clima y relieve, además del propio suelo. FAO (1980), define la degradación potencial como la vulnerabilidad del suelo a la degradación de acuerdo con sus constituyentes y los factores físicos que actúan sobre él.

Si a estos factores unimos la acción del hombre y la mayor o menor alteración de la cubierta vegetal, podremos determinar la degradación actual del suelo. Según López Bermúdez y Albaladejo (1990), el estado de degradación en que se encuentra un suelo es un fiel reflejo de la situación que muestra la cobertura vegetal.

En relación con la actividad humana, Sánchez Díaz (1994) establece que la intensidad erosiva con la actividad humana difiere de un país a otro, y de un periodo histórico al siguiente, dependiendo del tipo de sociedad y de los avances tecnológicos y económicos. Según Szabolcs et al. (1990), los efectos indirectos de la actividad humana son aquellos que

afectan al suelo a través de la hidrosfera, cambios en la litosfera y cambios a través de alteraciones de la biota.

FAO (1980) establece dos tipos de degradación del suelo. Por una parte, la degradación erosiva en la que se hace patente la pérdida de materiales del suelo y por otra, la degradación no erosiva en la que la pérdida de materiales no se aprecia visiblemente, pero sí genera alteraciones negativas en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. El primer grupo engloba a la erosión hídrica y la erosión eólica; y en el segundo se incluyen las degradaciones física, química y biológica, así como, el exceso de sales, tanto alcalinización como salinización.

Todos estos modelos de degradación causan un deterioro en la calidad del suelo. Según Yassaglou (1987), las principales causas implicadas en este deterioro son:

- Pérdida de volumen del suelo, entendiéndose como aumento de la densidad aparente.
- Degradación química.
- Deterioro de la fertilidad del suelo.
- Degradación de la estructura del suelo.
- Pérdida de materia orgánica y de actividad biológica.

Todavía hoy podemos encontrar multitud de zonas en todo el mundo en condiciones agrícolas precarias, pues el suelo que es su principal recurso de explotación, ya sea por tala, quema, pastoreo excesivo o puesta en cultivo de zonas marginales, que han sufrido todas las formas de degradación antrópica, agravadas por las condiciones climáticas y edáficas. Es por ello necesario concienciar al hombre en el manejo del suelo, coordinando su capacidad para producir bienes sin destruir el equilibrio ecológico del mismo y subsanar problemas como la necesidad de obtener grandes cantidades de alimentos, que ha conducido a un empobrecimiento del suelo y el consiguiente empleo de abonos de origen orgánico primero y después artificial.

Y de los distintos tipos de degradación erosiva, nos centraremos en la erosión hídrica presente en amplios sectores del Parque como pretendemos demostrar, que además contribuye a la pérdida del potencial agrícola y forestal del suelo, y con ello se incrementa exponencialmente la erosión.

Estos son los motivos que nos han llevado a plantear el problema y sus posibles soluciones, plasmándolo en un Proyecto Fin de Carrera en su modalidad de Monográfico, siendo por tanto, la zona de especial protección y el proceso de erosión hídrica, los objetivos principalmente perseguidos.

Antes de la degradación comentaremos algo sobre el desarrollo de los suelos, es decir, de los factores formadores: el tipo de cultivos, materiales geológicos del Parque Natural, relieve y clima. Aplicaremos las fórmulas generales establecidas por USLE (ya que vamos a seguir sus directrices) a los ambientes áridos propios del sureste español que tendrán plena vigencia siempre que podamos verificar empíricamente en nuestra zona de estudio los factores que integran ambos modelos propuestos. Por otra parte, simultanearemos con el modelo GIS-USLE lo que nos permitirá comparar ambos.

Con los valores obtenidos en ambas metodologías, levantaremos los mapas de riesgo de erosión comparándolos y discutiendo su papel en el Parque Natural.

El interés radicará en aportar alguna solución, en nuestra modestia, a la posible mala gestión y uso del suelo; por ejemplo, en la medida que nos compete, procuraremos concienciar a los legisladores y sobre todo a los usuarios del suelo, para que defiendan la conservación del terreno y, con ello su economía.

Se realizará también en este trabajo y de forma complementaria una actualización de la clasificación taxonómica de los suelos correspondiente a los perfiles aportados por el Proyecto LUCDEME (Aguilar, 1989/1990 y Pérez Pujalte, 1990a/1990b), que tomaremos como base para el estudio erosivo, así como las unidades cartográficas correspondientes a los mapas de suelos de las hojas 1.031 ( Sorbas ), 1.045 ( Almería ), 1.046 ( Carboneras ), 1.059 ( Cabo de Gata ), 1.060 ( Pozo de los Frailes ) del citado proyecto LUCDEME que se encuentra dentro del área del Parque Natural.

## **C. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

### C. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Hasta hace pocos años han sido escasos los estudios sobre el suelo realizados en el ámbito del Parque, sin embargo a partir de 1989 cabe destacar los Mapas de Suelos del Proyecto LUCDEME, cuyas hojas 1.031 (Sorbas), 1.045 (Almería), 1.046 (Carboneras), 1.059 (Cabo de Gata) y 1.060 (El Pozo de Los Frailes) que engloban al Parque. Estos mapas identifican y describen las diferentes unidades de suelos presentes en la zona, así como sus características analíticas mediante el muestreo de determinados perfiles. Los mapas de suelos han sido utilizados como base fundamental para la elaboración de este trabajo (Aguilar, 1989 y 1990; y Pérez Pujalte, 1990a y 1990b).

Destacamos el trabajo realizado por Lozano et al. (1997) acerca del riesgo de erosión hídrica en el Parque Natural basado en la metodología de USLE (Wischmeier et al., 1978), con distintas modificaciones, fundamentalmente respecto a la erosividad de la lluvia (R). A su vez, relacionado con la erosión, pero en este caso degradación física y biológica, se llevó a cabo el estudio de Mateu (1998) a partir del cual se clasifican las distintas zonas del Parque en estas dos degradaciones no erosivas, supuesto que representa un área de alto interés debido al peligro de desertización. Es necesario mencionar el trabajo de Carmona (1999) donde se recogen los datos relativos a la salinización y sodización de los suelos del Parque, contribuyendo a un enfoque más amplio y detallado del exceso de sales de este ámbito. Por último, destacar los estudios geomorfológicos de las Algaidas del Parque Natural, por Simón et al. (1998) donde se ponen de manifiesto las estructuras geomorfológicas de la zona del Parque y su interrelación con otros factores hídricos y vegetales.

Con respecto al tema que nos ocupa, se han realizado diferentes estudios que, de algún modo, están relacionados con determinados factores implicados en los procesos erosivos.

#### Sobre la Influencia de los sistemas de laboreo en las características del suelo:

Moffat et al. (1997) demostraron la influencia negativa del uso de aperos de púas, ya que producían una rápida compactación en suelos arenosos y de gravas, lo que provocaba estrés hídrico y problemas de anclaje en la vegetación arbórea.

Por otra parte, nos encontramos con investigaciones encaminadas a demostrar la influencia de los diferentes sistemas de laboreo y manejo de la tierra sobre las propiedades físicas del suelo. Dixon et al. (1994) elaboraron un informe sobre sistemas alternativos en el manejo de superficies agrícolas en tierras marginales o degradadas. Lal (1997) establece una relación entre las técnicas de laboreo y las propiedades físicas con el rendimiento del cultivo. Llegando a la conclusión de que el laboreo mínimo evita los riesgos de degradación física y aumenta el rendimiento de la producción.

Otros estudios parecidos son los realizados en 1996 por Barber et al. y Constantini et al., donde se analiza la influencia de varios sistemas de laboreo sobre las propiedades biológicas del suelo, concluyendo con que el no-laboreo mantiene los niveles de materia orgánica y disminuye los riesgos de degradación física.

También se ha investigado sobre la incidencia de los diferentes sistemas de pastoreo (manejo del pasto y del ganado), sobre propiedades físicas como la densidad, infiltración y

tensión mecánica (Proffitt et al., 1995).

#### Sobre la influencia de la cobertura vegetal en la degradación del suelo:

En cuanto a los trabajos relacionados con la cobertura vegetal podemos citar los siguientes:

Bernet et al. (1994) realizaron un análisis sobre la cubierta vegetal como factor de degradación. Castillo et al. (1997) estimaron que la escasez de vegetación era el principal factor causante de la degradación del suelo en zonas semiáridas.

En sentido inverso, Sakura et al. (1996) llegaron a la conclusión de que las propiedades físicas del suelo eran un factor limitante para el crecimiento vegetal en suelos muy castigados físicamente.

Sánchez Díaz et al. (1994) realizaron un estudio estadístico en la zona de Belmonte (Cuenca), donde se compararon distintos grados de cobertura vegetal. Los cambios más significativos se dieron en los niveles de materia orgánica y en la estabilidad estructural, estableciéndose una correlación negativa entre estos dos parámetros y la cubierta vegetal.

Lebissonais et al. (1994) también analizaron estos dos parámetros estableciendo diferencias en el estado de degradación de las zonas por ellos muestreadas, pero sin tener en cuenta la cubierta vegetal.

Bienes et al. (2007) comprobaron el efecto positivo que la repoblación con arbustos tipo *Atriplex halimus* que tendía a reducir la escorrentía en laderas de clima semiárido del centro peninsular.

#### Sobre el mapeado de la degradación de suelos:

Otro trabajo, más relacionado con nuestro área de estudio, fue llevado a cabo por Andreu et al. (1993). En el mismo, se estableció una zonación de degradación biológica y salinización en un área de la costa mediterránea, basada en los índices climáticos descritos por FAO (1980) relacionados con ambas degradaciones; y se elaboraron mapas de isolíneas representando dichos valores.

Siguiendo con el estudio de zonas semiáridas, mencionamos el estudio de degradación a nivel físico, químico y nutricional en suelos semiáridos de África, realizado por Henning et al. (1994), estableciendo diferencias entre suelo y subsuelo con respecto al grado de degradación.

#### Sobre los factores que afectan a la degradación del suelo:

Por ejemplo, existen varios estudios relacionados con la compactación del suelo como el realizado por García Pita et al. (1986) en Galicia, en el que mediante el test Proctor (Vickers, 1983), se relaciona el contenido de humedad del suelo con su densidad aparente. En esta publicación se llegó a la conclusión de que los suelos con un elevado contenido en materia orgánica eran los que presentaban una menor compactación, debido al efecto que produce la materia orgánica como agente protector frente a la degradación física. Asimismo, se demostró que los suelos cultivados corrían un mayor riesgo de degradación que los suelos de prado y monte.

También en Galicia, se realizó un análisis de la resistencia del suelo y su susceptibilidad a la compactación en terrenos de monte sometidos a pastoreo haciendo uso del test Proctor y del penetrómetro (Pérez Moreira et al., 1989).

Otro estudio de similares características fue realizado por Ingelmo et al. (1991) en una zona de rañas de Salamanca, en el que se evaluó la degradación física a partir de la compactación y de la erosión hídrica. De los resultados obtenidos se dedujo que el principal factor de degradación en estos suelos marginales era la compactación natural de la superficie, llegando a ser de carácter irreversible en los sitios donde la actividad agrícola había eliminado la cubierta vegetal.

Soane et al. (1995) analizaron las diferentes implicaciones que puede tener la compactación del suelo sobre la calidad del medio ambiente y la producción agrícola. Esta compactación provoca la aparición de procesos físicos, químicos y biológicos perjudiciales para el suelo.

En el terreno de la degradación biológica, Geltzer et al. (1996) caracterizaron los patrones espaciales de suelos y su dinámica espacial en ecosistemas pastoriles, para lo que se aplicaron los parámetros de actividad biológica a la cartografía de suelos y a las investigaciones ecológico-geográficas.

Berezin et al. (1995) estimaron el estado de degradación física mediante una serie de parámetros relacionados con la textura y la porosidad.

Van Wesemael et al. (1995) y Poesen et al. (1994) estudiaron los efectos de los fragmentos de rocas en el mantenimiento de una estructura favorable del suelo y en la prevención de la degradación física de los suelos labreados.

En 2004, Visser et al. plantean la necesidad de estudiar la influencia de la erosión por viento y por agua, tanto de forma conjunta como por separado, en zonas semi-áridas dada la influencia que ambos factores tienen en la determinación de la pérdida de suelo.

González-Botello et al. (2012) establecen la importancia que tiene para zonas de matorral en clima semiáridos, la cubierta real que se forma sobre el terreno, teniendo en cuenta los restos orgánicos e inorgánicos que pueden acumularse en estos matorrales y que modifican substancialmente los valores de cobertura del suelo para determinar la erosión mediante la ecuación RUSLE.

#### Sobre la medida de la erosión del suelo:

Nendza et al. (1993) y Sapozhnikov (1995) han establecido programas de software que permiten la estimación de una serie de parámetros implicados en los procesos de degradación como datos físico-químicos, biológicos, de distribución, fotodegradación, biodegradabilidad, etc. .

Tudela et al. (1994) aplicaron el análisis factorial para estimar la evolución del estado de degradación de un grupo de suelos de la provincia de Murcia.

Destacamos el trabajo realizado por Ortega et al. (1986) en la zona oriental de Sierra Nevada, en la provincia de Almería, donde se analizaron los procesos de degradación física, biológica y química, siguiendo la metodología propuesta por FAO (1980).

Es importante destacar las aportaciones realizadas por Lal (2001), según este autor los resultados de campo obtenidos en la determinación del suelo son dependientes de la técnica empleada por lo que debe ajustarse esta a las condiciones del área y biotopo a estudio.

Olivares (2011) verificó la validez del modelo USLE en la previsión y estimación de los valores de erosión para un suelo tipo Alfisol en la región metropolitana de Chile.

Boix-Fayos et al. (2005) y Vente et al. (2008) constataron un fuerte sobrestimación de los valores de pérdida de suelo en los cálculos realizados con la ecuación RUSLE en el sur de España en comparación con los datos empíricos obtenidos.

Canton et al. (2011) realizaron un estudio para determinar los distintos modelos empleados en el sureste de la península ibérica en la determinación de la erosión hídrica del suelo. Resaltando las diferencias entre los datos obtenidos de forma empírica y los obtenidos por modelos teóricos y ofreciendo una serie de consejos para la adecuación de los distintos métodos al entorno en cuestión.

#### Sobre las modificaciones de la USLE:

Liu (2001) establece la importancia de los modelos empíricos de erosión del suelo para la determinación del riesgo y para establecer los planes de conservación. El autor determina en este estudio la modificación necesaria de la ecuación USLE para determinar la erosión en laderas en terraplén.

En este sentido en 2007 Diodato et al. determinan la obtención de los factores climáticos de la ecuación de la USLE usando datos climáticos limitados para la región mediterránea.

Hill (2008) determinó la importancia de introducir el subfactor contenido en agua del suelo para la ecuación USLE, con lo que se consigue reducir la sobreestimación de la ecuación inicial.

Cardei et al. (2009) establecieron la forma vectorial de la ecuación de la USLE, lo que permitía su comparación con los datos obtenidos de la RUSLE, así como prever el comportamiento erosivo de la lluvia en distintos periodos de tiempo.

Ferro (2010) verificó la estructura matemática de la ecuación USLE mediante análisis dimensional, obteniendo una buena coherencia, pero confirmando que existe una relación entre las variables empleadas para simular la erosión física del suelo y las condiciones de referencia adoptadas.

Vaezi et al. (2010) determinaron que el uso del nomograma de USLE para la obtención del factor K (erosionabilidad del suelo) puede llevar a una sobreestimación de la erosionabilidad del suelo.

Ciesiolka et al. (2006) establecieron la necesidad de hacer determinadas correcciones a los datos obtenidos de los métodos de estimación de pérdida de suelo basados en la desviación temporal y en la velocidad de asiento del suelo, para evitar la subestimación de la pérdida de suelo total.

#### Sobre el uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS) para determinar la erosión.

El interés del uso de los Sistemas de Información Geográfica en las investigaciones relacionadas con los sistemas ambientales ya fue establecida en 1986 por Burrough en su revisión del estado de la cuestión en su obra: "Principles of geográfical information system for land resources assessment".

Según Eedy (1995) trabajar con el Medio Ambiente puede exigir la creación y análisis de conjuntos de datos extremadamente grandes, complejos y multidisciplinarios. Por lo que propone el uso de Sistemas de Información Geográfica (GIS) para el manejo y tratamiento de dicho volumen de datos.

Diferentes autores han elaborado mapas de riesgo de erosión del suelo empleando los sistemas GIS, como Fistikoglu et al. (2002) en la costa oeste de Turquía, Lu et al. (2004) en Rondônia – amazonia brasileña-, Navas et al. (2005) en el pirineo español.

Fistikoglu et al. (2002) reflejan la dificultad a la hora de aplicar el método, que integra la USLE con los sistemas GIS, cuando los datos de propiedades del suelo, uso del suelo y cobertura vegetal son escasos o imprecisos.

Por otra parte, Cheserek et al. (2009) establecieron la importancia de emplear sistemas GIS de forma integrada con la ecuación RUSLE, lo que permitía obtener modelos de predicción de riesgo de erosión que requieren menos datos y son más fáciles de parametrizar.

Nekhay et al. (2009), emplean el método de proceso analítico de redes (ANP) junto a los sistemas GIS para determinar el riesgo de erosión en zonas de cultivo de olivos, estableciendo el potencial del método ANP para modelar modelos físicos complejos incluso con escasez de datos experimentales.

En 2006, Erdogan et al. aplican el método USLE/GIS a cuencas agrícolas en un clima semiárido situado en Anatolia central, realizando una adaptación de los factores de la USLE a este tipo de climas.

Uno de los problemas fundamentales que nos encontramos a la hora de aplicar el método USLE/GIS es la determinación del factor LS. En este sentido, Desmet et al (1996) desarrollaron un método para el cálculo automático del factor LS en entornos topográficos complejos. Igualmente, Kinnell et al. (2001) determinaron los factores LS para aplicar a cuadrículas de imágenes raster.

## **D. MATERIAL Y MÉTODOS.**

## D. MATERIAL Y MÉTODOS.

Inicialmente haremos un análisis exhaustivo de los factores formadores de suelos, describiendo clima, relieve, geología, hidrología y vegetación. Después definiremos las diferentes unidades taxonómicas correspondientes a los 35 perfiles de suelos utilizados en este trabajo, así como su localización dentro de las unidades cartográficas que componen el mapa de unidades de suelos (Mapa nº 1, Anexo II).

Ha sido preciso antes del trabajo principal de este PFC, actualizar la denominación de los suelos a un sistema más actual de tipología de suelos (FAO, 2007) en su base referencial mundial de recurso suelo. Por tanto, y dado que la Clasificación de Suelos utilizada en su momento ya no está vigente, hemos actualizado la clasificación taxonómica de los perfiles utilizada en las Hojas del proyecto LUCDEME, adaptándola a los criterios de FAO (2007) y Keys to Soil Taxonomy (2010).

En segundo lugar se han realizado los cálculos de la pérdida de suelo según la ecuación universal (USLE) para los perfiles disponibles, para lo cuál se expondrán los perfiles adoptados, así como los criterios para definir cada uno de los parámetros.

En tercer lugar, se ha implementado la ecuación de la USLE adaptada para la zona de estudio en un sistema de información geográfica (GIS) para contrastar los datos obtenidos del estudio de los perfiles disponibles. Tras ambos estudios, estableceremos una comparativa y plantearemos las mejoras pertinentes.

Se detallan después las características macromorfológicas y analíticas; así como los datos climáticos, correspondientes a los 35 perfiles de suelos estudiados que se encuentran distribuidos dentro del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar.

Los siguientes datos han sido obtenidos de las Hojas mencionadas en los apartados anteriores del proyecto LUCDEME y de la Tesis Doctoral de Sánchez (1992).

Solamente se han recogido aquellos datos que son necesarios para el estudio de la erosión hídrica. Por ejemplo, en el caso de los datos texturales y analíticos solo hemos tenido en cuenta el horizonte superficial del perfil, ya que es el único que se utiliza para evaluar las

degradaciones erosivas.

Los datos que no han sido aportados por estas fuentes, como el contenido en materia orgánica han sido determinados de forma empírica. Estos datos aparecen en el capítulo de resultados y los procedimientos para su obtención se detallarán en el siguiente apartado.

En la clasificación taxonómica de los perfiles se citan los nombres ya actualizados según FAO (2007) y USDA (2010). Los detalles sobre esta actualización quedan reflejados en el capítulo de resultados.

La erosión hídrica hace referencia a la pérdida de elementos sólidos en el perfil del suelo con la consiguiente rotura de la estructura del mismo debido a la acción erosiva del agua de lluvia. Determinar el efecto producido por la acción del agua es el objetivo de la metodología de Wischmeier (1978) en la que basaremos nuestro trabajo para la zona concreta antes indicada.

Emplearemos la ecuación universal de pérdida de suelo, USLE (Universal Soil Loss Equation) por ser un modelo vigente, de fácil aplicación y de amplia aceptación. Si bien, consideraremos las modificaciones necesarias para cada uno de los parámetros de la ecuación según la naturaleza de la zona de estudio.

La USLE es un modelo paramétrico de origen empírico cuyo rigor depende de la precisión con la que los distintos parámetros representen la realidad del estudio. Sus parámetros no tienen realidad física; siendo ésta una formulación empírica que pretende interpretar los mecanismos erosivos por sus causas y efectos.

Tendremos en cuenta que la formulación general de la ecuación de la USLE sólo considera la erosión hídrica producida por arroyada superficial, en regueros y entre regueros, que no considera las formas de erosión en cárcavas ni barrancos y que tampoco estima el transporte de sedimentos por la red fluvial ni la erosión producida por ésta.

La formulación original de Wischmeier fue estimada para evaluar las tasas anuales de erosión en terrenos agrícolas de no muy fuerte pendiente, y responde a la siguiente fórmula:

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

Donde:

A : Es la pérdida de suelo en  $M/L^2 \cdot T$

R : Mide la erosividad de las precipitaciones en  $L \cdot F \cdot L/L^2 \cdot T \cdot T$

K : Es la medida de la erosionabilidad del suelo en  $M \cdot L^2 \cdot T/L^2 \cdot L \cdot F \cdot L$

L : Longitud de la ladera

S : Pendiente de la ladera

C : Cultivo y manejo del suelo

P : Prácticas de conservación

#### **FACTOR DE EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (R)**

Wischmeier determinó que el mejor parámetro para estimar la capacidad erosiva de la lluvia era el resultante de multiplicar la energía cinética de la lluvia por la intensidad máxima durante 30 minutos de la precipitación. Queda así definido el índice de erosión pluvial ( $EI_{30}$ ).

Para determinar el factor R según Wischmeier es necesario el análisis de la banda del pluviógrafo. En nuestro caso al no disponer de esta información para los perfiles a estudio se determinará el factor R, relacionando el índice de agresividad hídrica [ $R_i$ ] propuesta por ICONA (1988) con el factor de Fournier [ $R_F$ ] adaptado por FAO (1980).

Para establecer la relación entre los datos de erosividad emplearemos la correlación establecida por Lozano et al (1997), que obtuvo la siguiente ecuación:

$$R_i = -25,578 + 2,4273R_F + 0,021072R_F^2$$

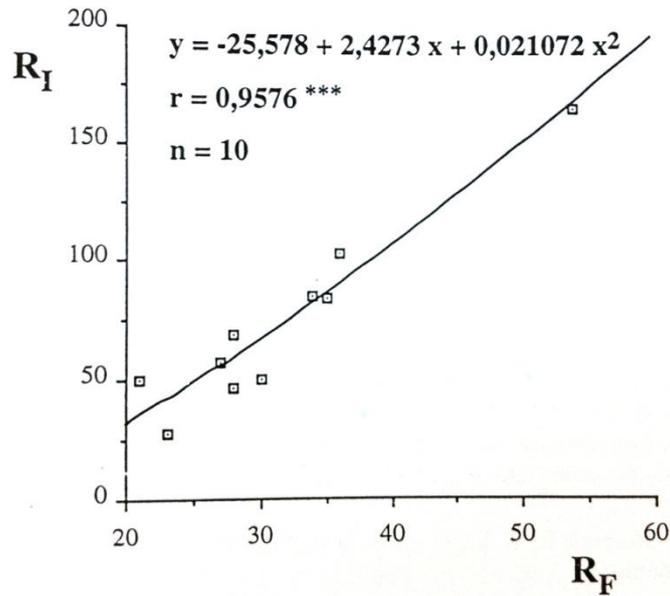


Figura D.1. Correlación entre  $R_F$  y  $R_I$  (Lozano et al. 1997)

Conocidos los valores del factor de Fournier para los perfiles a estudio, se determinarán los índices de agresividad hídrica de cada uno de ellos. Para el cálculo del factor de Fournier se ha seguido la siguiente expresión:

$$R = 2,56 \cdot (F)^{1,065} \cdot 0,56^{Z2} \cdot 1,66^{Z1} \quad r=0,93$$

$$F = \frac{1}{N} \sum \frac{\rho_i^2}{P}$$

con F: factor de Fournier

$P_i$ : precipitación anual del año  $i$  en mm.

$P_i$ : precipitación mensual del mes más lluvioso del año  $i$ .

$N$ : número de años  $i$  de la serie.

$Z_i$ : factor de zonificación. Si estamos en la zona  $i$ , se hace igual a la unidad el valor de  $Z_i$ , haciendo nulos el resto de los valores.

$Z_2$ : Cuencas del sur de España y áreas costeras del río segura.

### FACTOR DE LA EROSIONABILIDAD DEL SUELO (K)

Para el cálculo de  $K$  hemos empleado la fórmula de Wischmeier y Mannering (1969), que da valores muy similares a los de Barnet et al(1966) pero matemáticamente más sencilla de computar (Lozano, 1986).

La ecuación de regresión propuesta por Wischmeier es la siguiente:

$$100 \cdot K = [10^{-4} \cdot 2,71 \cdot T^{1,14} \cdot (12 - MO)] + 4,2 \cdot (E - 2) + 3,2 \cdot (P - 3)$$

Con K expresado en  $t \cdot m^2 \cdot h \cdot ha^{-1} \cdot hJ^{-1} \cdot cm^{-1}$

T: parámetro de la textura de los 15cm superficiales

$$T = [(100 - Ac) \cdot (L + Armf)]$$

Con L+Armf: (%) Limo más arena muy fina [0,1-0,002mm]  
 Ac: (%) Arcilla [<0,002mm]

MO: contenido de materia orgánica (%)

E: parámetro de estructura.

P: parámetro de permeabilidad.

Parámetro de la estructura para los 15-18cm superficiales.

1	Granular muy fina (<1mm)
2	Ganular fina (1-2mm)
3	Granular media (2-5mm) a gruesa(5-10mm)
4	Laminar, maciza y cúbica.

Parámetro de permeabilidad referido a todo el perfil

1	Rápida a muy rápida	25 – 12,5 cm/h
2	Moderadamente rápida	12,5 – 6,2 cm/h
3	Moderada	6,2 – 2 cm/h
4	Moderadamente lenta	2- 0,5 cm/h
5	Lenta	0,5 – 0,12 cm/h
6	Muy Lenta	<0,12 cm /h

**FACTORES TOPOGRÁFICOS (L y S)**

El factor de longitud e inclinación se ha calculado según la formulación de Wischmeier y Smith (1978):

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22,13}\right)^m \cdot (65,41\text{sen}^2\theta + 4,56\text{sen}\theta + 0,065)$$

$\lambda$ : longitud de ladera en metros, calculada como proyección horizontal

$\theta$ : ángulo de la pendiente

m: exponente, función de la pendiente (s en %) (Wischmeier et al, 1978)

S(%)	m
≥5	0,5
3,5-4,5	0,4
1-3	0,3
<1	0,2

Emplearemos la cartografía digital disponible para determinar la longitud y ángulo de la pendiente de la ladera operando de la siguiente manera; se situaran los perfiles según su disposición geográfica, se trazará la recta que una la divisoria de aguas con el río, arroyo, rambla o barranco más próximo. Se medirá la distancia en proyección de dicho segmento y conocidas las cotas del extremo inicial y final se obtendrá el ángulo de pendiente correspondiente a dicha recta, asimilado al perfil en cuestión.

**FACTOR DE CULTIVO Y MANEJO DEL SUELO (C)**

El factor C mide el efecto que tiene la vegetación en la disminución de la pérdida de suelo, poniendo en relación la erosión producida en un suelo sin vegetación y con vegetación para unas mismas condiciones ambientales.

Para el cálculo del factor C emplearemos las matrices aportadas por Wischmeier (1975) para pastos, terrenos baldíos y bosques. En las escasas zonas cultivadas, hemos

aplicado los valores de Moreira (1991) para los cultivos andaluces, como adaptación de los valores de Wischmeier (1975).

Según la metodología de Wischmeier y Smith (1975) el factor C se calcula como el producto de tres subfactores que reflejan los efectos de la cubierta vegetal aérea ( $C_i$ ) de los residuos vegetales, y de la cubierta vegetal en contacto con la superficie ( $C_{ii}$ ) y de los residuales de la vegetación ( $C_{iii}$ ).

- Efecto de la cubierta vegetal ( $C_i$ )

Es el efecto que producen ramas y hojas al reducir la velocidad de caída de la gota de agua. Dado que la velocidad de la gota de agua depende del diámetro medio de la gota y de la altura de caída.

El cálculo de este subfactor se puede realizar mediante el siguiente nomograma.

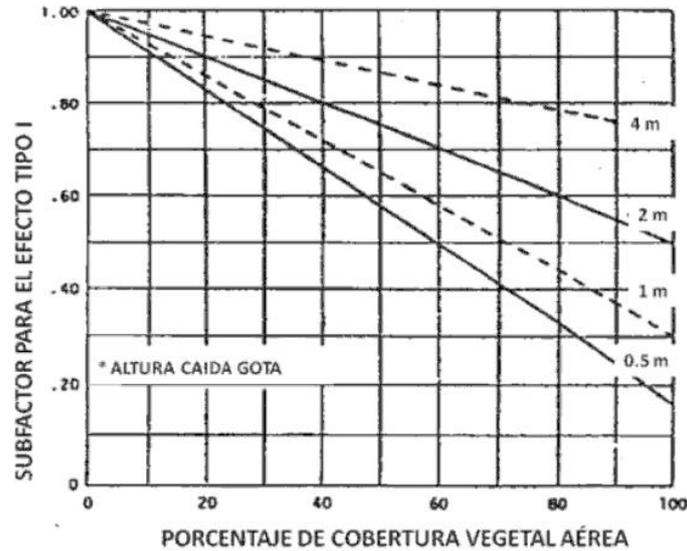


Figura D.2. Nomograma para cálculo de subfactor  $C_i$

- Efecto de los restos vegetales y de la cubierta vegetal en contacto con la superficie.

Estos restos vegetales conocidos como “mulching” son notablemente efectivos en la reducción de la erosión, tanto por evitar el impacto directo de la gota contra

el suelo, como al reducir la escorrentía superficial, formando una superficie rugosa. El subfactor ( $C_{II}$ ) se obtiene de la siguiente gráfica, obtenida experimentalmente en el simulador de lluvia.

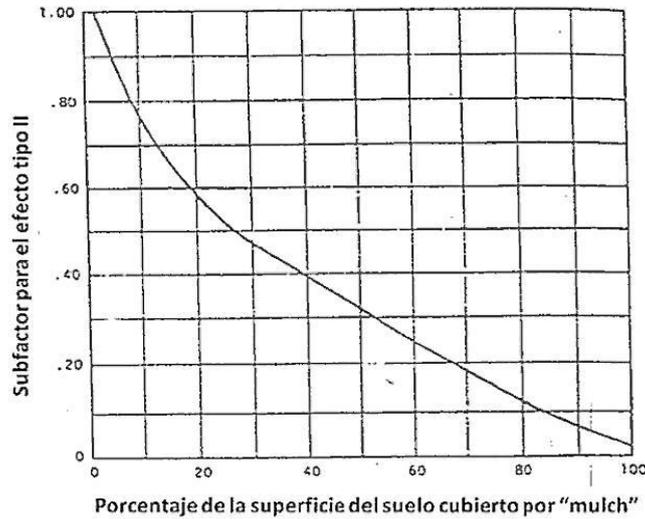


Figura D.3. Nomograma para cálculo de subfactor  $C_{II}$

- Efectos residuales de la vegetación.

Este factor tiene en cuenta efectos derivados de la presencia de restos vegetales en la estructura del suelo, así como el efecto positivo que tiene el sistema radicular en la contención del suelo y al favorecer la percolación.

Para la determinación de este factor se puede emplear el la siguiente gráfica para pastos y terrenos baldíos.

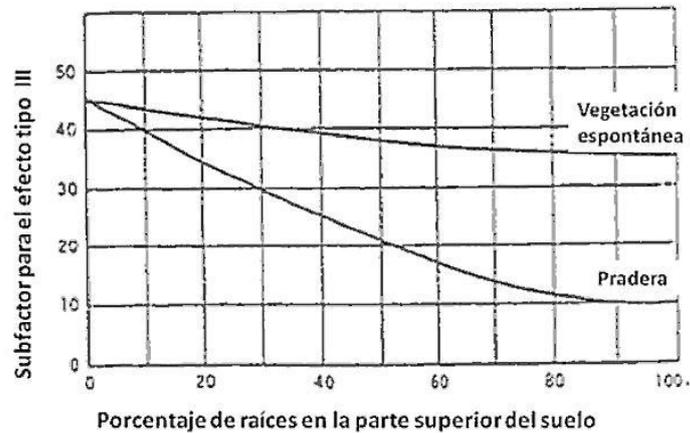


Figura D.4. Nomograma para cálculo de subfactor  $C_{III}$

Cabe la posibilidad de realizar el cálculo directo del factor C, en el caso de pastos y terrenos baldíos que es la mayor parte de los casos que tenemos en este estudio, puede emplearse la siguiente tabla:

Tipo y altura	% C.a. Tipo	% Cobertura superficial						
		0	20	40	60	80	>95	
Ninguna	G	0,45	0,2	0,1	0,042	0,012	0,003	
	W	0,45	0,24	0,15	0,091	0,043	0,011	
Plantas herbáceas o matorral bajo (0,5 m)	25	G	0,36	0,17	0,09	0,038	0,013	0,003
		W	0,36	0,2	0,13	0,083	0,041	0,011
	50	G	0,26	0,13	0,07	0,035	0,012	0,003
		W	0,26	0,16	0,11	0,076	0,039	0,011
	75	G	0,17	0,1	0,06	0,032	0,011	0,003
		W	0,17	0,12	0,09	0,068	0,038	0,011
Arbustos, matorral (2 m)	25	G	0,4	0,18	0,09	0,04	0,013	0,003
		W	0,4	0,22	0,14	0,087	0,042	0,011
	50	G	0,34	0,16	0,08	0,038	0,012	0,003
		W	0,34	0,19	0,13	0,082	0,041	0,011
	75	G	0,28	0,14	0,08	0,036	0,012	0,003
		W	0,28	0,17	0,12	0,078	0,04	0,011
Árboles, sin cubierta apreciable de matorral Altura media de caída de la gota 4 m	25	G	0,42	0,19	0,1	0,041	0,013	0,003
		W	0,42	0,23	0,14	0,089	0,042	0,011
	50	G	0,39	0,18	0,09	0,04	0,013	0,003
		W	0,39	0,21	0,14	0,087	0,042	0,011
	75	G	0,36	0,17	0,09	0,039	0,013	0,003
		W	0,36	0,2	0,13	0,084	0,042	0,011

% C.a. porcentaje de cobertura aérea  
 % C.s. porcentaje de cobertura superficial. Porcentaje suelo cubierto.  
**G:** la cubierta superficial es césped o una acumulación de materia orgánica de un espesor considerable (5 cm).  
**W:** la cobertura superficial es de plantas espontáneas (con escaso entramado horizontal de raíces cerca de la superficie) o residuos vegetales no descompuestos.

Figura D.5. Valores de C para pastos y terrenos baldíos.

### FACTOR DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN (P)

Expresa la relación de pérdida de suelo que hay entre el cultivo del suelo en su máxima pendiente y el cultivo de suelo empleando técnicas de cultivo para la conservación del suelo.

Los valores del facto P se obtienen de los datos aportados por Wischmeier et al. (1978)

en la siguiente tabla:

Pendiente %	Cultivo a Nivel		Fajas	Terrazas
	Factor P	Long. Máx.		
1-2	0.6	120	0.3	0.12
3-5	0.5	90	0.25	0.1
6-8	0.5	60	0.25	0.1
9-12	0.6	35	0.3	0.12
13-16	0.7	25	0.35	0.14
17-20	0.8	20	0.4	0.16
21-25	0.9	15	0.45	0.18

Figura D.6. Tabla de factor P según técnicas de conservación ( Wischmeier, 1975).

El quinto aspecto a tratar será la construcción de un modelo digital para el cálculo de la erosión hídrica del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar. Existen diferentes sistemas de predicción de la erosión que implementan la ecuación para la pérdida de suelo USLE en los sistemas de información geográfica GIS. Aunque la implementación de los modelos USLE en sistemas GIS simplifica el cálculo de la erosión, facilitando la parametrización y requiriendo un menor número de datos (Cheserek et al. 2009), la precisión de los sistemas empleados dependerá del origen y de la fiabilidad de los datos con los que se resuelvan los diferentes factores de la ecuación.

Así en la siguiente figura puede observarse el procedimiento empleado por Fistikoglu y Harmancioglu (2002) para la determinación de la pérdida de suelo integrando la ecuación universal de pérdida de suelo en sistemas GIS.

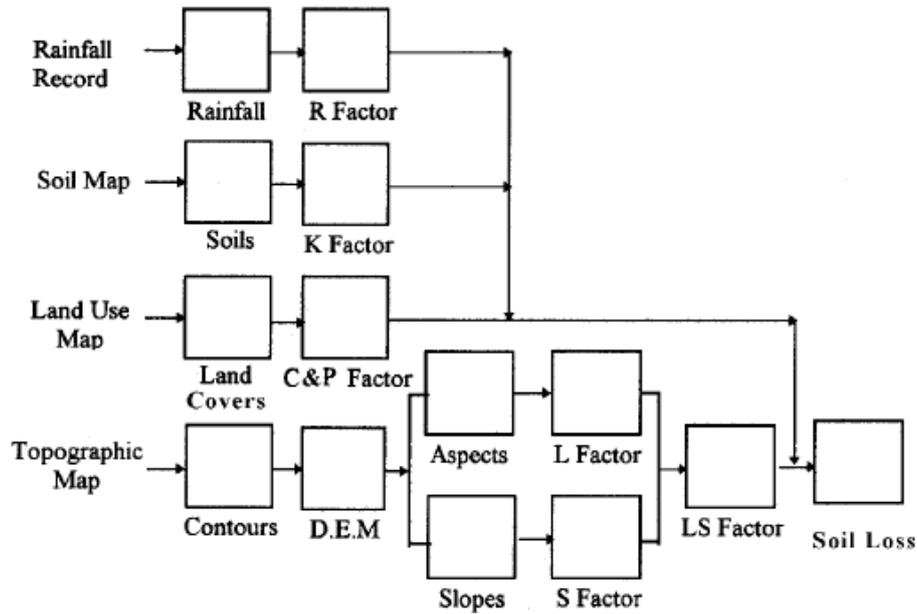


Figura D.7. Tabla de proceso de elaboración del modelo GIS/USLE (Fistikoglu y Harmancioglu, 2002).

Esta etapa del trabajo se ha desarrollado en base a dos objetivos: en primer lugar obtener unos resultados comparables con el método USLE de puntos, y un segundo el de comprobar el comportamiento del modelo frente a variaciones en la resolución del modelo de elevaciones del terreno para obtener el valor del factor LS.

A continuación se describe la metodología empleada para el cálculo de cada uno de los factores empleados en el método GIS/USLE bajo el software ArcGis de ESRI, versión 9.3. Para todos los factores se ha recortado el área comprendida dentro del límite administrativo del Parque Natural.

### **FACTOR DE EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (R)**

Diferentes autores han empleado un valor constante para el factor R, Jebari (2009) y Jain et al. (2010) por no disponer de una información más detallada con respecto a la distribución espacial de la lluvia o bien por el tamaño reducido del área a estudio.

Otros autores como Beskow et al. (2009) han empleado medidores de lluvia distribuidos por el área a estudio. Construyendo una capa de información específica para este

factor.

En nuestro caso, trabajaremos con los datos de erosionabilidad de la lluvia media medida para Andalucía en el periodo 1992-2008. Operaremos con una imagen raster con una resolución de 75x75m/pixel. Esta imagen comprendía dos valores posibles para R, de los que se tomó para el cálculo los siguientes valores:

Valor disponible	Factor R ( $J \cdot m^{-1} \cdot h^{-1} \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ )
10-25	25
25-50	50

Figura D.8. Tabla de valores asumidos para el factor R en el modelo digital.

### **FACTOR DE LA EROSIONABILIDAD DEL SUELO (K)**

Está extendido el uso de mapas de suelos digitalizados para la obtención del factor K por diversos autores Jebari (2009) Jain et al. (2010) que en ocasiones pueden estar completados por datos de campo como en el caso de Beskow et al (2009).

En nuestro caso emplearemos los mapas de suelos digitalizados del proyecto Lucdeme a escala 1:100.000, generando la capa del factor K, asignando a cada tipo de suelo el valor del factor interpolando de los datos disponibles para los suelos del área de estudio en los perfiles conocidos. Una vez introducidos los datos se procederá a rasterizar la capa con una resolución de 75X75m/pixel.

### **FACTORES TOPOGRÁFICOS (L y S)**

En este caso, la disponibilidad de datos condiciona el procedimiento a seguir. Disponiendo de un Modelo de Elevación del Terreno (DEM, en sus siglas en inglés) a escala 1:50000 con una resolución vertical de 10m, diversos autores, Jebari (2009) y Anderson (2010) han obtenido los valores de L y S.

El cálculo de los factores L y S ha sido siempre de gran dificultad, siendo necesario su cálculo directo en el la metodología de Wischmeier y Smith (1978), sin embargo el empleo de

modelos digitales de elevación (DEM) facilita el proceso de cálculo.

Existen diferentes métodos para el cálculo de los factores L y S en el entorno GIS, como podemos encontrar en Dunn and Hickey (1998) y Hickey (2000).

Los datos usados en nuestro caso son el modelo de elevación del terreno (DEM) de Andalucía con una resolución espacial, tanto horizontal como vertical, de 25m. Facilitado por el Servicio Cartográfico Andaluz (Junta de Andalucía, 2004).

En nuestro caso hemos optado por la metodología propuesta por Desmet y Govers en 1996. Procediendo de la siguiente manera:

- 1- Calculamos el factor L: Donde  $\lambda$  es la longitud de la pendiente (m), m es el exponente de la longitud de la pendiente y  $\beta$  es el ángulo de la pendiente. La longitud de la pendiente se define como la distancia horizontal desde donde se origina el flujo superficial al punto donde comienza la deposición o donde la escorrentía fluye a un canal definido.

$$m = \frac{F}{(1+F)} \quad F = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3(\sin \beta)^{0.8} + 0.56}$$

- 2- Determinamos el valor de L, según Desmet y Govers, 1996:

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m \cdot D^{m+2} \cdot 22.13^m}$$

donde  $A_{(i,j)}$ [m] es el área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda), D es el tamaño del pixel y x es el factor de corrección de forma.

- 3- Para ello hemos calculado el área de contribución (A) para el modelo de elevación en cuestión, según el siguiente procedimiento:

Arc Toolbox →Spatial Analyst tool →Hydrology →Fill.

A continuación:

Arc Toolbox →Spatial Analyst tool →Hydrology →Flow Direccction.

Seguido de:

Arc Toolbox →Spatial Analyst tool →Hydrology →Flow Accumulation.

- 4- Calculamos también la pendiente del terreno en grados sexagesimales como sigue:

Arc Toolbox →Spatial Analyst tool →Surface →Slope.

Estos valores serán convertidos a radianes para operar en las fórmulas.

- 5- Calculamos el factor S teniendo en cuenta que el ángulo  $\beta$  se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente (McCool et al, 1987,1989).

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10.8 \cdot \sin \beta_{(i,j)} + 0.03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8 \cdot \sin \beta_{(i,j)} - 0.5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases}$$

- 6- Por último obtenemos el valor del facto LS para cada pixel, multiplicando los factores L y S obtenidos.

En una segunda fase del trabajo, se operará con modelos de elevación del terreno a diferentes escalas para valorar el efecto de estas variaciones en los resultados finales obtenidos.

**FACTOR CULTIVO Y MANEJO DEL SUELO (C)**

Se empleará un mapa de usos del suelo digitalizado, dividido en polígonos, donde cada polígono representará el uso correspondiente y al que se le asignará un valor del factor C en función del porcentaje de cobertura según la tabla recogida por Rubio et al. (1984). La capa obtenida se rasterizará a una resolución de 75x75m/pixel.

% Cobertura	Factor C
5	0.807
8	0.600
10	0.613
15	0.466
20	0.319
25	0.242
30	0.166
35	0.129
40	0.086
45	0.065
50	0.045
55	0.034
60	0.023
65	0.017
70	0.012
75	0.009
80	0.006
90	0.003
100	0.001

Figura D.9. Tabla de valor del Factor C en función del % de cobertura (Rubio et al, 1984).

## **FACTOR DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN (P)**

El factor de prácticas de conservación se ha determinado mediante fotointerpretación de las fotografías aéreas del PNOA. Considerando que las únicas prácticas de conservación que se dan en la zona de estudio son las de cultivos en terrazas.

Se ha dibujado las zonas donde aparecen dichos sistemas de cultivos y se les ha dado un valor del Factor (P) en función de la pendiente media. Igualmente esta capa se rasterizará para una resolución de 75x75m/píxel.

Finalmente, abordaremos la determinación del efecto producido por la variación de la resolución del modelo de elevación del terreno en la determinación del riesgo de erosión. Es una realidad que se disponen habitualmente de modelos de elevación del terreno a diferentes escalas y resolución. En nuestro caso, el modelo utilizado es el aportado por el IGME a escala 1:25000, con una resolución de 25x25m/píxel. Al mismo tiempo, la resolución de la distribución de riesgo obtenida va a estar determinada por la resolución del factor con menor resolución, en nuestro caso era el factor R (75x75m/píxel).

Ahora bien, considerando la importancia del factor LS en la determinación del riesgo de erosión en función de la pérdida de suelo medida en  $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ , se ha considerado de interés estimar los efectos que la variación de la resolución de este factor tiene en el resultado final obtenido. Considerando el resto de factores con una resolución constante.

En este trabajo, los factores P, R, K y C se han considerado constantes siempre a una resolución de 75x75m/píxel.

Y se han obtenido a partir del modelo de elevación original de 25x25m/píxel (MED25) los siguientes modelos:

MED50	50x50m/píxel
MED75	75x75m/píxel
MED100	100x100m/píxel

Para ello, se ha utilizado el siguiente procedimiento:

Arc Toolbox →Spatial Analyst tool →Generalization →Agregatte.

En este proceso de agregación de píxeles, se ha determinado el valor de los mismos mediante la mediana de los valores originales.

Una vez obtenido cada uno de los modelos de elevación se ha realizado para cada uno de ellos el mismo procedimiento descrito en el cálculo del factor LS del apartado anterior. Y de esta manera se ha obtenido una distribución de Riesgo de Erosión hídrica para cada uno de ellos.

## **E. RESULTADOS.**

## **E. RESULTADOS.**

Previo al estudio de la erosión de los suelos debemos establecer cómo ha sido y qué factores han influido en la formación inicial de los mismos. Para ello, incluimos un apartado previo en el que citamos las características del ambiente de formación que acompaña a estos suelos.

### **E. 1. Factores formadores de los suelos.**

#### **E. 1. 1. Climatología.**

Las características climatológicas del Parque Natural Cabo de Gata Níjar son las propias del Sureste Español y más concretamente almeriense que, según Thornthwaite, se clasifica como zona árida.

Según Porta et al. (1994), las causas meteorológicas que propician las condiciones de aridez en el sureste de Almería son: el alejamiento de las masas de aire húmedo más importantes que afectan a la península, por obstáculos orográficos y la exposición a vientos secos de levante, de origen africano. Según Puigdefábregas (1997), la cuenca mediterránea se sitúa en una transición climática entre la zona tropical y la templada húmeda.

Los parámetros climáticos más importantes que afectan a la evolución del suelo son precipitación y temperatura. Estos parámetros nos permiten establecer los regímenes de humedad y temperatura definidos en la clasificación americana (Soil Taxonomy, 2007) y Keys to Soil Taxonomy (2010), que caracterizan el clima del suelo.

Los datos de pluviosidad y temperatura pertenecen a un total de 15 estaciones meteorológicas, localizadas algunas dentro del propio Parque y otras en sus alrededores, cuyos datos geográficos y años de registro se detallan en la Tabla E.1.

Estos datos han sido facilitados por el Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo en su sección de Hidrología de la Comisaría de Aguas del Sur de España, y obtenidos también a

través del Plan de Ordenación del Parque Natural realizado por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (2008).

Los datos pluviométricos y termométricos figuran en las Tablas E.2 y E.3.

Se trata de una zona de altas temperaturas y precipitaciones escasas, en la que las temperaturas se mantienen muy regulares a lo largo del año. La precipitación media anual oscila entre los 200 y 250 mm dentro del Parque, siendo la mayor parte de estas precipitaciones de carácter torrencial. Las precipitaciones se concentran en primavera y en otoño, dándose períodos de acusada sequía en verano.

La temperatura media anual oscila entre 17,5 y 19,5 °C, alcanzándose las máximas en los meses de julio y agosto, y las mínimas en enero. Las suaves oscilaciones térmicas ponen de manifiesto la influencia termorreguladora del mar Mediterráneo.

Estación	Tipo	Altitud (m)	Latitud	Longitud	Nº años de registro
Arraez	Totalizador	850	5.975	41.063	1964-1980
Cabo de Gata	Termopluviométrica	20	5.722	40.646	1954-1986
Cantona	Totalizador	674	5.785	41.010	1966- 1980
Carboneras	Pluviométrica	19	5.986	40.977	1954-1986
Fernán Pérez	Termopluviométrica	220	5.833	40.858	1954-1986
Gafarillos	Pluviométrica	340	5.872	41.018	1954-1986
Los Gallardos	Termopluviométrica	120	5.941	41.142	1954-1986
Los Trancos	Pluviométrica	120	5.641	40.784	1954-1986
Mesa Roldan	Pluviométrica	202	5.974	40.892	1954-1986
Mojácar	Pluviométrica	169	6.023	41.112	1954-1986
Mojácar	Termométrica	169	6.023	41.118	1959-1980
Níjar	Termopluviométrica	356	5.709	40.916	1954-1986
Retamar	Pluviométrica	70	5.635	40.790	1959-1980
San José	Pluviométrica	12	5.798	40.686	1959-1980
Sepulturas	Totalizador	400	5.942	41.004	1966-1980
Sorbas	Pluviométrica	410	5.779	41.064	1954-1986

Tabla E.1: Estaciones meteorológicas relacionadas con la zona de estudio.

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Arraez	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	470
Cabo de Gata	24.6	7.6	15.1	19	14.5	1.6	0.3	0.1	5.3	11.8	12.6	11.8	124.2
Cantona	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	320
Carboneras	27.4	16	14.2	32.6	18.3	3	3.7	3.8	6.5	18.4	23.2	20.8	194.5
Fernán Pérez	22.2	19.6	15.2	20	17.1	1.6	0.3	1.5	9.2	15.7	26.3	21.4	165.1
Gafarillos	24.5	23.9	28	27.4	18.7	5.7	2.2	1.4	10.7	32	39.1	26.7	240.2
Los Gallardos	23.7	17.6	30.5	29.9	29	6.7	0.9	0.7	9.4	39.8	36.5	16.9	241.8
Los Trancos	20.7	21.8	12.2	24.7	11.6	2.4	0.3	0.5	3	12.4	14.1	18.3	142
Mesa Roldan	20.6	21.9	12.3	24.6	11.6	2.4	0.2	0.6	3	12.1	14.4	18.3	142
Mojácar	18.4	16.5	38.8	34.9	38.9	3.4	4.2	2.4	4.6	41	38.3	36.8	277.5
Níjar	25.1	26.6	28.2	35.1	23.1	7.6	2.8	5	15.2	29.4	30.8	32.6	260
Retamar	20.3	21	22.1	32.2	14.9	6.3	0.7	0.2	7.6	25.9	19.1	28.2	194
San José	25.4	22.4	24.2	23.2	14.7	2.7	0.5	1.2	4.1	36.7	26.3	38.5	221
Sepulturas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	302
Sorbás	22.6	22.9	27.1	32.3	25	8.4	1.6	1.2	16.3	38.1	41.8	32.4	269.1

Tabla E.2: Precipitaciones medias mensuales y media anual.

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Cabo de Gata	12	12.4	16.3	16.7	19.8	22.9	24.5	26.9	23.7	19.4	15.8	12.6	18.6
Fernán Pérez	11.6	12.4	14.2	15	18.5	21.8	25	25.9	25.9	17.5	18.4	14.4	17.5
Los Gallardos	11.3	13.4	16.3	17.9	20.6	25.3	30.8	29.9	24.6	18.6	14	11.4	19.5
Mojácar	12.3	12.9	13.9	15.6	18.8	21.9	24.6	25.8	23.7	18.9	15.4	13.1	18.1
Níjar	11	11.5	13.4	15.4	18.4	21.7	24.6	25.4	23.1	18.9	14.8	12	17.5

Tabla E.3: Temperaturas medias mensuales y media anual.

En los 35 perfiles analizados en este estudio, el régimen de temperatura siempre es térmico, que caracteriza a los suelos en los que la temperatura media anual del suelo a 50 cm de profundidad oscila entre 15 y 22 °C.

Según USDA (1975), la temperatura media anual del suelo a 50 cm de profundidad se corresponde con la temperatura atmosférica más un grado centígrado. Si se establecen diferencias estacionales, la temperatura del suelo en invierno y en verano, se puede obtener de la siguiente forma:

$$t^{\text{a}} \text{ suelo invierno} = \frac{\text{Dic} + \text{Ene} + \text{Feb}}{3} + 1^{\circ}\text{C}$$

$$t^{\text{a}} \text{ suelo verano} = \frac{\text{Jun} + \text{Jul} + \text{Ago}}{3} - 0.6^{\circ}\text{C}$$

El régimen de humedad es árido en 34 de ellos y encontramos un caso en el que el régimen de humedad es xérico, el perfil 1.031-22 de la hoja de Sorbas. Los suelos con régimen de humedad árido se caracterizan por tener una precipitación inferior a la evapotranspiración durante la mayor parte del año, donde las posibilidades de mantener cultivos son muy escasas. El régimen xérico se caracteriza por inviernos fríos y húmedos y veranos cálidos con sequía prolongada (Porta et al., 1994). La localización del perfil 1.031-22 en un área montañosa situada en el extremo norte del Parque hace que las condiciones climáticas en esa zona y por lo tanto el régimen de humedad sea diferente al del resto de perfiles.

Estas características climáticas hacen que el porcentaje de cobertura vegetal en la

zona sea muy escaso, lo que implica que el suelo esté muy desprotegido frente a los fenómenos erosivos que se acentúan en este área por la torrencialidad de las precipitaciones.

### **E. 1. 2. Relieve.**

El Parque Natural Cabo de Gata-Níjar se encuentra situado en el sector suroriental de la Cordillera Bética. Se caracteriza por ser una zona de relieve variado y accidentado a pesar de que su cota máxima no supere los 500 metros (El Fraile, 493 m). En el área delimitada por el Parque Natural podemos distinguir cuatro unidades claramente diferenciadas:

En primer lugar nos encontramos con la Serrata de Níjar. Se trata de una alineación montañosa con orientación SO-NE, que discurre de forma paralela a los límites del Parque, pero cuya vertiente más oriental se encuentra dentro del mismo. Su relieve es muy acusado. Según la clasificación establecida por (FAO, 1977), las clases de pendiente que predominan dentro del Parque son 4 y 5.

A continuación, en dirección SE, encontramos una serie de depresiones intermedias entre la Serrata de Níjar y la Sierra de Cabo de Gata que constituyen la mayor parte de la superficie labrada. Es una zona de relieve poco acusado donde predominan los terrenos llanos y las pendientes ligeras de clases 2 y 3.

La tercera unidad la constituye la Sierra de Cabo de Gata. Se trata de una cadena montañosa con orientación SO-NE, que discurre de forma paralela a la costa, llegando hasta Carboneras en su extremo norte y dando lugar al cabo de Gata en su extremo más meridional. En ella destacan los picos de Bujo (372 m), Revancha (385 m), Carneros (435 m), El Fraile (493 m), Peñones (489 m), Rellana (353 m) y San Miguel (344 m). Su relieve es muy abrupto y accidentado, predominando las pendientes escarpadas entre el 30-50 % (clase 5) según FAO (1977) en la parte norte y las pendientes muy escarpadas (clase 6) en la zona sur, que descienden de forma brusca hacia el mar dando lugar a una costa rocosa de acantilados con escasas playas y fondeaderos. También cabe destacar la presencia de superficies altas y planas denominadas geomorfológicamente mesas.

La última zona destacable la constituye la llanura litoral situada al oeste de la Sierra de

Cabo de Gata que se extiende desde el Cabo de Gata hasta las inmediaciones de Retamar, formada por una costa muy regular, baja y arenosa rodeada por franjas de dunas que en algunos casos invaden las desembocaduras de las ramblas.

También se encuentra representada en el límite nororiental del Parque, las estribaciones del sur de Sierra Cabrera donde predominan las pendientes de las clases 5 y 6 con relieves moderadamente abruptos.

En el mapa de pendientes (Mapa nº 2, Anexo II), se representan las clases de pendientes del Parque (FAO, 1977), que nos servirá de base para determinar la influencia de la topografía del terreno para la determinación de los rangos de erosión de los suelos.

Este mapa se ha realizado tomando como base el mapa topográfico del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar realizado por el Instituto de Cartografía de Andalucía (1995), a escala 1:50.000, y los Mapas Topográficos del Ejército (Hojas: 1.031, 1.045, 1.046, 1.059 y 1.060).

### **E. 1. 3. Geología.**

El Parque Natural Cabo de Gata-Níjar se encuentra dentro de la Hoja geológica 84-85 (Almería-Garrucha) del Mapa Geológico Nacional elaborado por el I.G.M.E. (1982), a escala 1:200.000.

A nivel geológico, el Parque Natural ocupa el sector suroriental de la Cordillera Bética. La morfología volcánica característica del área de estudio está originada por las emisiones volcánicas posteriores a la orogenia alpina que dio lugar a las Cordilleras Béticas y a las transgresiones y regresiones que sufrió el nivel del mar mediterráneo a lo largo de su historia geológica reciente. Según Sánchez (1.992), estos materiales post-orogénicos reposan discordantemente sobre los complejos Alpujárride y Maláguide en forma de pequeños afloramientos en la zona Norte del Parque.

El área de estudio se puede dividir en tres zonas, según los materiales que lo conforman:

### **Rocas volcánicas:**

Se trata de rocas volcánicas ácidas y neutras (andesitas y dacitas), que han emergido a favor de fracturas relativamente recientes (I.G.M.E., 1980). Proviene de un vulcanismo calcoalcalino, considerado como posttectónico.

### **Materiales neógenos y cuaternarios:**

Estos materiales forman la vertiente oeste de la Sierra de Cabo de Gata y la zona suroccidental del Parque, constituida por arenas y limos calizos.

### **Materiales miocenos:**

Ocupan la zona norte del Parque. Los materiales son conglomerados, arenas y limos. Destacan las mesetas formadas por materiales miocenos de carácter arrecifal (calizas detríticas marinas).

Se encuentran sustancias asociadas al vulcanismo como el oro y la bentonita. Esta última está, actualmente en explotación, pues el oro prácticamente es testimonial, habiéndose abandonado la explotación aurífera de Rodalquilar hace años por su escaso rendimiento.

#### **E. 1. 3. 1. Hidrología.**

El Parque Natural Cabo de Gata-Níjar pertenece a la Cuenca Sur y dentro de ésta, a la subcuenca Costa de Almería-Níjar. El curso de agua más importante es el río Alías que delimita la zona norte del Parque. Otros cauces menos importantes son cuencas y barrancos de escaso recorrido: Rambla del Agua, Amoladeras, Morales, Pozo de los Frailes, El Cuervo, La Palmerosa, etc. Todos ellos son de régimen torrencial y suelen estar secos durante todo el año, debido a la escasa pluviosidad.

Desde el punto de vista hidrogeológico, el Parque Natural se encuentra incluido en el Sistema Acuífero Níjar-Carboneras. Destacan las siguientes unidades hidrogeológicas: La

Palmerosa, El Hornillo-Fernán Pérez, Alquíán-Cabo de Gata y acuíferos aislados de la Sierra de Cabo de Gata. Estos últimos están formados por rocas volcánicas alteradas, coluviales y aluviales, y calizas arrecifales y calcarenitas miocenas. Son acuíferos de escasos recursos y aguas de mala calidad.

Todos ellos poseen unos recursos inferiores a los explotados actualmente, por lo que se consideran acuíferos sobreexplotados. Las aguas presentan una alta mineralización, por lo que su potabilidad es baja, a excepción de algunas zonas como Las Negras, Rodalquilar, Los Albaricoques y Rambla de La Palmerosa. Tampoco son recomendables para su uso agrícola, dado los índices de salinidad y, en ocasiones, el nivel de contaminación orgánica.

#### **E. 1. 4. Vegetación.**

Una gran parte del Parque está ocupada por vegetación de carácter arbustivo (matorral). Por otra parte, la intensa degradación del territorio (Consejería de Medio Ambiente, 1996) hace que estos suelos no tengan una gran vocación agraria, lo que unido a la escasez de recursos hídricos y a la mala calidad de los mismos, limita el desarrollo agrícola en la zona.

Sin embargo, si lo comparamos con otras áreas del litoral andaluz, el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar no ha sido tan severamente castigado por la intervención del hombre, conservando un entorno que goza de gran naturalidad (Provenzal y Molina, 1989; García Latorre y García Latorre, 2007).

Por orden de importancia, enumeramos los principales grupos de aprovechamiento (Mapa de Cultivos y Aprovechamientos de la Provincia de Almería, SIOSEA, 2005):

##### **Matorral:**

Prácticamente, toda la Sierra de Cabo de Gata está ocupada por matorral, que se extiende hasta el sur de la Sierra de Cabrera. Dentro de esta denominación encontramos dos grupos diferenciales:

Pastizal sin arbolado: donde predominan las plantas herbáceas anuales de carácter

espontáneo con más de un 20 % de superficie de matorral. La mayoría provienen de antiguos terrenos de labor abandonados que irán evolucionando hacia pastizal –matorral.

Matorral sin arbolado: es el tipo más abundante. Son terrenos con predominación de especies espontáneas y arbustivas (>60 %), con menos del 5 % de arbolado.

### **Zonas de labor extensiva:**

Se trata de cultivos de secano y zonas con aprovechamiento de pastos. Ocupan el límite occidental del Parque, en la depresión existente entre la Sierra de Cabo de Gata y la Serrata de Níjar; y otras depresiones puntuales.

### **Herbáceos de regadío:**

Se localizan en terrenos cercanos a ramblas, donde las explotaciones se agrupan en pequeños núcleos (cortijadas) como el Argamasó, las proximidades de Agua Amarga, la zona de Genoveses o junto a los principales núcleos habitados. Cuya superficie total alcanza las 2828Ha de cultivo de regadío.

### **Cultivos forzados:**

Comprende los cultivos enarenados y en invernadero bajo plástico. La mayoría se situaban fuera del Parque (Campo de Níjar). En la actualidad hay 185Ha de invernaderos situados dentro del parque, en las zonas de Cabo de Gata, contornos de Campohermoso, Aguamarga y del Pozo de Los Frailes.

### **Cactáceas:**

Dentro de esta familia de plantas, las chumberas (*Opuntia maxima*) son las que destacan por su aprovechamiento. Las chumberas ocupan dos zonas muy importantes en extensión que son Las Amoladeras y los alrededores de la Isleta del Moro. Sumando un área aproximada de 172Ha en todo el parque. Muy disminuidas su presencia en zonas como las

Amoladeras después de los programas de conservación del parque de los años 90 (Mota et al. 2011).

Por último, la franja litoral que va desde los límites con Retamar hasta la Punta del Santo, es terreno improductivo.

Según Mota et al. (1997), podemos distinguir las siguientes series de vegetación:

Serie termomediterránea murciano-almeriense litoral semiárida del cornical: *Mayteno europaei-Periploceto angustifoliae sigmetum*. Esta serie ocupa toda la franja de levante extendiéndose desde el litoral hasta la Sierra de Cabo de Gata sin superar los 200 metros. La comunidad cabeza de serie es el cornical (*Periploca laevigata*). Otras especies que la acompañan son: el espino negro (*Rhamnus lycioides*), el oroal (*Whitania frutescens*), el acebuche (*Olea europaea var. sylvestris*), palmeras (*Phoenix dactylifera*), pitas (*Agave americana*) y chumberas (*Opuntia maxima*). Se trata de un espinar de baja densidad que se suele desarrollar sobre zonas básicas expuestas al mar.

Serie termomediterránea murciano-almeriense semiárido-árida del azufaifo: *Zizipheto loti sigmetum*. Es la serie más extensa y ocupa toda la Sierra de Cabo de Gata. El máximo desarrollo posible de la vegetación corresponde a un espinar denso y de varios metros de altura, cuya especie más extendida es el azufaifo (*Ziziphus lotus*). Otras especies de esta serie son el oroal (*Whitania frutescens*), el espárrago (*Asparagus albus*), la zagua (*Salsola verticillata*), etc.

Serie termomediterránea murciano-almeriense y alpujarreña semiárida del lentisco: *Chamaeropo-Rhamneto licioidis sigmetum*. Se desarrolla a partir de los 400 metros y más al interior que la serie del azufaifo. El máximo desarrollo corresponde a bosquetes bastante densos en los que predominan el palmito (*Chamaerops humilis*), el espino negro (*Rhamnus lycioides*), el lentisco (*Pistacia lentiscus*) y el acebuche (*Olea europaea var. sylvestris*).

La característica principal de estas series es la falta de bosque y la presencia de formaciones arbustivas (matorral subserial, matorral serial y pastizales).

## E. 2. Suelos.

### E. 2.1. Tipologías de suelos.

#### **Leptosoles (LP):**

Son suelos que se caracterizan por estar limitados en profundidad por una roca dura continua o por material muy calcáreo (carbonato cálcico equivalente mayor del 40 %) o por una capa continua cementada dentro de una profundidad de 30 cm a partir de la superficie; o que tienen menos del 20 % de tierra fina hasta una profundidad de 75 cm; sin otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A móllico, úmbrico u ócrico, o un horizonte petrocálcico, con o sin un horizonte B cámbico.

A segundo nivel destacan las siguientes tipologías:

**Leptosoles eútricos (LPe):** Leptosoles que tienen un horizonte A ócrico y un grado de saturación (por  $\text{NH}_4\text{Ac}$ ) del 50 % como mínimo en todo el horizonte; carecen de roca dura y de una capa continua cementada dentro de una profundidad de 10 cm y de permafrost en una profundidad de 200 cm a partir de la superficie.

Los suelos que pertenecen a este grupo son: 1.031-59 en la Hoja de Sorbas y los perfiles 1.046-10, 1.046-11 y 1.046-47 en la de Carboneras, donde son más abundantes.

Se trata de suelos que presentan un horizonte A ócrico en superficie. Son pedregosos, muy poco profundos y con una textura que va desde franco-areno-arcillosa a franco-arenosa.

Tienen un bajo contenido en materia orgánica y son pobres en nutrientes. Su capacidad de intercambio es alta, con un porcentaje de saturación de bases del 100 % y el complejo de cambio saturado en calcio. El contenido en  $\text{CaCO}_3$  equivalente es muy elevado en el horizonte superficial de los perfiles 1.046-10 y 1.031-59, mientras que en

los otros dos es el horizonte C el que se encuentra altamente carbonatado.

Su capacidad de retención de agua es escasa debido a que son suelos muy poco potentes y de baja densidad aparente.

**Leptosoles réndricos (LPk):** Leptosoles que tienen un horizonte A móllico que contiene o está situado inmediatamente encima de material calcáreo con un equivalente en carbonato cálcico mayor del 40 %; carecen de roca dura y de una capa continua cementada dentro de una profundidad de 10 cm y de permafrost en una profundidad de 200 cm a partir de la superficie.

Los perfiles de suelo incluidos en esta denominación son: 1.045-20, 1.046-6, 1.046-41 y 1.060-3.

El perfil 1.045-20 se presenta en la Hoja de Almería y sólo de forma puntual en la zona más occidental del Parque. Este suelo presenta un epipedón móllico con una estructura bien desarrollada, colores oscuros, grado de saturación en bases superior al 50 % y contenido en materia orgánica cercano al 3 %. Este horizonte móllico se encuentra sobre material calcáreo con un equivalente en  $\text{CaCO}_3$  superior al 40 %.

Los perfiles 1.046-6 y 1.046-41 se presentan como inclusiones en las unidades cartográficas. El horizonte móllico es un horizonte de diagnóstico con una estructura granular moderada, textura de la tierra fina franco-arcillosa y un contenido en gravas medio. Son suelos con contenido medio en materia orgánica y pobres en nutrientes, sobre todo en fósforo y nitrógeno, y su porcentaje de saturación de bases es del 100 %, siendo el calcio el catión dominante. Tienen una capacidad de retención de agua media, sin embargo, la escasa pluviosidad de la zona hace que estén secos durante casi todo el año.

Por último, el perfil 1.060-3 también supone una tipología de suelo muy puntual en esta zona. Al igual que en los otros casos, el único horizonte de diagnóstico es móllico, con una pedregosidad que limita el uso de la maquinaria agrícola. Su estructura es migajosa y la textura franco-arenosa. Es un suelo pobre en materia orgánica y tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico.

**Leptosoles mólicos (LPm):** Leptosoles que tienen un horizonte A mólico que no contiene ni está situado inmediatamente encima de material calcáreo con un valor de carbonato cálcico equivalente mayor del 40 %; carecen de roca dura y de una capa continua cementada dentro de una profundidad de 10 cm y de permafrost en una profundidad de 200 cm a partir de la superficie.

Este tipo de suelo se encuentra escasamente representado en la zona, por lo que sólo contamos con un perfil de estas características que es el 1.046-35.

Se caracteriza por tener como único horizonte de diagnóstico un A mólico asentado sobre roca madre de origen volcánico débilmente carbonatada. Es un suelo muy pedregoso con estructura grumosa y una textura franco-arcillo-arenosa.

El contenido en materia orgánica es medio y bajo en los nutrientes principales. El contenido en carbonatos es elevado, lo que va a determinar que el complejo de cambio esté saturado en calcio.

La capacidad de retención de agua es baja por tratarse de un suelo poco potente y por la pendiente en la que se sitúa, que hace desplazar el agua por efecto de la escorrentía superficial y no se infiltre.

#### **Vertisoles (VR):**

Suelos que tienen, después de mezclar los 18 cm superiores, un 30 % o más de arcilla en todos los horizontes, hasta una profundidad de 50 cm, por lo menos, desarrollando fisuras desde la superficie del suelo hacia abajo que, en algún período en la mayor parte de los años (excepto si el suelo tiene riego), son de 1 cm de ancho como mínimo, hasta una profundidad de 50 cm; que tienen slickensides (superficies pulidas y estriadas producidas por el paso de una masa deslizándose sobre otra) que se entrecruzan o cuñas o agregados estructurales paralelepípedicos, a cualquier profundidad comprendida entre 25 y 100 cm a partir de la superficie, con o sin gilgai (abombamientos superficiales originados por la

sobrepresión causada por el relleno de las grietas al comenzar a cerrarse éstas en la época húmeda).

Solamente una tipología de entre todos los tipos de Vertisoles, se ha muestreado en el Parque. Son los Vertisoles Cálcicos.

**Vertisoles cálcicos (VRk):** Vertisoles con un horizonte cálcico o concentraciones de caliza pulverulenta blanda dentro de una profundidad de 125 cm a partir de la superficie; carecen de un horizonte gypsico.

Estos suelos ocupan una pequeña área al noroeste de Los Escullos, pero no constituyen una unidad cartográfica. El perfil representativo es el 1.060-6.

Son suelos con una secuencia de horizontes de tipo A/C o A/Bw/C y se caracterizan por tener una gran cantidad de arcilla (> 30%) de tipo hinchable, por lo que se producen expansiones y contracciones que pueden dar lugar a grietas.

Tienen una textura arcillosa y una estructura fuerte en bloques angulares a prismática en los horizontes subsuperficiales, siendo generalmente granular en los epipedones.

Presentan un alto contenido en nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y en materia orgánica. El contenido en carbonatos es elevado y aumenta con la profundidad. La capacidad de intercambio catiónico es alta y el complejo de cambio se encuentra saturado en calcio.

La capacidad de retención de agua es alta, debido a la textura arcillosa.

#### **Fluvisoles (FL):**

Son suelos que presentan propiedades flúvicas y que no tienen otros horizontes de diagnóstico mas que un horizonte A ócrico, móllico o úmbrico, o un horizonte H hístico o un horizonte sulfúrico, o material sulfuroso dentro de una profundidad de 125 cm a partir de la

superficie.

**Fluvisoles calcáricos (FLc)**: Fluvisoles con un alto porcentaje de carbonatos, como mínimo entre 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie; carecen de un horizonte sulfúrico y de material sulfuroso dentro de una profundidad de 125 cm a partir de la superficie y carecen de propiedades sálicas.

Los Fluvisoles calcáricos están representados por los perfiles 1.046-2, 1.046-8 y 1.046-17. Son suelos formados sobre los aluviones del río Alías y en las ramblas de El Playazo y El Plomo.

Solo cuentan con un horizonte de diagnóstico ócrico en superficie sobre materiales aluviales.

Los Fluvisoles estudiados en esta zona presentan una baja pedregosidad por situarse en zonas de vega, siendo una excepción al contenido en piedras de este tipo de suelos que en general suele ser elevado, sobretodo en las ramblas. El contenido en gravas bajo y la textura franco-arenosa fina que se hace más gruesa en profundidad. La estructura está poco desarrollada debido a que la materia orgánica se encuentra en poca cantidad y está poco humificada.

Desde el punto de vista nutricional son suelos pobres por su bajo contenido en nitrógeno, fósforo y potasio. La capacidad de intercambio catiónico es alta y están saturados, siendo el calcio el catión dominante. La capacidad de retención de agua es alta.

### **Solonchaks (SC):**

Suelos que no muestran propiedades flúvicas, que tienen propiedades sálicas y que no tienen otros horizontes de diagnóstico mas que un horizonte A, un horizonte H hístico, un horizonte B cámbico, un horizonte cálcico o uno gypico. Destaca en estos suelos la alta conductividad eléctrica, de hecho, el término “propiedades sálicas” se refiere a una conductividad eléctrica del extracto saturado mayor de  $15 \text{ dS}\cdot\text{m}^{-1}$  a  $25 \text{ }^\circ\text{C}$  en alguna época del

año, dentro de una profundidad de 30 cm o mayor de  $4 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$  si el pH es superior a 8,5.

Dentro de estos suelos salinos, sólo se han cartografiado en la zona los que presentan un gley (material edáfico saturado en agua durante alguna época del año o durante todo el año).

**Solonchaks gléicos (SCg):** Solonchaks que presentan propiedades gleicas dentro de una profundidad de 100 cm a partir de la superficie y que carecen de permafrost dentro de una profundidad de 200 cm a partir de la superficie.

Este tipo lo representa el perfil 1.059-5. Se trata de un suelo muy potente, con un horizonte superficial de color oscuro, una estructura en bloques subangulares y textura limo-arcillosa. El contenido en materia orgánica es medio en el horizonte superficial y va decreciendo en profundidad. Es un suelo pobre en nutrientes, con una alta capacidad de intercambio catiónico y un complejo de cambio saturado en sodio. El contenido en carbonatos es muy bajo en superficie y aumenta conforme crece la profundidad. La capacidad de retención de agua es baja.

#### **Arenosoles (AR):**

Suelos que tienen una textura más gruesa que franco arenosa hasta una profundidad de 100 cm como mínimo a partir de la superficie, con menos del 35 por 100 de fragmentos de roca u otros fragmentos gruesos en todos los subhorizontes dentro de 100 cm a partir de la superficie, exceptuando los materiales con propiedades flúvicas o ándicas; sin otros horizontes de diagnóstico más que un horizonte A ócrico, o un horizonte E álbico.

**Arenosoles háplicos (ARh):** Arenosoles sin otros horizontes de diagnóstico mas que un horizonte A ócrico; carecen de propiedades ferrálicas y de propiedades gléicas dentro de una profundidad de 100 cm a partir de la superficie; no calcáricos.

El perfil que los representa es el 1.059-8. Se trata de un suelo con una secuencia del tipo A/C, con el horizonte A de textura arenosa, sin estructura, aunque su contenido en

materia orgánica es relativamente alto y su actividad biológica elevada.

Tiene un contenido en carbonato cálcico cercano al 10 %. La capacidad de intercambio es baja debido al bajo contenido en arcilla. El grado de saturación es del 100 %, siendo el calcio el catión dominante. Es un suelo pobre en potasio con un contenido medio de nitrógeno y fósforo.

La capacidad de retención de agua es muy pequeña debido a la textura arenosa por lo que, unido a las escasas precipitaciones, hace que sean suelos muy secos.

### **Regosoles (RG):**

Suelos formados de procedentes de materiales no consolidados, excepto materiales de textura gruesa y con más de 100 cm de profundidad; o con propiedades flúvicas que no tienen otros horizontes de diagnóstico mas que un horizonte A ócrico o úmbrico; carecen de propiedades gléicas en una profundidad de 50 cm a partir de la superficie, de las características que son diagnóstico para los Vertisoles y Andosoles y de propiedades sálicas.

**Regosoles calcáricos (RGc):** Regosoles que son calcáreos por lo menos entre 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie. Carecen de permafrost en una profundidad de 200 cm a partir de la superficie.

Los Regosoles calcáricos son suelos abundantes en esta zona y de ellos hemos tomado el perfil 1.046-15 como suelo modal. Son suelos con un horizonte de diagnóstico ócrico en superficie de entre 20 y 50 cm con un contenido en carbonato cálcico equivalente inferior al 40 %.

Son suelos con una pedregosidad superficial que oscila entre nula y muy pedregoso, con una textura franca o más gruesa. Son pobres en materia orgánica y nutrientes. Su capacidad de intercambio catiónico es pequeña en razón a las cantidades de materia orgánica y arcilla, estando el complejo de cambio siempre saturado en calcio.

### **Kastanozems (KS):**

Suelos que tienen un horizonte A móllico con una intensidad de color de más de 2 en húmedo según las Munsell Soil Color Charts (1954), hasta una profundidad de 15 cm por lo menos; tienen uno o más de los siguientes rasgos: un horizonte cálcico o petrocálcico o gypico o concentraciones de caliza pulverulenta blanda en una profundidad de 125 cm a partir de la superficie; carecen de un horizonte B nátrico, de las características que son diagnóstico para Vertisoles, Planosoles o Andosoles y de propiedades sálicas y propiedades gléicas en una profundidad de 50 cm a partir de la superficie, cuando no existe un horizonte B árgico.

**Kastanozems cálcicos (KSk):** Kastanozems que tienen un horizonte cálcico y carecen de un horizonte B árgico y de un horizonte gypico.

Los Kastanozems son suelos poco abundantes en este entorno y se presentan en zonas puntuales de fuerte pendiente, como es el caso del perfil 1.060-7.

Estos suelos presentan un horizonte A móllico y un horizonte cálcico o concentraciones de caliza pulverulenta en los 125 cm superiores.

Su textura es franca o franco-arenosa y la estructura superficial grumosa. La mayor concentración de carbonatos se da en profundidad.

El contenido en materia orgánica y en fósforo es medio y son suelos pobres en potasio y nitrógeno.

La capacidad de intercambio catiónico es elevada y el grado de saturación es del 100%, siendo el calcio el catión dominante.

El agua útil es media, debido al contenido en materia orgánica y arcilla, componentes que retienen agua; pero su capacidad de retención es nula, debido a las elevadas pendientes donde se localizan.

### **Phaeozems (PH):**

Suelos con un horizonte A móllico; carecen de un horizonte cálcico, de un horizonte gypico y de concentraciones de caliza pulverulenta blanda y tienen un grado de saturación del 50 % (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) como mínimo en los 125 cm superiores del perfil; carecen de un horizonte B ferrálico, horizonte B nátrico, de las características que son diagnóstico para Vertisoles, Nitisoles, Planosoles o Andosoles, de propiedades sálicas, de propiedades gléicas en una profundidad de 50 cm a partir de la superficie cuando no existe un horizonte B árgico y carecen de granos de arena y limo sin revestimientos sobre las superficies de las unidades estructurales, cuando el horizonte A móllico tiene una intensidad de color en húmedo de 2 o menos, hasta una profundidad de 15 cm por lo menos.

**Phaeozems háplicos (PHh):** Phaeozems que carecen de un horizonte B árgico y que no son calcáreos entre 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie; carecen de propiedades gléicas en una profundidad de 100 cm a partir de la superficie y de propiedades estágnicas.

Este tipo de suelo está representado por los perfiles 1.031-21, 1.059-3 y 1.060-5, que al igual que la clase anterior se encuentran en posiciones muy localizadas y no constituyen unidades cartográficas.

Presentan un horizonte A móllico como único horizonte de diagnóstico, aunque algunas veces presentan un horizonte subsuperficial cámbico.

Son suelos muy pedregosos situados sobre pendientes muy elevadas y en algunos casos presentan afloramientos de la roca madre en superficie. Su textura es franca o más gruesa y el contenido en gravas es elevado.

Los contenidos en materia orgánica, nitrógeno y potasio son medios, pero son suelos pobres en fósforo. La capacidad de intercambio catiónico es alta, con un grado de saturación siempre superior al 50 %, donde el catión calcio es dominante.

La capacidad de retención de agua es relativamente baja, debido fundamentalmente a la escasa profundidad y a la textura.

### **Calcisoles (CL):**

Suelos que tienen una o más de las siguientes características: un horizonte cálcico, un horizonte petrocálcico o concentraciones de caliza pulverulenta blanda dentro de una profundidad de 125 cm a partir de la superficie; sin otros horizontes de diagnóstico que un horizonte A ócrico y un horizonte B cámbico o un horizonte B árgico calcáreo; carecen de las características que son diagnóstico para Vertisoles o Planosoles, de propiedades sálicas y de propiedades gléicas en una profundidad de 100 cm a partir de la superficie.

A segundo nivel hay más variabilidad que en las tipologías previamente descritas. Así, los encontramos háplicos, lúvicos y pétricos.

**Calcisoles háplicos (CLh):** Calcisoles que carecen de un horizonte B árgico y de un horizonte petrocálcico.

Los Calcisoles háplicos están representados por los perfiles 1.046-18, 1.046-48 y 1.060-2.

En estos suelos la textura varía desde franca a franco-arcillosa. Tienen un horizonte superficial de color pardo, seguido de un horizonte cámbico y de un horizonte petrocálcico, fuertemente calcáreo y con abundantes nódulos de carbonato.

Son suelos pobres en materia orgánica y nitrógeno, y tienen un contenido medio de fósforo y potasio. La capacidad de intercambio catiónico oscila entre media y baja y el complejo de cambio se encuentra saturado en calcio.

**Calcisoles lúvicos (CLI):** Calcisoles que tienen un horizonte B árgico y carecen de un horizonte petrocálcico.

Las características de estos suelos entre los que citamos al perfil 1.060-4, son

similares a las establecidas para los Luvisoles cálcicos, con la excepción de que el horizonte cálcico se encuentra englobado en el horizonte árgico.

**Calcisoles pétricos (CLp)**: Calcisoles que tienen un horizonte petrocálcico.

Se trata de uno de los grupos más representativos del área de estudio y comprende a los siguientes perfiles: 1.046-5, 1.059-1, 1.0597, 1.059-9 y 1.060-1.

En estos suelos la textura varía desde franca a franco-arcillosa. Tienen un horizonte superficial de color pardo, seguido de un horizonte cámbico y de un horizonte petrocálcico, fuertemente calcáreo y con abundantes nódulos de carbonato.

Son suelos pobres en materia orgánica y nitrógeno, y tienen un contenido medio de fósforo y potasio. La capacidad de intercambio catiónico oscila entre media y baja y el complejo de cambio se encuentra saturado en calcio.

La capacidad de retención de agua utilizable por las plantas oscila de media a baja y está condicionada por la textura de cada suelo.

**Luvisoles (LV):**

Suelos con horizonte B árgico que tienen una capacidad de cambio igual o superior a  $24 \text{ cmol (+) Kg}^{-1}$  de arcilla, y un grado de saturación (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) del 50 % o mayor en la totalidad del horizonte B; carecen de un horizonte A móllico y carecen de un horizonte E situado, con un límite brusco, sobre un horizonte lentamente permeable, del tipo de distribución de la arcilla y de las lenguas que son diagnóstico para los Planosoles, Nitisoles y Podsoluvisoles, respectivamente.

**Luvisoles cálcicos (LVk)**: Luvisoles que tienen un horizonte cálcico o concentraciones de caliza pulverulenta blanda o ambas características dentro de una profundidad de 125 cm a partir de la superficie; carecen de propiedades vérticas, de un horizonte E

álbico y de propiedades gléicas y estágnicas en una profundidad de 100 cm. a partir de la superficie.

A este grupo pertenecen los perfiles 1.046-12 y 1.059-6. En estos suelos el horizonte cálcico no está englobado en el horizonte árgico. Tienen un horizonte superficial ócrico seguido de un horizonte árgico (ambos descarbonatados) y en la base un horizonte petrocálcico.

Son suelos de color pardo con una textura que varía de arcillosa a franco-arcillo-arenosa y con una estructura en bloques subangulares.

El contenido en materia orgánica es medio así como en nitrógeno y potasio, siendo suelos ricos en fósforo. La capacidad de intercambio catiónico baja, con un complejo de cambio saturado en calcio.

**Luvisoles crómicos (LVx):** Luvisoles que tiene un horizonte B árgico, de color pardo fuerte a rojo; carecen de propiedades vérticas, de un horizonte E álbito, de un horizonte cálcico o de concentraciones de caliza pulverulenta blanda en una profundidad de 125 cm a partir de la superficie y carecen de propiedades gléicas y estágnicas en una profundidad de 100 cm a partir de la superficie.

Este tipo de suelo, representado por el perfil 1.060-30, es un suelo muy poco frecuente en el Parque Natural.

Es un suelo de color rojizo, de textura arcillosa y estructura débil en bloques subangulares.

El contenido en materia orgánica y nutrientes es bajo. La capacidad de intercambio catiónico es alta y el grado de saturación del 100 %. El contenido en carbonatos es nulo en los horizontes más superficiales.

La capacidad de retención de agua es elevada debido a la textura arcillosa.

### **Cambisoles (CM):**

Suelos que tienen un horizonte B cámbico y ningún otro horizonte de diagnóstico mas que un horizonte A ócrico o úmbrico, o un horizonte A móllico situado inmediatamente encima de un horizonte B cámbico con un grado de saturación (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) menor del 50 %; carecen de propiedades sálicas, de las características que son diagnóstico para Vertisoles o Andosoles y de propiedades gléicas dentro de una profundidad de 50 cm a partir de la superficie.

**Cambisoles calcáricos (CMc):** Cambisoles que tienen un horizonte A ócrico y que son calcáreos por lo menos en una profundidad entre 20 y 50 cm a partir de la superficie; carecen de propiedades vérticas, de propiedades gléicas en una profundidad de 100 cm a partir de la superficie y de permafrost en una profundidad de 200 cm a partir de la superficie.

Pertenecen a este grupo los perfiles 1.046-4 y 1.046-13. Estos suelos presentan un epipedón ócrico en superficie y un horizonte cámbico subsuperficial y carecen de un horizonte cálcico, a pesar de estar muy carbonatados.

Su estructura superficial es migajosa y la textura franco-arenosa.

El contenido en materia orgánica es bajo, al igual que el de fósforo y nitrógeno. El complejo de cambio se encuentra saturado en calcio.

La capacidad de retención de agua es muy pequeña, lo que unido a las escasas precipitaciones, hace que sean suelos muy secos.

**Cambisoles crómicos (CMx):** Cambisoles que tienen un horizonte A ócrico y un grado de saturación (por  $\text{NH}_4\text{OAc}$ ) del 50 % o más, al menos entre 20 y 50 cm de profundidad a partir de la superficie, pero que no son calcáreos dentro de esta profundidad; tienen un horizonte B cámbico de color pardo fuerte a rojo; carecen de propiedades ferrálicas en el horizonte B cámbico, de propiedades vérticas, de propiedades gléicas en una profundidad de 100 cm a partir de la superficie y de permafrost en una profundidad de

200 cm a partir de la superficie.

Son suelos puntuales que localizamos en el extremo norte del Parque, y que se desarrollan sobre pendientes muy elevadas, como es el caso del perfil 1.031-22.

Estos suelos presentan una estructura moderada, granular fina y textura franca. Son muy pedregosos y tienen un alto contenido en gravas que aumenta en profundidad. También es importante el alto contenido en arcilla, sobre todo en el horizonte subsuperficial.

El contenido en materia orgánica y nutrientes es bajo. La capacidad de intercambio catiónico es media y el grado de saturación es muy alto.

La capacidad de retención de agua es baja debido a las fuertes pendientes sobre las que se sitúan estos suelos.

Los perfiles de suelo evaluados han sido objeto de otros estudios previos realizados en la zona, como son el proyecto LUCDEME y el balance de erosión hídrica realizado por Lozano et al. (1997). En la mayoría de estos trabajos, la clasificación de suelos atendía a los criterios dados por "Food and Agriculture Organization of the United Nations" (FAO, 1967) y "Soil Taxonomy-Soil Conservation Service" (USDA, 1975).

### **E.2.2. Descripción de los perfiles de suelo a estudio. Características macromorfológicas, analíticas y climáticas.**

**Perfil nº 1.031-21**

Phaeozem háplico (FAO, 1994); Haploxeroll arídico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	6.001 – 41.004
<b>Altitud</b>	135 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Pendiente cóncava
<b>Vegetación o uso</b>	Matorral de porte medio, 50 % de cobertura
<b>Material original</b>	Rocas volcánicas (andesitas y dacitas).
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 3. Muy pedregoso.
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 3. Muy rocoso
<b>Textura (Ah)</b>	Franca
<b>Estructura</b>	Moderada, granular fina.
<b>Pendiente</b>	Clase 6. Muy escarpado (>55%)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/Bw/BC/R

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	6,43	12,96	18,49	18,97	1,52	0,63

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,9	12,6	14,7	16,7	20,0	22,8	26,5	27,2	24,2	19,2	15,0	12,3	18,6
<b>Precip. (mm)</b>	25,0	22,0	31,0	32,0	26,0	5,0	5,0	1,0	15,0	51,0	40,0	37,0	290,0
ETP	28,5	31,3	42,4	53,9	77,1	100,0	135,8	141,9	112,5	71,1	43,5	29,4	866,4

**Perfil nº 1.031-22.**

Cambisol crómico (FAO, 1994); Xerochrepts típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.968 – 41.013
<b>Altitud</b>	520 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Pendiente cóncava
<b>Vegetación o uso</b>	Matorral de porte medio, 50 % de cobertura
<b>Material original</b>	Micasquisto
<b>Drenaje</b>	Lateral, clase 5. Algo excesivamente drenado. Profundidad, clase 2. Imperfectamente drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 3. Muy pedregoso.
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 3. Muy rocoso
<b>Textura (Ah)</b>	Franca
<b>Estructura</b>	Moderada, granular fina.
<b>Pendiente</b>	Clase 5. Escarpado (50%)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/Bw/BC/R

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	6,93	21,97	16,88	18,99	0,59	0,96

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	9,9	10,3	11,8	13,9	17,2	20,5	24,8	25,5	22,4	17,3	13,0	9,9	16,4
<b>Precip. (mm)</b>	32,0	27,0	40,0	43,0	35,0	16,0	3,0	3,0	29,0	52,0	38,0	41,0	359,0
ETP	25,3	27,1	34,6	45,0	64,7	87,1	120,4	126,3	101,3	65,3	40,2	25,3	762,4

**Perfil nº 1.031-59.**

Leptosol eútrico (FAO,1994); Torriorthent típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.935 – 40.971
<b>Altitud</b>	135 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Ladera convexa
<b>Vegetación o uso</b>	Matorral subserial
<b>Material original</b>	Margas
<b>Drenaje</b>	Bien drenado. Clase 4
<b>Pedregosidad</b>	Clase 3. Muy pedregoso.
<b>Afloramientos rocosos</b>	Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franca
<b>Estructura</b>	Granular fina
<b>Pendiente</b>	Clase 5. Escarpado (37 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	A/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
A	5,87	13,9	27,0	21,4	1,38	57,1

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	10,8	11,8	12,8	13,6	17,9	20,5	24,8	24,8	22,6	17,6	13,1	10,5	16,7
<b>Precip. (mm)</b>	27,2	23,7	26,4	28,9	22,4	4,2	1,3	2,2	11,3	27,9	31,1	29,3	233,7
ETP	24,8	26,1	37,1	46,9	83,5	105,9	150,5	140,6	105,2	64,3	34,1	22,7	841,7

**Perfil nº 1.045-20.**

Leptosol réndrico (FAO, 1994); Haploxeroll arídico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.676 – 40.782
<b>Altitud</b>	100 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Cumbre (lomas muy suaves)
<b>Vegetación o uso</b>	Esparto
<b>Material original</b>	Cuaternario. Arcillas rojas y cantos de cuarzo
<b>Drenaje</b>	Clase 3. Moderadamente bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Muy pocas piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. No rocoso
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Moderada a fuerte, migajosa media a granular media.
<b>Pendiente</b>	Clase 2. Suavemente inclinado (4 %).
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/R

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	21,50	14,12	16,54	15,62	1,63	6,31

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,5	13,1	14,7	16,3	19,6	22,4	25,1	26,4	23,9	19,4	15,5	13,7	18,6
<b>Precip. (mm)</b>	20,0	21,0	22,0	32,0	15,0	6,0	1,0	0,0	8,0	26,0	19,0	28,0	198,0
ETP	25,4	30,5	42,1	56,6	88,0	118,6	146,2	152,1	114,0	68,6	39,9	29,6	911,6

**Perfil nº 1.046-2.**

Fluvisol calcárico (FAO, 1994); Torrifuvent típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.929 – 40.871
<b>Altitud</b>	2 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Vega.
<b>Vegetación o uso</b>	Labores hortícolas
<b>Material original</b>	Aluvión de rocas volcánicas
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Sin piedras o muy pocas
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Migajosa fina, débil.
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Llano (1 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/C/2C/3C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap	12,6	7,7	13,5	18,7	1,17	31,8

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,2	12,8	16,3	17,1	19,8	23,3	25,0	26,5	23,9	20,0	16,4	13,3	18,9
<b>Precip. (mm)</b>	21,5	13,6	15,9	23,1	15,8	3,3	1,5	1,4	4,3	15,7	18,9	15,0	150,0
ETP	24,3	25,9	52,0	61,4	91,6	127,6	149,4	157,6	112,7	73,8	43,5	27,9	947,6

**Perfil nº 1.046-4.**

Cambisol calcárico (FAO, 1994); Haplocambid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.916 – 40.954
<b>Altitud</b>	130 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Glacis entre montañas y el río Alías
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivos abandonados
<b>Material original</b>	Aluvión de rocas volcánicas
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Sin piedras o muy pocas
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Migajosa fina y media, moderada.
<b>Pendiente</b>	Clase 4. Moderadamente escarpado. (1 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/Bw/Bcz/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap	18,8	10,6	15,0	18,6	0,29	10,4

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,6	12,1	14,8	15,9	19,2	22,4	25,0	26,3	23,4	19,1	15,2	12,2	18,1
<b>Precip. (mm)</b>	23,1	16,9	19,8	26,4	19,8	3,6	1,6	1,6	6,9	23,3	24,5	20,5	188,1
ETP	23,9	25,5	45,9	55,9	88,6	119,8	150,3	155,0	109,5	70,0	39,6	25,7	909,7

**Perfil nº 1.046-5.**

Calcisol pétrico (FAO, 1994); Petrocalcid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.856 – 40.936
<b>Altitud</b>	270 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Glacis
<b>Vegetación o uso</b>	Tomillar-espartal
<b>Material original</b>	Conglomerado de glacis
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 3. Muy pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Bloques subangulares medianos
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Casi llano. (2 %).
<b>Secuencia de horizontes</b>	A/Bw1/Bw2/Cmk

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
A	23,5	9,4	11,1	19,4	0,83	13,9

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,3	11,8	13,9	14,9	18,6	21,6	24,9	25,7	23,1	18,4	14,3	11,5	17,5
<b>Precip. (mm)</b>	24,5	19,5	21,0	27,7	20,5	3,6	1,6	1,7	8,2	24,4	26,7	23,5	202,7
ETP	24,3	25,9	42,4	51,9	86,4	113,6	150,3	149,0	107,5	67,4	37,2	24,4	880,4

**Perfil nº 1.046-6.**

Leptosol réndrico (FAO, 1994); Haploxeroll torriorthéntico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.940 – 40.958
<b>Altitud</b>	110 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Parte baja de ladera
<b>Vegetación o uso</b>	Tomillar-espartal
<b>Material original</b>	Brechas piroclásticas de andesita
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 4. Excesivamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 1. Moderadamente rocoso
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arcillo-arenosa
<b>Estructura</b>	De granular a pequeños bloques subangulares, moderada.
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Inclinado. (10 %).
<b>Secuencia de horizontes</b>	A/Ck

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
A	9,6	5,9	13,9	31,6	0,85	19,3

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,7	12,3	15,2	16,1	19,3	22,6	25,0	26,5	23,5	19,3	15,4	12,5	18,3
<b>Precip. (mm)</b>	22,4	16,0	18,9	25,6	18,9	3,2	1,7	1,4	5,7	21,3	22,9	18,6	176,5
ETP	24,0	25,6	47,4	56,8	89,2	121,4	150,1	157,4	110,0	70,6	40,3	26,0	919,0

**Perfil nº 1.046-8.**

Fluvisol calcárico (FAO, 1994); Torrifuvent vértico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.914 – 40.948
<b>Altitud</b>	140 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Llanura aluvial abancalada
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo abandonado, con alcaparras y olivos
<b>Material original</b>	Aluvial
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Sin piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguna
<b>Textura (Ah)</b>	Arcillo-limosa
<b>Estructura</b>	Bloques subangulares medianos
<b>Pendiente</b>	Clase 0. Llano (0 %).
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap1/Ap2/C/2C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	0,9	3,2	47,2	44,0	1,38	27,1

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,6	12,2	15,0	16,1	19,3	22,5	25,0	26,4	23,5	19,2	15,3	12,4	18,2
<b>Precip. (mm)</b>	23,0	16,5	19,4	26,1	19,5	3,7	1,6	1,6	6,7	22,8	24,0	20,1	185,1
ETP	23,8	25,5	46,6	56,7	89,0	120,9	150,3	156,0	109,9	70,6	40,1	25,9	915,3

**Perfil nº 1.046-10.**

Leptosol eútrico (FAO, 1994); Torripsamment típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.925 – 40.908
<b>Altitud</b>	55 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Pendiente de inclinación muy suave
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo de secano abandonado
<b>Material original</b>	Calcarenita con cantos volcánicos
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 3. Muy pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguna
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Bloques subangulares medianos y pequeños
<b>Pendiente</b>	Clase 2. Suavemente inclinado (5 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap	4,1	3,8	17,2	19,3	1,43	56,3

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,9	12,5	15,7	16,6	19,6	22,9	25,0	26,5	23,7	19,6	15,9	12,9	18,6
<b>Precip. (mm)</b>	22,2	15,0	17,6	24,5	17,6	3,4	1,6	1,5	5,4	19,0	21,3	17,3	166,3
ETP	24,1	25,7	49,3	59,1	90,3	124,2	149,8	157,6	111,3	72,2	41,8	27,0	932,4

**Perfil nº 1.046-11.**

Leptosol eútrico (FAO, 1994); Torriorthent lítico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.872 – 40.888.
<b>Altitud</b>	210 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Glacis. Pendiente muy suave
<b>Vegetación o uso</b>	Tomillar. Cultivo abandonado
<b>Material original</b>	Costra “Dalle”
<b>Drenaje</b>	Clase 1. Escasamente drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 1. Moderadamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguna
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arcillo-arenosa
<b>Estructura</b>	Migajosa mediana
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Llano (1 %).
<b>Secuencia de horizontes</b>	A/C/R

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
A	30,5	10,3	16,9	22,2	1,55	21,5

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,6	12,1	14,3	15,2	18,8	21,8	24,9	26,0	23,2	18,6	14,7	11,8	17,7
<b>Precip. (mm)</b>	23,6	18,4	19,3	26,2	18,4	2,9	1,6	1,4	6,6	20,0	23,9	20,7	183,1
ETP	24,8	26,3	44,3	52,7	86,9	114,8	149,7	151,7	108,2	67,8	38,1	25,0	890,3

**Perfil nº 1.046-12.**

Luvisol cálcico (FAO, 1994); Paleargid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.836 - 40.812
<b>Altitud</b>	290 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Cuenca coluvial. Ladera
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo abandonado de gramíneas, hoy tomillar
<b>Material original</b>	Coluvios dacítico-andesíticos
<b>Drenaje</b>	Clase 2. Imperfectamente drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 1. Moderadamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguna
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arcillo-arenosa
<b>Estructura</b>	Migajosa mediana
<b>Pendiente</b>	Clase 3. Inclinado (7 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/Bt/BC/Ck

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap	12,7	8,4	13,1	23,6	1,06	0,0

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,8	12,3	14,6	15,3	18,9	21,8	24,8	26,1	23,3	18,7	14,9	12,1	17,9
<b>Precip. (mm)</b>	23,4	18,0	17,4	24,7	15,9	2,6	1,5	1,3	5,6	15,1	21,5	18,9	166,1
ETP	25,6	26,8	45,6	53,1	87,1	114,9	149,0	153,0	108,8	68,2	38,9	25,6	896,5

**Perfil nº 1.046-13.**

Cambisol cálcrico (FAO, 1994); Haplocalcid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.845 – 40.874
<b>Altitud</b>	195 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Pendiente muy suave (Glacis)
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo abandonado
<b>Material original</b>	Glacis
<b>Drenaje</b>	Clase 2. Imperfectamente drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 1. Moderadamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguna
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Bloques subangulares medianos
<b>Pendiente</b>	Clase 2. Suavemente inclinado (5 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap1/Ap2/Bw1/Bw2/Bck/Ck

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap1	29,1	9,4	18,9	16,1	1,05	5,8

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,6	12,1	14,4	15,3	18,9	21,8	24,9	26,0	23,2	18,7	14,7	11,9	17,8
<b>Precip. (mm)</b>	23,9	18,5	19,0	26,0	18,2	3,2	1,5	1,5	6,9	19,7	23,9	21,0	183,3
ETP	24,9	26,3	44,4	53,2	87,1	115,2	149,6	151,7	108,5	68,2	38,4	25,2	892,6

**Perfil nº 1.046-15.**

Regosol calcárico (FAO, 1994); Torriorthent típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.855 – 40.823
<b>Altitud</b>	250 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Rellana al pie de cerros
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo abandonado
<b>Material original</b>	Brechas piroclásticas de dacitas y andesitas
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Casi sin piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguna
<b>Textura (Ah)</b>	Franca
<b>Estructura</b>	Bloques subangulares medianos y pequeños
<b>Pendiente</b>	Clase 3. Inclinado (7 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap1/Ap2/C1/C2

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap1	9,1	8,7	21,1	26,8	0,61	32,0

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,7	12,2	14,3	14,9	18,7	21,5	24,8	25,9	23,1	18,4	14,5	11,7	17,6
<b>Precip. (mm)</b>	23,4	18,8	18,1	25,4	16,4	2,1	1,7	1,0	5,5	15,6	22,1	19,4	169,7
ETP	25,7	26,9	44,2	51,1	86,2	112,4	149,1	151,1	107,8	66,8	37,6	24,9	883,8

**Perfil nº 1.046-17.**

Fluvisol calcárico (FAO, 1994); Torrifuvent típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.889 – 40.795
<b>Altitud</b>	10 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Valle
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo de secano
<b>Material original</b>	Coluvios finos de rocas volcánicas y calizas
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Muy pocas piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguna
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Sin estructura, de grano suelto.
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Llano (0 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	17,3	13,0	13,4	13,5	0,65	4,6

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,4	12,9	16,4	17,1	19,8	23,2	24,9	26,5	23,9	20,0	16,5	13,4	18,9
<b>Precip. (mm)</b>	21,5	13,6	14,3	21,9	13,5	2,9	1,5	1,3	3,5	11,0	16,9	13,7	135,5
ETP	25,1	26,5	52,6	61,0	91,4	126,3	148,6	157,5	112,8	73,6	43,7	28,3	947,4

**Perfil nº 1.046-18.**

Calcisol háplico (FAO, 1994); Haplocalcid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.815 – 40.833
<b>Altitud</b>	185 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Vaguada abancalada
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo de secano
<b>Material original</b>	Glacis
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Muy pocas piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguna
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arcillo-arenosa
<b>Estructura</b>	Migajosa fina, débil.
<b>Pendiente</b>	Clase 3. Inclinado (7 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/Bw/BC/Ck

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	26,9	10,0	17,7	24,3	1,24	6,5

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,7	12,2	14,5	15,4	18,9	21,8	24,9	26,0	23,3	18,8	14,9	12,0	17,9
<b>Precip. (mm)</b>	24,0	18,4	18,1	25,3	17,0	3,2	1,4	1,6	6,7	17,3	22,8	20,4	176,1
ETP	25,2	26,5	44,9	53,5	87,2	115,2	149,2	152,1	108,8	68,5	38,8	25,6	895,5

**Perfil nº 1.046-35.**

Leptosol móllico (FAO, 1994); Haploxeroll lítico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.854 – 40.824
<b>Altitud</b>	275 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Ladera cóncava
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo abandonado
<b>Material original</b>	Pillow lavas andesíticas
<b>Drenaje</b>	Clase 5. Algo excesivamente drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 4. Excesivamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguna
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arcillo-arenosa
<b>Estructura</b>	Grumosa moderada
<b>Pendiente</b>	Clase 4. Moderadamente escarpado. (15 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/R

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	5,7	6,1	19,7	24,1	1,53	21,9

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,6	12,1	14,0	14,6	18,6	21,3	24,8	25,8	23,0	18,3	14,3	11,5	17,5
<b>Precip. (mm)</b>	23,5	19,3	18,5	25,7	16,6	2,0	1,7	1,0	5,6	15,9	22,5	19,9	172,1
ETP	25,8	27,0	43,5	50,2	85,7	111,2	149,1	150,0	107,4	66,1	37,1	24,5	877,7

**Perfil nº 1.046-41.**

Leptosol réndrico (FAO, 1994); Haploxeroll arídico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.851 – 40.842
<b>Altitud</b>	310 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Media ladera
<b>Vegetación o uso</b>	Tomillar-espartal
<b>Material original</b>	Brecha piroclástica
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 4. Excesivamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 1. Moderadamente pedregoso
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arcillosa
<b>Estructura</b>	Bloques subangulares medianos
<b>Pendiente</b>	Clase 5. Escarpado. (30 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/C1/C2

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	8,2	8,0	21,9	32,0	1,18	13,4

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,6	12,1	14,2	15,2	18,8	21,7	24,9	25,8	23,2	18,7	14,7	11,9	17,7
<b>Precip. (mm)</b>	24,7	19,2	18,8	25,9	17,7	3,6	1,3	1,8	7,7	19,0	24,1	22,0	185,9
<b>ETP</b>	25,2	26,5	48,7	52,8	86,7	113,9	149,4	150,1	108,3	63,1	38,3	25,3	888,3

**Perfil nº 1.046-47.**

Leptosol eútrico (FAO, 1994); Torriothent típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.934 – 40.958
<b>Altitud</b>	50 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Parte baja de ladera
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo de cereales
<b>Material original</b>	Brechas piroclásticas andesíticas
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase1. Moderadamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	De grumosa a bloques subangulares pequeños
<b>Pendiente</b>	Clase 4. Moderadamente escarpado (18 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap	9,5	6,8	16,5	14,0	0,34	8,4

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,8	12,4	15,6	16,7	19,6	23,0	25,0	26,5	23,7	19,6	15,9	12,8	18,5
<b>Precip. (mm)</b>	22,1	14,9	18,4	25,1	18,8	3,6	1,6	1,5	5,7	21,6	22,4	18,0	173,9
ETP	23,6	25,4	49,1	59,3	90,5	125,0	150,3	157,6	111,2	72,3	41,7	26,8	932,8

**Perfil nº 1.046-48.**

Calcisol háplico (FAO, 1994); Haplocalcid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.908 – 40.928
<b>Altitud</b>	140 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Parte media de ladera
<b>Vegetación o uso</b>	Espartal.
<b>Material original</b>	Conglomerados no compactados
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 3. Muy pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 2. Rocoso
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Grumosa media
<b>Pendiente</b>	Clase 4. Moderadamente escarpado (23 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/Ck1/Ck2

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	12,4	7,6	13,5	11,8	1,07	19,9

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,6	12,2	14,8	15,8	19,1	22,3	25,0	26,3	23,4	19,1	15,2	12,3	18,1
<b>Precip. (mm)</b>	23,0	17,0	19,2	26,0	19,0	3,4	1,6	1,5	6,5	21,6	23,7	20,0	182,5
ETP	24,2	25,8	46,1	55,5	38,4	119,1	150,1	154,9	109,4	69,7	39,6	25,7	908,4

**Perfil nº 1.059-1.**

Calcisol pétrico (FAO, 1994); Petrocalcid cálcico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.669 – 40.757
<b>Altitud</b>	60 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Llanura
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo de pitas abandonado
<b>Material original</b>	Glacis (limos rojos con cantos de cuarzo)
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 2. Moderadamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Moderada en bloques subangulares finos y medianos
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Casi llano (1 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/Bw/Bck/Cmk

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap	16,1	2,9	7,8	13,0	0,63	3,4

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,1	12,5	15,1	16,3	19,3	22,4	24,9	26,2	23,6	19,5	15,7	12,8	18,4
<b>Precip. (mm)</b>	25,8	17,8	16,4	23,8	15,7	5,2	0,7	2,7	8,9	16,1	22,3	21,6	177,1
<b>ETP</b>	25,2	26,5	46,6	58,0	88,9	119,4	148,8	153,6	110,9	72,1	41,5	27,4	918,8

**Perfil nº 1.059-3.**

Phaeozem háptico (FAO, 1994); Haploxeroll arídico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.714 – 40.693
<b>Altitud</b>	40 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Pendiente ligeramente convexa
<b>Vegetación o uso</b>	Espartal muy ralo con algunas gramíneas
<b>Material original</b>	Coluvio de rocas volcánicas
<b>Drenaje</b>	Clase 3. Bien drenado lateralmente. Vertical imperfecto
<b>Pedregosidad</b>	Clase 4. Excesivamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Moderada migajosa mediana
<b>Pendiente</b>	Clase 3. Inclinado (12 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah1/Ah2/Bw/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	3,6	11,2	5,8	14,8	1,05	0,0

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,5	12,9	15,9	16,7	19,6	22,7	24,8	26,5	23,8	19,7	16,1	13,2	18,7
<b>Precip. (mm)</b>	23,9	16,0	13,7	21,6	12,2	3,8	0,9	2,0	5,8	8,7	17,7	16,7	143,0
ETP	26,0	27,2	50,0	59,1	89,8	121,3	147,9	157,4	112,0	72,7	42,8	28,2	934,5

**Perfil nº 1.059-5.**

Solonchak gléico (FAO, 1994); Aquisalid cálcico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.687 – 40.710
<b>Altitud</b>	5 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Llanura aluvial
<b>Vegetación o uso</b>	Matorral halófito. Cobertura: 90 %.
<b>Material original</b>	Limos de albufera
<b>Drenaje</b>	Clase 1. Escasamente drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Sin piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Limo-arcillosa
<b>Estructura</b>	Masiva que rompe en bloques angulares grandes
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Llano (0 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/Cg/2Cg/3Cg/4Cmkr/5Ckr/6kr

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	1,6	18,5	20,4	57,1	1,30	1,2

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,4	12,9	15,9	16,9	19,7	22,8	24,9	26,5	23,9	19,9	16,3	13,4	18,8
<b>Precip. (mm)</b>	24,5	15,9	14,1	21,8	13,0	4,5	0,8	2,4	6,9	10,8	18,7	17,9	151,2
<b>ETP</b>	25,6	26,8	50,1	60,5	90,3	122,9	148,1	157,4	112,5	73,7	43,4	28,5	940,1

**Perfil nº 1.059-6.**

Luvisol cálcico (FAO, 1994); Paleargid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.723 – 40.648
<b>Altitud</b>	30 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Ladera algo convexa
<b>Vegetación o uso</b>	Espartal con algunos palmitos
<b>Material original</b>	Andesita
<b>Drenaje</b>	Clase 3. Moderadamente bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 3. Muy pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 1. Moderadamente rocoso
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arcillo-arenosa
<b>Estructura</b>	Granular gruesa
<b>Pendiente</b>	Clase 4. Moderadamente escarpado (15 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/Bt/BCK/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	7,8	10,5	8,2	21,2	1,35	0,0

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,7	13,1	16,2	16,8	19,7	22,8	24,8	26,5	23,9	19,8	16,4	13,4	18,8
<b>Precip. (mm)</b>	23,2	15,2	12,3	20,4	10,3	3,2	1,0	1,7	4,4	4,8	15,4	14,5	126,5
ETP	26,6	27,6	51,7	59,5	90,2	122,1	147,3	157,4	112,6	73,0	43,5	28,7	940,0

**Perfil nº 1.059-7.**

Calcisol pétrico (FAO, 1994); Petrocalcid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.686 – 40.741
<b>Altitud</b>	17 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Llanura
<b>Vegetación o uso</b>	Matorral termófilo
<b>Material original</b>	Cuaternario reciente
<b>Drenaje</b>	Clase 5. Excesivamente drenado lateralmente.
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Muy pocas piedras superficiales
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 3. Afloramientos de conglomerado
<b>Textura (Ah)</b>	Arenosa
<b>Estructura</b>	Sin estructura, suelto.
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Casi llano (1 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	A/2Cmk

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
A	6,2	4,1	4,5	8,7	1,06	1,5

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,3	12,7	15,6	16,8	19,6	22,7	24,9	26,5	23,8	19,8	16,1	13,2	18,7
<b>Precip. (mm)</b>	25,0	16,5	15,2	22,7	14,4	4,9	0,7	2,6	7,8	13,5	20,3	19,5	163,1
<b>ETP</b>	25,3	26,6	48,8	59,9	90,0	122,2	148,5	157,0	112,0	73,4	42,8	28,1	934,6

**Perfil nº 1.059-8.**

Arenosol háplico (FAO, 1994); Torripsamment xérico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.668 – 40.726
<b>Altitud</b>	6 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Llanura
<b>Vegetación o uso</b>	Xerofítica con especies como enonix, albardin, etc
<b>Material original</b>	Arenas (dunas)
<b>Drenaje</b>	Clase 5. Algo excesivamente drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Sin piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Arenosa
<b>Estructura</b>	Sin estructura, suelto.
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Casi llano (1 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	A/C1/C2

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
A	1,6	0,1	0,2	8,3	1,10	9,1

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,3	12,8	15,7	16,9	19,6	22,8	24,9	26,5	23,8	19,9	16,2	13,3	18,7
<b>Precip. (mm)</b>	25,1	16,4	14,7	22,4	13,9	5,0	0,7	2,6	7,8	12,6	19,9	19,2	160,2
ETP	25,4	26,7	49,2	60,3	90,1	122,6	148,4	157,4	112,3	73,7	43,1	28,4	937,6

**Perfil nº 1.059-9.**

Calcisol pétrico (FAO, 1994); Petrocalcid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.686 – 40.725
<b>Altitud</b>	9 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Llanura
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo abandonado
<b>Material original</b>	Conglomerado y arenas
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 1. Moderadamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arcillo-arenosa
<b>Estructura</b>	Bloques subangulares medianos y gruesos
<b>Pendiente</b>	Clase 1.Llano (0 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	A/Bw/Cmk/2C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
A	5,7	3,8	4,9	28,8	1,73	6,5

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,4	12,8	15,8	16,9	19,6	22,8	24,9	26,5	23,8	19,9	16,2	13,3	18,7
<b>Precip. (mm)</b>	24,7	16,2	14,6	22,2	13,6	4,7	0,8	2,5	7,2	12,0	19,4	18,5	156,3
ETP	25,5	26,7	49,6	60,3	90,2	122,7	148,3	157,4	112,3	73,6	43,2	28,4	938,2

**Perfil nº 1.060-1.**

Calcisol pétrico (FAO, 1994); Petrocalcid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.837 – 40.747
<b>Altitud</b>	40 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Abanico aluvial
<b>Vegetación o uso</b>	Termófila de baja cobertura
<b>Material original</b>	Coluvios dacíticos
<b>Drenaje</b>	Clase 3. Moderadamente bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Sin piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arcillosa
<b>Estructura</b>	Sin estructura, suelta.
<b>Pendiente</b>	Clase 2. Suavemente inclinado (5 %).
<b>Secuencia de horizontes</b>	A/Bw/Bck/Cmk

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
A	8,2	12,3	21,1	33,5	0,59	3,0

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,5	12,9	16,2	16,8	19,7	22,9	24,9	26,5	23,8	19,6	16,3	13,3	18,8
<b>Precip. (mm)</b>	22,1	14,6	13,9	21,6	12,6	2,8	1,4	1,3	3,8	9,0	16,6	14,2	133,9
<b>ETP</b>	25,7	26,9	51,6	59,5	90,5	123,5	148,2	157,5	112,2	72,6	43,1	28,1	939,4

**Perfil nº 1.060-2.**

Calcisol háplico (FAO, 1994); Haplocalcid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.768 – 40.749
<b>Altitud</b>	115 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Glacis
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo abandonado. Vegetación xerofítica
<b>Material original</b>	Glacis
<b>Drenaje</b>	Clase 3. Lateral bueno, vertical imperfecto
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Muy pocas piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Arenosa-franca
<b>Estructura</b>	Sin estructura, suelto.
<b>Pendiente</b>	Clase 2. Suavemente inclinado (4 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap1/Ap2/Bw/Bck

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap1	6,2	2,3	3,9	11,1	0,62	3,5

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,2	12,6	15,3	16,0	19,2	22,2	24,8	26,3	23,5	19,2	15,5	12,7	18,3
<b>Precip. (mm)</b>	23,8	17,0	15,5	23,1	14,0	3,2	1,2	1,7	5,8	11,8	19,6	17,9	154,7
ETP	25,8	27,0	47,7	56,1	88,4	118,0	148,4	155,7	110,4	70,5	40,8	26,9	915,8

**Perfil nº 1.060-3.**

Leptosol réndrico (FAO, 1994); Haploxeroll torriorthéntico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.802 – 40.708
<b>Altitud</b>	60 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Pie de monte
<b>Vegetación o uso</b>	Tomillar de degradación
<b>Material original</b>	Brechas y andesitas piroxénicas
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 1. Moderadamente pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Migajosa con tendencia subangular
<b>Pendiente</b>	Clase 2. Suavemente inclinado (6 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	2,8	7,5	12,1	26,4	1,38	2,9

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,5	13,0	16,0	16,6	19,6	22,7	24,8	26,5	23,8	19,6	16,1	13,2	18,7
<b>Precip. (mm)</b>	22,5	15,1	13,4	21,3	11,7	2,7	1,3	1,3	3,8	7,2	16,2	14,3	130,8
ETP	26,8	27,3	51,1	58,5	89,9	121,7	147,8	157,4	111,9	72,0	42,7	28,0	934,6

**Perfil nº 1.060-4.**

Calcisol lúvico (FAO, 1994); Haplocalcid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.781 – 40.717
<b>Altitud</b>	155 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Vaguada
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo abandonado
<b>Material original</b>	Andesitas piroxénicas
<b>Drenaje</b>	Clase 2. Imperfectamente drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Sin piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Arcillosa
<b>Estructura</b>	Moderada en bloques subangulares medianos y gruesos
<b>Pendiente</b>	Clase 3. Inclinado (7 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/Bt/Bck/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	4,6	5,3	11,1	62,1	1,36	0,0

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,2	12,6	15,2	15,7	19,1	22,0	24,8	26,3	23,5	19,0	15,3	12,5	18,2
<b>Precip. (mm)</b>	23,3	17,3	14,9	22,7	12,9	2,4	1,4	1,3	4,7	9,1	18,4	16,4	145,2
ETP	26,4	27,4	47,6	54,5	87,8	116,0	148,0	155,3	109,9	69,3	40,2	26,6	909,1

**Perfil nº 1.060-5.**

Phaeozem háplico (FAO, 1994); Haploxeroll arídico. (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.861 – 40.768
<b>Altitud</b>	70 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Ladera
<b>Vegetación o uso</b>	Xerofítica
<b>Material original</b>	Andesita
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 3. Muy pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 1. Moderadamente rocoso
<b>Textura (Ah)</b>	Areno-limosa
<b>Estructura</b>	Migajosa muy fina
<b>Pendiente</b>	Clase 4. Moderadamente escarpado (20 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	9,1	4,3	3,1	18,3	1,70	0,6

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,4	12,8	16,0	16,5	19,6	22,7	24,6	26,5	23,7	19,6	16,0	13,1	18,6
<b>Precip. (mm)</b>	22,0	14,9	14,6	22,2	13,2	2,5	1,5	1,2	3,7	0,1	17,3	14,6	137,7
ETP	25,6	26,9	50,8	58,3	89,9	122,2	148,4	157,5	111,6	71,1	42,3	27,6	932,6

**Perfil nº 1.060-6.**

Vertisol cálcico (FAO, 1994); Calcitorrert crómico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.838 – 40.730
<b>Altitud</b>	10 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Pendiente muy suave
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo abandonado
<b>Material original</b>	Margas
<b>Drenaje</b>	Clase 2. Imperfectamente drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 0. Escasas piedras
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Arcillo-arenosa
<b>Estructura</b>	Granular en superficie y en bloques angulares gruesos en profundidad.
<b>Pendiente</b>	Clase 1. Casi llano (1 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/AC/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap	10,5	3,4	4,5	38,6	1,6	2,4

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,6	13,1	16,5	17,1	19,8	23,1	24,9	26,5	23,9	20,0	16,5	13,5	19,0
<b>Precip. (mm)</b>	21,8	13,8	13,1	20,9	11,8	2,8	1,3	1,3	3,3	7,5	15,5	13,1	126,2
ETP	25,7	27,0	53,0	60,8	91,2	125,4	148,0	157,5	113,0	73,6	44,0	28,6	947,8

**Perfil nº 1.060-7.**

Kastanozem cálcico (FAO, 1994); Calcixeroll arídico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.792 – 40.687
<b>Altitud</b>	80 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Ladera
<b>Vegetación o uso</b>	Xerofítica
<b>Material original</b>	Andesita
<b>Drenaje</b>	Clase 4. Bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 2. Pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 1. Moderadamente rocoso
<b>Textura (Ah)</b>	Franco-arenosa
<b>Estructura</b>	Migajosa gruesa
<b>Pendiente</b>	Clase 3. Inclinado (10 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ah/ACk/C/R

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ah	2,8	7,5	12,1	26,4	1,17	2,9

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	12,3	12,7	15,6	16,8	19,6	22,7	24,9	26,5	23,8	19,8	16,1	13,2	18,7
<b>Precip. (mm)</b>	25,0	16,5	15,2	22,7	14,4	4,9	0,7	2,6	7,8	13,5	20,3	19,5	163,1
ETP	25,3	26,6	48,8	59,9	90,0	122,2	148,5	157,0	112,0	73,4	42,8	28,1	934,6

**Perfil nº 1.060-30.**

Luvisol crómico (FAO, 1994); Paleargid típico (USDA, 1997).

Características macromorfológicas:

<b>Coordenadas UTM</b>	5.811 –40.776
<b>Altitud</b>	173 m
<b>Posición fisiográfica</b>	Parte baja de ladera
<b>Vegetación o uso</b>	Cultivo esporádico de cereales
<b>Material original</b>	Coluvios dacíticos
<b>Drenaje</b>	Clase 3. Moderadamente bien drenado
<b>Pedregosidad</b>	Clase 2. Pedregoso
<b>Afloramientos rocosos</b>	Clase 0. Ninguno
<b>Textura (Ah)</b>	Arcillosa
<b>Estructura</b>	Granular muy fina
<b>Pendiente</b>	Clase 4. Moderadamente escarpado (15 %)
<b>Secuencia de horizontes</b>	Ap/Bt/C

Datos analíticos:

	<b>Arena fina (%)</b>	<b>Limo grueso (%)</b>	<b>Limo fino (%)</b>	<b>Arcilla (%)</b>	<b>C.O. (%)</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
Ap	0,4	5,6	9,5	42,8	0,82	0,0

Perfil climático:

<b>Meses</b>	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
<b>Temp. (Cº)</b>	11,8	12,3	14,4	14,9	18,7	21,5	24,8	25,9	23,2	18,5	14,6	11,8	17,7
<b>Precip. (mm)</b>	23,7	18,9	17,2	24,7	15,2	2,2	1,5	1,2	5,5	13,3	21,2	19,1	163,7
ETP	26,1	27,2	44,6	51,4	86,2	112,2	148,6	151,1	108,1	67,0	38,0	25,2	885,8

### E.2.3. Actualización de Tipologías de Suelos.

En las siguientes Tablas E.4 y E. 5 se muestra la adaptación de esta nomenclatura a la nueva clasificación dada por FAO (2010) y USDA (2012).

PERFIL	F.A.O. (1967)	F.A.O. (1994)	F.A.O. (2007)
1.031-21		Phaeozem háplico	Phaeozem háplico
<b>1.031-22.</b>		<b>Cambisol crómico</b>	<b>Cambisol hórtico</b>
1.031-59		Leptosol eútrico	Leptosol háplico
1.045-20	Rendsina	Leptosol réndsico	Leptosol réndsico
1.046-2	Fluvisol Calcárico	Fluvisol calcárico	Fluvisol cálcico
<b>1.046-4</b>	<b>Xerosol háplico</b>	<b>Cambisol calcárico</b>	<b>Cambisol háplico</b>
1.046-5	Xerosolcálcico	Calcisol pétrico	Calcisol pétrico
1.046-6	Rendsina	Leptosol réndsico	Leptosol réndsico
1.046-8	Fluvisol Calcárico	Fluvisol calcárico	Fluvisol cálcico
<b>1.046-10</b>	<b>Regosol Calcárico</b>	<b>Leptosol eútrico</b>	<b>Leptosol háplico</b>
<b>1.046-11</b>	<b>Regosol Litosólico/Calcárico</b>	<b>Leptosol eútrico</b>	<b>Leptosol háplico</b>
1.046-12	Xerosol lúvico	Luvisol cálcico	Luvisol cálcico
<b>1.046-13</b>	<b>Xerosol cálcico</b>	<b>Cambisol calcárico</b>	<b>Cambisol háplico</b>
<b>1.046-15</b>	<b>Regosol Calcárico</b>	<b>Regosol calcárico</b>	<b>Regosol háplico</b>
1.046-17	Fluvisol Calcárico	Fluvisol calcárico	Fluvisol cálcico
1.046-18	Xerosol cálcico	Calcisol háplico	Calcisol háplico
1.046-35		Leptosol móllico	Leptosol móllico
1.046-41		Leptosol réndsico	Leptosol réndsico
1.046-47		Leptosol eútrico	Leptosol háplico
1.046-48		Calcisol háplico	Calcisol háplico
1.059-1	Xerosol cálcico	Calcisol pétrico	Calcisol pétrico
1.059-3	Phaeozem háplico	Phaeozem háplico	Phaeozem háplico
1.059-5	Solonchak gléico	Solonchak gléico	Solonchak gléico
1.059-6	Xerosol lúvico	Luvisol cálcico	Luvisol cálcico
1.059-7	Xerosol cálcico	Calcisol pétrico	Calcisol pétrico
1.059-8	Arenosol álbico	Arenosol háplico	Arenosol háplico
1.059-9	Xerosol cálcico	Calcisol pétrico	Calcisol pétrico

1.060-1	Xerosol cálcico	Calcisol pétrico	Calcisol pétrico
1.060-2	Xerosol cálcico	Calcisol háplico	Calcisol háplico
1.060-3	Rendsina	Leptosol réndsico	Leptosol réndsico
1.060-4	Xerosol lúvico	Calcisol lúvico	Calcisol lúvico
1.060-5		Phaeozem háplico	Phaeozem háplico
1.060-6	Vertisol crómico	Vertisol cálcico	Vertisol cálcico
1.060-7	Kastanozem cálcico	Kastanozemcálcico	Kastanozem cálcico
<b>1.060-30</b>		<b>Luvisol crómico</b>	<b>Luvisol cutánico</b>

\* En negrita representados los perfiles cuyos suelos han modificado su denominación.

Tabla E.4: Actualización de FAO(1967, 1994,2007).

PERFIL	USDA (1975)	USDA(1997)	KEY TO SOIL TAXONOMY (2012)
1.031-21	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico
<b>1.031-22.</b>		<b>Xerochrepts típico</b>	<b>Haploxerept típico</b>
1.031-59	Torriorthent típico	Torriorthent típico	Torriorthent típico
1.045-20	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico
1.046-2	Torrifluent típico	Torrifluent típico	Torrifluent típico
1.046-4	Camborthid típico	Haplacambid típico	Haplocambid típico
1.046-5	Paleorthid típico	Petrocalcid típico	Petrocalcid típico
1.046-6	Haploxeroll torriorthéntico	Haploxeroll torriorthéntico	Haploxeroll torriorthéntico
1.046-8	Torrifluent vértico	Torrifluent vértico	Torrifluent vértico
1.046-10	Torrifluent típico	Torrifluent típico	Torrifluent típico
1.046-11	Torriorthent típico	Torriorthent típico	Torriorthent típico
1.046-12	Paleargid típico	Paleargid típico	Paleargid típico
1.046-13	Calciorthid típico	Haplocalcid típico	Haplocalcid típico
1.046-15	Torriorthent típico	Torriorthent típico	Torriorthent típico
1.046-17	Torrifluent típico	Torrifluent típico	Torrifluent típico
1.046-18	Calciorthid típico	Haplocalcid típico	Haplocalcid típico
1.046-35	Haploxeroll lítico	Haploxeroll lítico	Haploxeroll lítico
1.046-41	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico
1.046-47	Torriorthent típico	Torriorthent típico	Torriorthent típico

1.046-48	Calciorthid típico	Haplocalcid típico	Haplocalcid típico
1.059-1	Paleorthid xerólico	Petrocalcid cálcico	Petrocalcid cálcico
1.059-3	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico
1.059-5	Salorthid acuólico	Aquisalid cálcico	Aquisalid cálcico
1.059-6	Paleargid xerólico	Paleargid típico	Paleargid típico
1.059-7	Paleargid xerólico	Paleargid típico	Paleargid típico
1.059-8	Torripsamment xérico	Torripsamment xérico	Torripsamment xérico
1.059-9	Paleorthid xerólico	Petrocalcid típico	Petrocalcid típico
1.060-1	Paleorthid típico	Petrocalcid típico	Petrocalcid típico
1.060-2	Camborthid xerólico	Haplocalcid típico	Haplocalcid típico
1.060-3	Haploxeroll torriorthéntico	Haploxeroll torriorthéntico	Haploxeroll torriorthéntico
1.060-4	Paleargid xerólico	Haplocalcid típico	Haplocalcid típico
1.060-5	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico	Haploxeroll arídico
1.060-6	Torrert móllico	Calcitorrert crómico	Calcitorrert crómico
1.060-7	Calcixeroll arídico	Calcixeroll arídico	Calcixeroll arídico
1.060-30	Paleargid típico	Paleargid típico	Paleargid típico

\* En negrita representados los perfiles cuyos suelos han modificado su denominación.

Tabla E.5: Actualización de USDA(1975, 1997,2012).

### **E. 3. Unidades cartográficas.**

En el mapa de unidades de suelos (Mapa nº 3, Anexo II) se han representado las unidades cartográficas de suelos comprendidas dentro del Parque Natural. Para la realización de este mapa nos hemos basado en un mapa topográfico del Parque Natural realizado por el Instituto de Cartografía de Andalucía (1995), a escala 1:50.000; y cinco mapas de unidades de suelos pertenecientes a las Hojas 1.031 (Sorbas), 1.045 (Almería), 1.046 (Carboneras), 1.059 (El Cabo de Gata) y 1.060 (El Pozo de Los Frailes), a escala 1:100.000, que han sido adaptados a la nueva escala (1:50.000). Los suelos representados en estos cinco mapas contemplan la clasificación de FAO (1967). En la leyenda del Mapa nº 3 hemos actualizado los nombres según la clasificación de FAO (2010).

#### **E. 4. Evaluación de la Erosión Hídrica.**

Para poder evaluar el riesgo de la erosión hídrica de los suelos que comprenden el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar se han llevado a la práctica las dos metodologías propuestas mediante las cuales se obtiene una denominación específica para cada uno de los rangos de degradación, si bien, hemos introducido algunas innovaciones a la hora de establecer las clases de erosión que afectan al Parque. De esta manera hemos distinguido entre los casos en que no aparece ninguna erosión y erosión baja, quedando la clasificación para el primer método aplicado, como sigue:

Riesgo de Erosión	Pérdidas ( $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ )	Pérdidas ( $mm \cdot año^{-1}$ )
Ninguna o ligera	< 10	<0,6
Moderada	10-50	0,6-3,3
Alta	50-200	3,3-13,3
Muy Alta	> 200	>13,3

Tabla E.6: Riesgo de Erosión (FAO, 1980).

##### **E. 4. 1. Evaluación de la Erosión Hídrica mediante la USLE.**

Para evaluar el riesgo de erosión hídrica, expresado como la pérdida de masa de suelo (A) por hectárea y año ( $t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ ), hemos partido de los datos climáticos (precipitación), edáficos (limos, arcilla, arena fina y materia orgánica) y topográficos (pendiente) de los 35 perfiles que se han elegido como suelos modales del área de estudio.

Se han obtenido cada uno de los factores según la metodología explicada en el capítulo anterior para cada uno de los 35 perfiles de los que se disponía para el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar. Una vez obtenido todos los factores, se ha calculado el valor de pérdida de suelo para cada perfil del terreno y se ha establecido el riesgo de erosión según (FAO, PNUMA y UNESCO, 1980) con ayuda de la tabla E.6.

A saber, para el factor de erosividad de las precipitaciones (R) medido en  $hJ \cdot m^{-2} \cdot cm^{-1} \cdot h^{-1} \cdot año^{-1}$ , se han obtenido valores muy dispares que oscilan entre (15,8 y 94,1). Obteniéndose el valor mínimo en la zona de Los Escullos y el valor máximo en las estribaciones sur de Sierra Cabrera, al norte del municipio de Carboneras. Los resultados obtenidos pueden verse en la tabla Nº1 del Anexo I.

Para el factor de erosionabilidad del suelo (K) medido este en  $t \cdot ha^{-1} \cdot m^2 \cdot hora \cdot hJ^{-1} \cdot cm^{-1}$ , se han obtenido valores que oscilan entre los 0,09 - obtenido en la zona de San José para un suelo de estructura migajosa fina y de textura franco arenosa- y los 0,49 – obtenidos en la zona entre Fernán Pérez y Agua Amarga para un suelo de estructura migajosa mediana con una textura franco-areno-arcillosa. El desglose de resultados puede verse en la tabla Nº2 del Anexo I.

El factor correspondiente a la topografía del terreno (LS), obtenido según la metodología expuesta en el capítulo de material y métodos ha devuelto unos resultados que varían desde los 79 obtenidos en la zona de acantilados de Sierra Cabrera al norte de Carboneras y un valor de 0,1 obtenidos en diferentes puntos del parque como la Rambla del Plomo, la ribera del río Alías o la rambla del Granadillo en Rodalquilar. El valor medio obtenido para la zona del Parque es de 11,26. Los resultados obtenidos para cada perfil se adjuntan en la tabla Nº3 del Anexo I.

Hemos obtenido para el factor adimensional correspondiente al cultivo y manejo del suelo (C) unos valores entre (0,13 y 0,55). Con valores máximos asociados a zonas de cultivo de secano en el entorno de la Cañada de Marucha cerca del Fernán-Pérez y valores mínimos relacionados con áreas de vegetación xerofítica junto al núcleo de San José o áreas de matorral de porte medio en las estribaciones de Sierra Cabrera. El valor medio de los valores obtenidos para el Parque es de 0.22. Los valores obtenidos para cada uno de los perfiles puede verse en la tabla Nº4 del Anexo I.

Por último para el factor (P) de prácticas de conservación se han obtenido los valores reflejados en la tabla Nº5 del Anexo I, observando valores de reducción de la erosión muy importantes en los perfiles 2, 8 y 18 de la hoja de Carboneras, debido a la creación de terrazas en estas ubicaciones.

Por lo que operando según la ecuación de la USLE, se ha obtenido la siguiente estimación de pérdida de suelo y el consiguiente riesgo de erosión (Tabla E.7):

Perfi	Ri	K	LS	c	P	A(t·ha <sup>-1</sup> ·año <sup>-1</sup> )	Riesgo
nº 1.031-21	78.08	0.24	79	0.13	-	192.70	Alto/Muy Alto
nº 1.031-22	94.06	0.26	52	0.13	-	167.69	Alto
nº 1.031-59	52.01	0.30	32	0.2	-	100.67	Alto
nº 1.045-20	40.40	0.36	0.6	0.17	-	1.50	Ligero
nº 1.046-2	21.68	0.19	0.1	0.52	0.12	0.03	Ninguno
nº 1.046-4	34.32	0.32	7	0.2	-	15.50	Moderado
nº 1.046-5	39.61	0.37	0.5	0.16	-	1.18	Ligero
nº 1.046-6	30.83	0.25	3	0.16	-	3.71	Ligero
nº 1.046-8	33.18	0.34	0.1	0.22	0.18	0.05	Ninguno
nº 1.046-10	26.94	0.20	1	0.2	-	1.10	Ligero
nº 1.046-11	32.96	0.41	0.3	0.2	-	0.81	Ninguno
nº 1.046-12	27.58	0.26	1	0.2	-	1.43	Ligero
nº 1.046-13	32.80	0.49	2	0.2	-	6.40	Ligero
nº 1.046-15	29.39	0.28	1	0.2	-	1.63	Ligero
nº 1.046-17	17.84	0.24	0.1	0.55	-	0.23	Ninguno
nº 1.046-18	30.36	0.35	2	0.55	0.1	1.18	Ligero
nº 1.046-35	30.55	0.22	24	0.24	-	39.11	Moderado
nº 1.046-41	33.18	0.33	52	0.16	-	90.08	Alto
nº 1.046-47	29.47	0.32	27	0.24	-	60.60	Alto
nº 1.046-48	32.48	0.26	19	0.17	-	27.16	Moderado
nº 1.059-1	28.81	0.26	0.3	0.24	-	0.53	Ninguno
nº 1.059-3	20.03	0.15	6	0.17	-	3.02	Ligero
nº 1.059-5	21.50	0.28	0.2	0.14	-	0.17	Ninguno
nº 1.059-6	16.77	0.24	6	0.17	-	4.17	Ligero
nº 1.059-7	24.59	0.12	0.3	0.2	-	0.18	Ninguno
nº 1.059-8	23.81	0.03	0.2	0.16	-	0.02	Ninguno
nº 1.059-9	22.78	0.15	0.2	0.24	-	0.16	Ninguno
nº 1.060-1	17.77	0.37	2	0.2	-	2.60	Ligero
nº 1.060-2	23.56	0.11	1	0.24	-	0.61	Ninguno
nº 1.060-3	17.60	0.17	2	0.17	-	1.04	Ligero
nº 1.060-4	21.76	0.23	3	0.24	-	3.65	Ligero
nº 1.060-5	16.84	0.12	18	0.13	-	4.84	Ligero
nº 1.060-6	15.83	0.19	0.2	0.24	-	0.15	Ninguno
nº 1.060-7	24.59	0.09	3	0.13	-	0.90	Ninguno
nº 1.060-30	27.66	0.12	48	0.2	-	31.81	Moderado

Tabla E.7: Resultados obtenidos por el método USLE.

En 12 de los 35 perfiles se han obtenido valores de pérdida de suelo anual inferiores a la unidad, lo que supone un 34,3% de los perfiles que no presentan riesgo de Erosión Hídrica. Por otra parte 14 de 35, un 40% de los perfiles, presenta un riesgo de erosión ligera frente a 4, un 11,4%, que presenta riesgo moderado y 5, un 14,3%, que presenta un riesgo alto de erosión hídrica.

Considerando los valores obtenidos, la previsión total de pérdida de suelo por erosión hídrica en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar es de  $766,59 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ . Con un valor promedio por perfil de  $21,9 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ .

Una vez obtenidos estos resultados se ha procedido a realizar la superposición de mapas monotemáticos (Localización y Unidades de Suelos) y se ha elaborado un mapa de Erosión Hídrica del Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, a escala 1:50.000, en el que se representa la distribución espacial de las áreas afectadas por diferentes tipos de degradación. (Mapa nº 4, Anexo II).

#### **E.4.2. Construcción del modelo digital para el cálculo de la erosión hídrica del Parque Natural Cabo de Gata - Níjar.**

En la primera etapa de esta segunda metodología, se ha obtenido un mapa a escala 1:250.000 y resolución de  $75\times 75\text{m}/\text{pixel}$ , con la distribución de riesgo de erosión hídrica en función de las pérdidas de suelo por hectárea y año (Mapa nº5, Anexo II).

Como se observa en este plano, el riesgo de erosión es en su mayoría bajo, con pérdidas de suelo por debajo de  $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ . Apareciendo manchas puntales de erosión moderada (entre  $12$  y  $50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ ) en la zona sur de la Sierra de Gata, más concretamente en la zona de San Francisco entre el Cerro de En medio (254m) y el Cerro del Bujo (374m), en este área aparecen muy esporádicamente riesgos altos de erosión y en puntos muy localizados

y por tanto excepcionales riesgos muy altos de erosión.

Seguimos encontrando erosión moderada en la zona de la Rellana al norte de Las Salinas, en la zona del Cerro del Barronal (184m), junto al Fondeadero de Genoveses y hacia el interior en la zona de las Minas de la Venencia (entorno a los 330m). Más al norte, en las laderas que vierten a la Rambla de los Frailes, entre San José y la pedanía de El Pozo de los Frailes. Más al norte, vuelve a aparecer riesgo de erosión moderado en las estribaciones del asentamiento de Rodalquilar, apareciendo riesgo de erosión alto y muy alto en torno al Cerro del Romeral (193m) próximo a Punta de la Polacra. E igualmente en la zona de Cerro Redondo (342m) entre Rodalquilar y los Albaricoques.

Seguimos subiendo hacia el Norte y aparece, de nuevo riesgo de erosión media con erosión alta muy puntual en la zona de El Collado junto a Fernán Pérez. Al igual que en la Majada de las Vacas y en la zona de San Pedro al norte de Las Negras.

Es significativo el grado de erosión de moderado a alto, situado de forma muy localizada en el frente costero entre la Rambla del Plomo y el asentamiento de Agua Amarga. Aparecen también de forma dispersa manchas de erosión moderada en torno a la vaguada de Los Albacetes, en el Cerro del Caballón (285m), los Pedregales (176m) y al norte de La Mesa Roldán (205m).

Llegamos así a la zona donde aparece un mayor riesgo de erosión, al norte del municipio de Carboneras, en las estribaciones de la Sierra Cabrera. Las zonas donde aparece un riesgo de erosión muy alto se corresponden con la zona de los picos de La Serrata (564m) y el Cerro de la Lancha de Carboneros (478m) que vierten al Barranco de la Serrata y a la Rambla del Saltador. En general en toda esta zona al norte del Río Alías aparece un riesgo de erosión alto, sin duda, debido a la topografía del lugar de laderas mayores y pendientes más elevadas.

Durante el procedimiento seguido se han obtenido, según la metodología descrita en capítulos anteriores, los siguientes valores para cada uno de los factores:

El factor (K) de erosionabilidad del suelo presenta la siguiente distribución de valores según los tipos de suelo. Con valores mínimos de 0,03 para suelos tipo Arenosol y máximos de 0.49 para suelos de tipo Cambisol. Excepcionalmente se han dado valores de 1 para suelos no

descritos, fundamentalmente arenas de playa y ramblas.

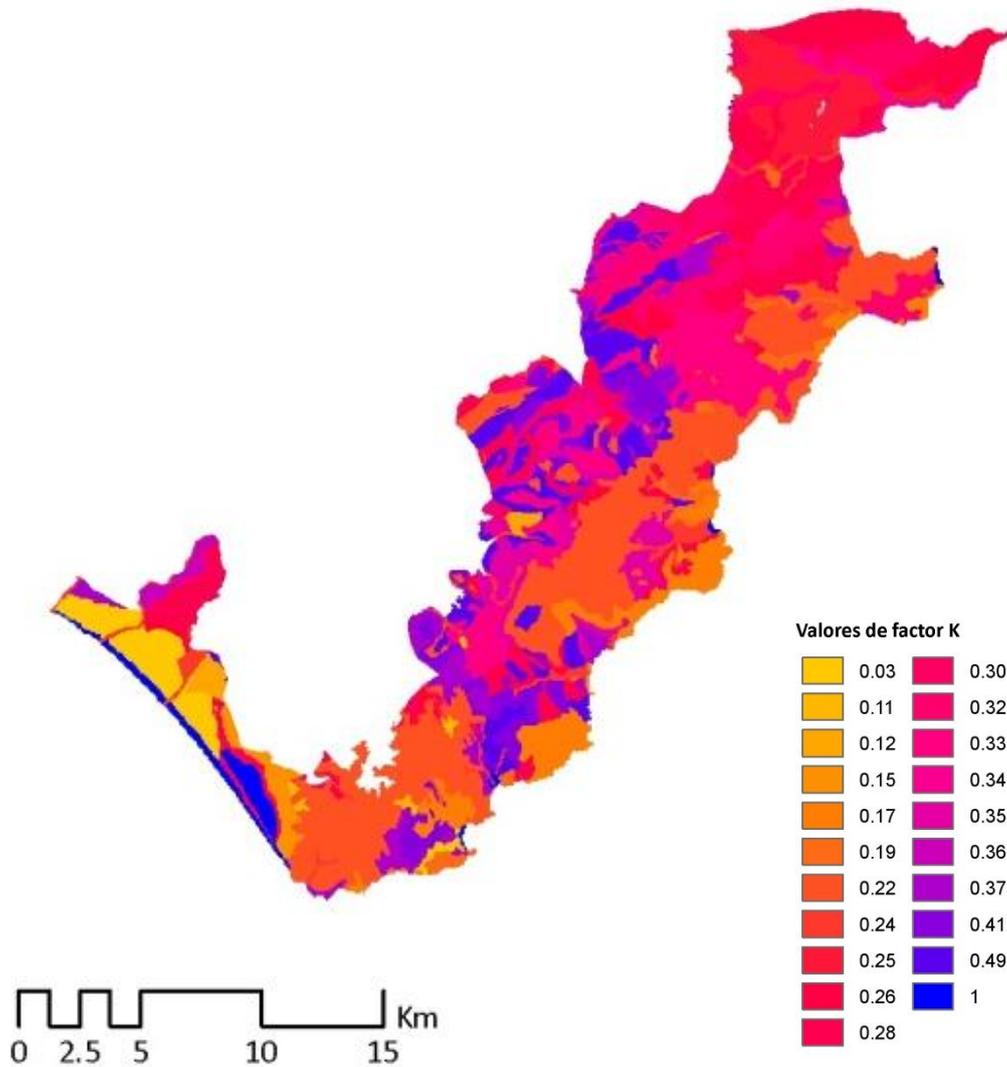


Figura E.1: distribución y valores del factor K

El factor C de cubierta vegetal determinado presenta la distribución descrita en la figura nº2, con valores máximos de 0,80 para zonas de cultivo herbáceos de secano, pastizales, matorral sobre duna, etc. Y valores mínimos de 0.001 para zonas de espartal y pastizal denso con tomillar, bolinar y lentiscar, y para zonas arbóreas de eucaliptos. El valor del factor igual a cero, no es un valor válido y no aparece en el mapa de distribución.

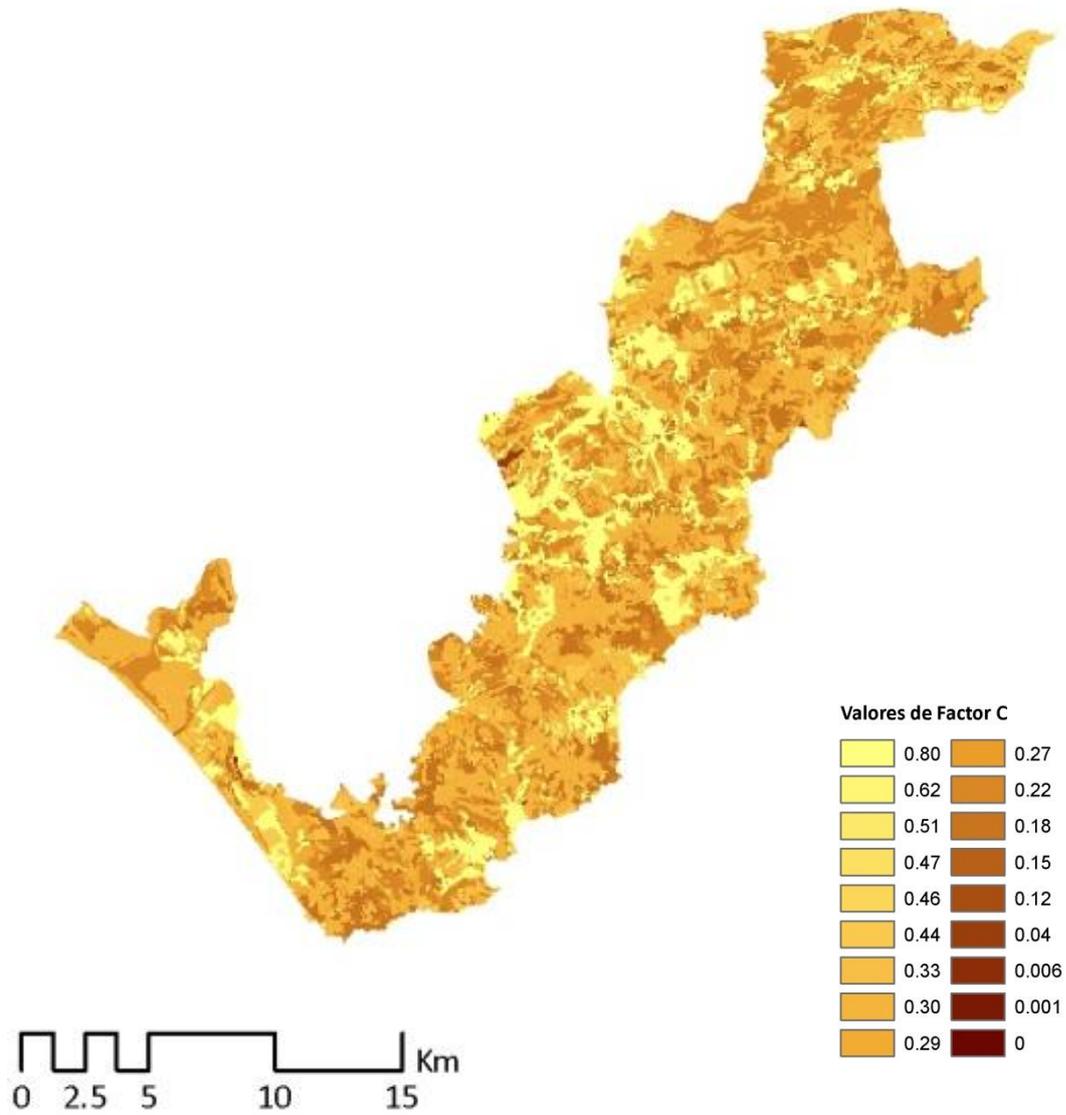


Figura E.2: Distribución y valores de factor C.

El factor P está distribuido como se observa en la figura nº3. Atendiendo a la formación de terrazas de cultivo, que se localizan fundamentalmente en las laderas próximas a los núcleos de población. Se le ha dado un valor máximo de 1 a las zonas donde no aparecen

estas técnicas de conservación del suelo. Y el resto de valores han sido distribuidos en función de la pendiente.

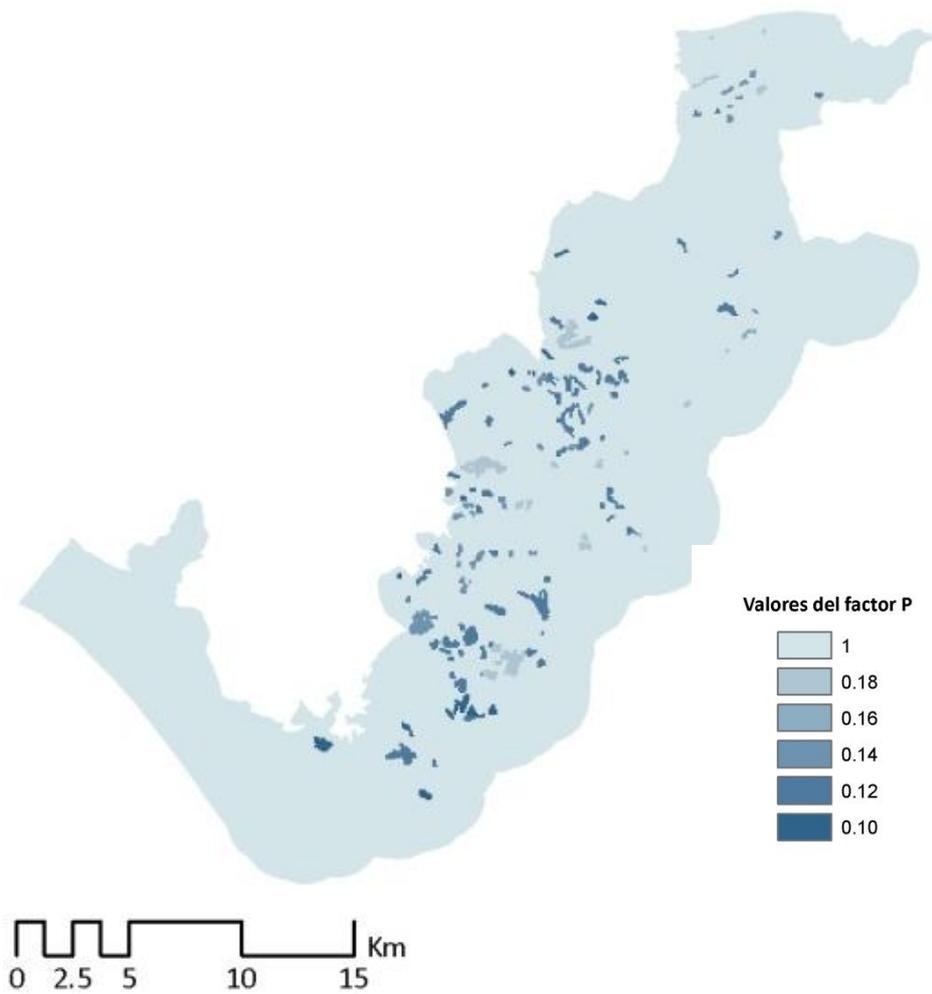


Figura E.3: Distribución y valores del factor P.

El factor R, de erosividad de la lluvia, tiene una distribución más homogénea debido a la disponibilidad de los datos. En este caso se han distinguido dos áreas con unos valores de R de 25 y 50 respectivamente, según las precipitaciones de cada área.

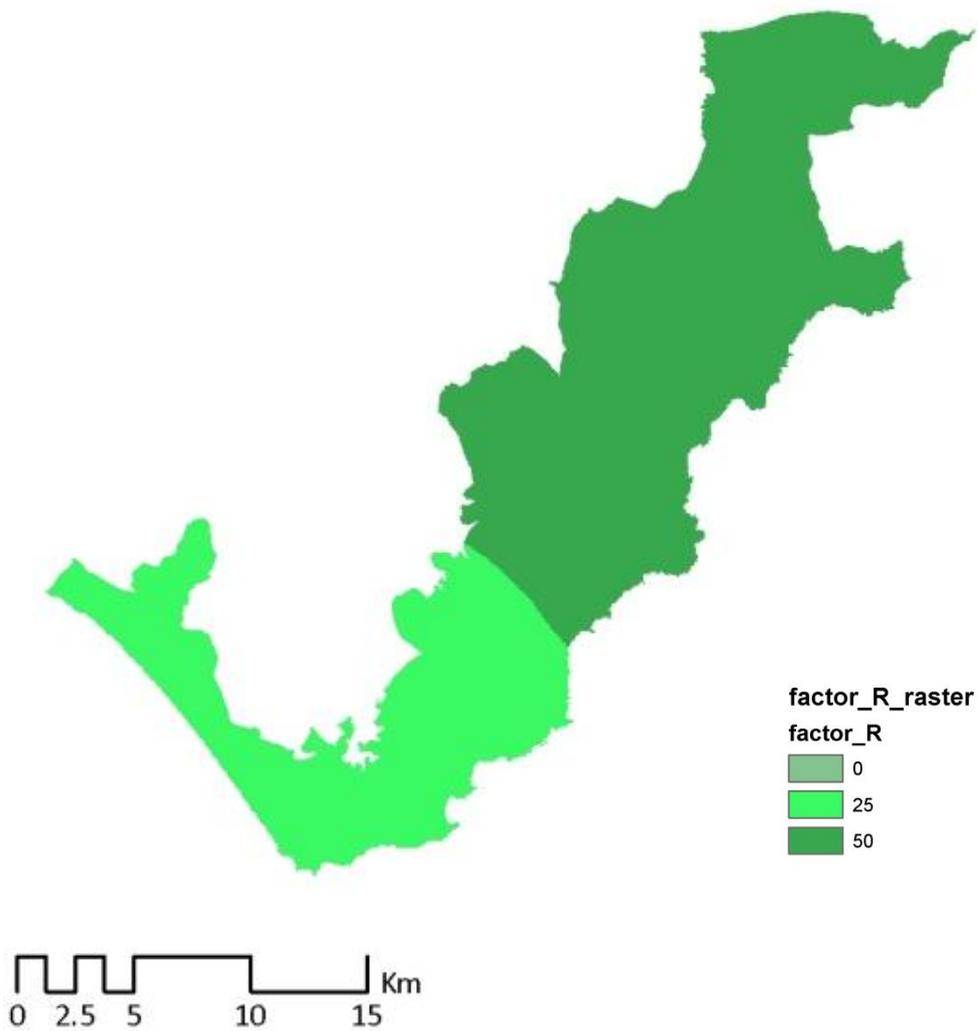


Figura E.4: Distribución y valores del factor R.

El factor topográfico LS se ha calculado según el método descrito en el capítulo anterior. Y se han obtenido los siguientes resultados para el modelo de elevación del terreno de 75x75m (DEM75).

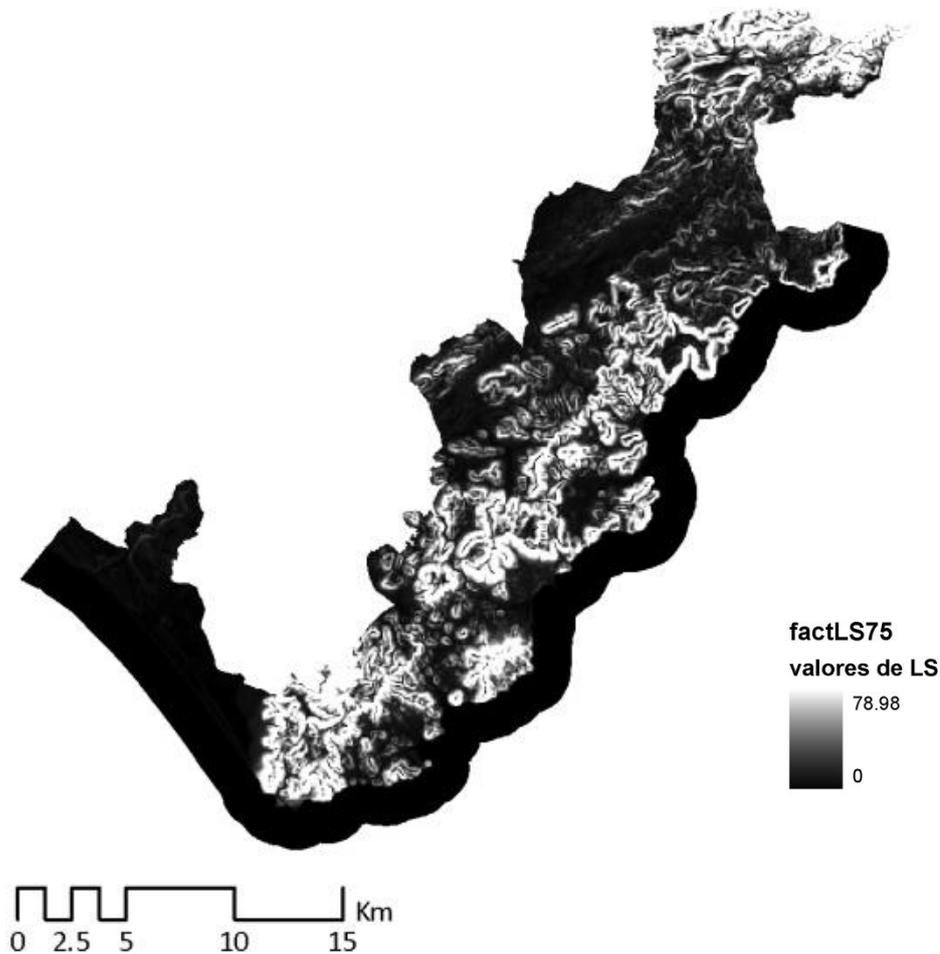


Figura E.5: Distribución y valores del factor LS a 75m.

### E.5. Determinación del efecto producido por la variación de la resolución del modelo de elevación del terreno en la determinación del riesgo de erosión.

Hasta aquí los valores de los factores empleados para determinar el mapa de distribución GIS/USLE empleado para compararlo con el obtenido por el método anterior. Además de este mapa de distribución (mapa nº5, anexo II), se ha estudiado los efectos que produce en el mapa GIS/USLE, la modificación de la resolución del modelo de elevación del

terreno. En este sentido se han obtenido los siguientes mapas de LS para cada modelo de elevación.

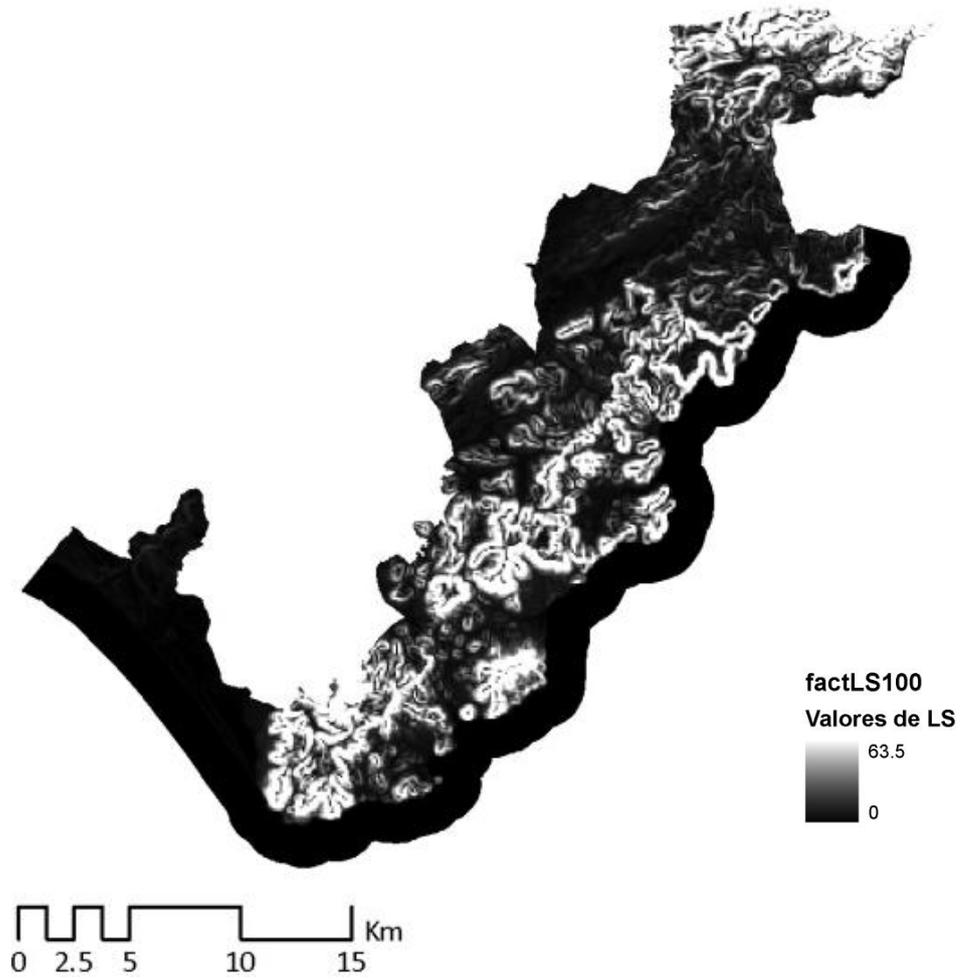


Figura E.6: Distribución y valores del factor LS a 100m.

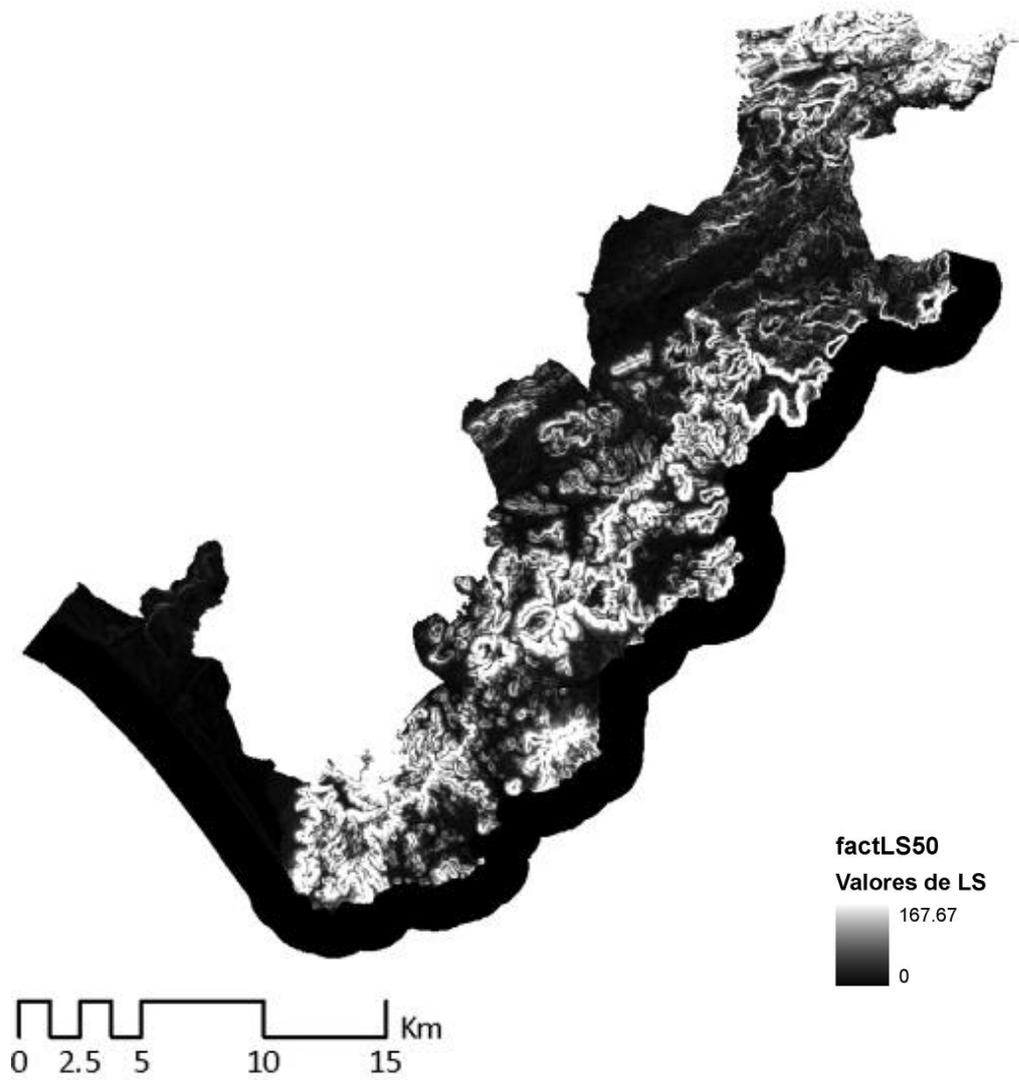


Figura E.7: Distribución y valores del factor LS a 50m.

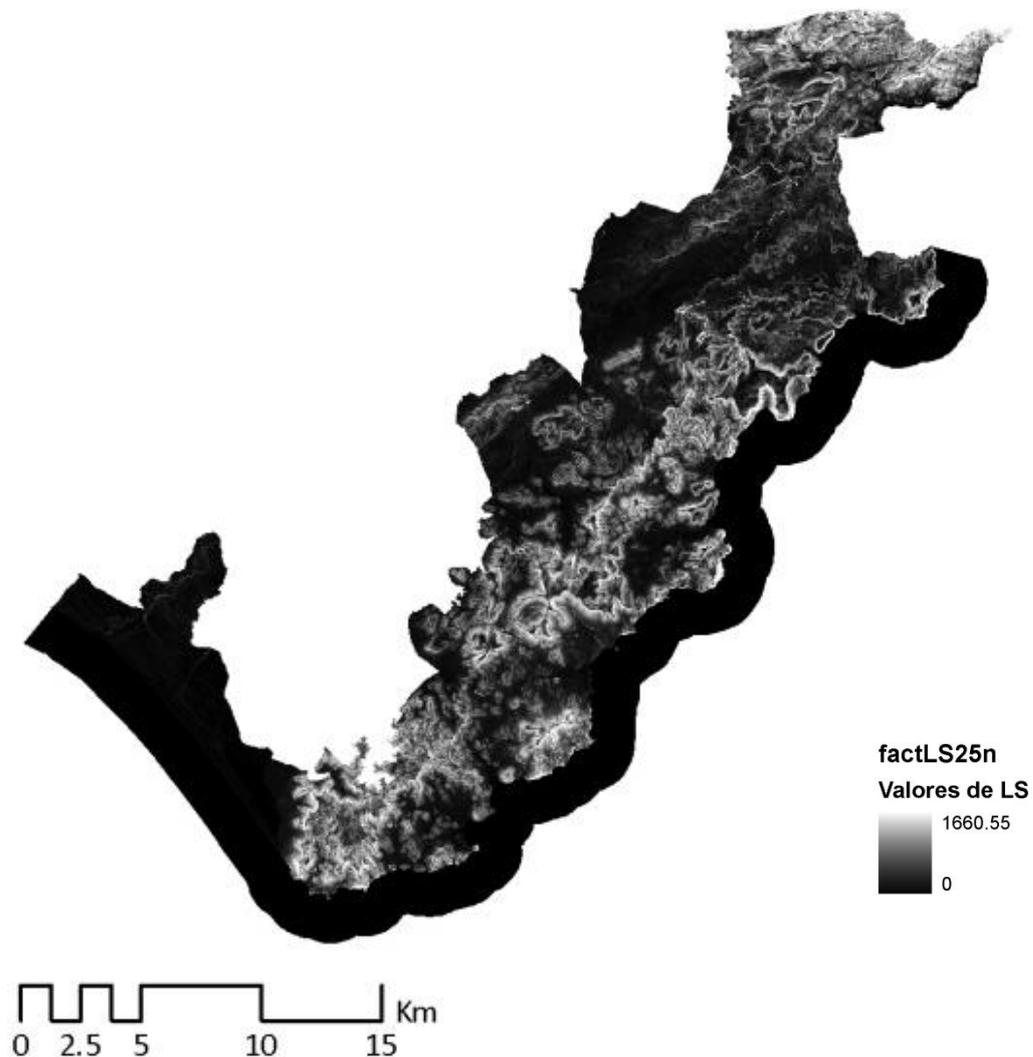


Figura E.8: Distribución y valores del factor LS a 25m.

Con cada uno de estos diferentes factores LS se han obtenido los mapas de distribución del riesgo de erosión para cada resolución. Estos mapas corresponden a los mapas nº 6, 7 y 8 del anexo II. Puede comprobarse que la distribución es prácticamente la misma, sin embargo si que aparecen diferencias en los valores máximos y mínimos obtenidos. Para explicar esta variación en los resultados, y teniendo en cuenta que el único factor que varía es el LS, se ha realizado una comparativa que puede consultarse en la gráfica nº6 del anexo I.

Así mismo, hemos realizado un chequeo de los valores obtenidos en una serie de

puntos de control del modelo digital, que representamos en la siguiente tabla:

	Pt01	Pt02	Pt03	Pt04	Pt05	Pt06	Pt07	Pt08	Pt09
EH100	36.99	14.80	27.58	161.28	5.51	2.82	7.65	1.20	105.03
EH75	36.16	12.01	22.86	127.08	2.37	3.02	11.39	1.90	104.93
EH50	19.40	11.68	16.51	105.77	3.47	2.64	17.16	3.37	73.20
EH25	14.81	11.20	15.15	71.22	4.42	2.13	10.53	4.19	54.01
LS100	15.03	10.41	16.92	18.30	1.16	0.68	1.25	4.13	20.11
LS75	9.76	7.36	14.03	16.37	0.83	0.70	2.37	1.88	21.48
LS50	8.87	7.67	10.13	10.29	0.98	0.63	3.57	2.97	14.98
LS25	5.15	8.38	7.56	3.96	1.92	0.48	4.30	2.96	9.67

El comportamiento que se infiere de los datos obtenidos es que en zonas escarpadas (valores elevados de LS) los valores de erosión hídrica (pérdida de suelo) aumentan cuando se disminuye la resolución. Por el contrario, en zonas de poca pendiente (valores de LS pequeños) el comportamiento es más errático y tiende a normalizarse. Por lo que el conjunto de los valores medios asciende.

## **F. DISCUSIÓN.**

## F. DISCUSIÓN

En este apartado vamos a diferenciar la parte general (F1) y la consideración de la formación y tipologías de suelo (F2) por un lado, y por otro, la incidencia de la Erosión Hídrica (F3 y F4) por los dos métodos descritos y la comparación entre ambos métodos (F5).

### F.1. Discusión General.

Como ha quedado ampliamente constatado a lo largo de este trabajo el suelo es un recurso natural de gran importancia ambiental y económica. La sostenibilidad global, el soporte y la calidad de vida, según Almorox et al. (2010), están muy condicionados por la existencia del recurso suelo.

La degradación de suelo, según la definición de FAO (1980), es el conjunto de procesos que rebajan la capacidad actual y potencial del suelo de producir bienes y servicios cualitativa y cuantitativamente. De entre los procesos degradativos, erosivos y no erosivos, se ha querido estudiar el efecto concreto de la erosión hídrica por el efecto importante que tiene en climas semidesérticos. La erosión constituye uno de los mayores riesgos geológicos a nivel mundial y en España representa el 10.8% del total de pérdidas económicas, que suponen 5.228 millones de euros (Desir y Marín, 2007).

De los diferentes tipos de erosión hídrica, se ha estudiado la erosión superficial debida a la intensidad de las precipitaciones por ser la de mayor incidencia en el área de estudio, Solé-Benet et al. (2010), a pesar de la escasa precipitación anual total (234mm).

La erosión del suelo puede estar condicionada por diferentes factores: precipitaciones, cubierta vegetal, el propio suelo y otras veces aspectos puramente ecológicos o de marcada índole antrópica. Estos últimos, en su conjunto y según FAO (1995), determinan que en la actualidad sólo el 11 % de las tierras del mundo sean aptas para el cultivo sin limitaciones y, por tanto, sin la necesidad de mejoras de cualquier tipo. Las principales causas de esta degradación son: el mal aprovechamiento de la tierra arable (en un 35 %), el sobrepastoreo (34 %) y la deforestación (29 %). Con estos datos es fácil comprender cómo el estado de degradación de gran parte de la superficie de la Península Ibérica está considerado como muy grave.

Es evidente, que el suelo - y por tanto su conservación - debe ser considerado un bien de interés general y prioritario tanto a escala nacional como europea, donde, en su conjunto,

existen 219 millones de ha que sufren algún proceso de degradación, dentro de las cuales, en una superficie de 115 millones de ha, el proceso fundamental es la erosión hídrica.

Si bien, como indica Espejo en Almorox et al (2010), la erosión es un proceso natural en cierta medida inevitable; ahora bien, la acción del hombre puede ser determinante a la hora de potenciar o disminuir el impacto de los procesos erosivos. De esta manera, aunque si bien es cierto que en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar los suelos no están expresamente destinados a cultivo, sería de esperar que el proceso erosivo siguiera su curso de forma natural. Sin embargo el estado erosivo actual se debe, como apunta Gil (2010), en gran medida a grandes periodos históricos de sobrepastoreo y a una explotación abusiva de los recursos vegetales disponibles. Es por esto, por lo que parece necesario incidir en la importancia de tomar las medidas necesarias para reducir en la medida de lo posible los efectos potenciadores de la pérdida de suelo derivados de la acción del hombre en el Parque Natural.

El clima y específicamente sus elementos más significativos, agua y viento, actúan creando un encostramiento que es función de la intensidad y energía de los elementos climáticos, modificando la estabilidad y desarrollo estructural del epipedón por pérdida de material fino tras su desfloculación o por compactación superficial al crearse una lámina continua.

Junto a las lluvias escasas y erráticamente distribuidas, hay que tener en cuenta las características inherentes del propio suelo. Así, la fracción arcilla confiere cierto grado de plasticidad y adhesividad cuando el suelo está mojado y distinta consistencia si está a humedad de campo, que depende de la composición mineralógica de las arcillas y se acentúa con la electronegatividad de los coloides; la materia orgánica atempera estos fenómenos y lo hace tanto más intensamente cuanto mayor es el grado de desarrollo y maduración de las sustancias húmicas.

## **F.2. Discusión de Edafogénesis y Tipologías.**

El clima, y como tal los parámetros climáticos que más afectan a la evolución del suelo (precipitación y temperatura), es de tipo árido. Aparecen altas temperaturas, con una media anual de entre 17,5°C y 19,5°C, con máximas en los meses de julio y agosto y mínimas en enero, apreciándose el efecto termorregulador del mar mediterráneo. En cuanto a las

precipitaciones, son en general escasas de entre 200mm y 250mm anuales y de carácter torrencial concentrándose en primavera y otoño. En los 35 perfiles estudiados el régimen de temperatura siempre es térmico y el régimen de humedad es en 34 de 35 casos, arídico, excepto en uno de ellos que es de tipo xérico. Estas condiciones meteorológicas favorecen un aumento de la erosión hídrica, debido a la gran intensidad de las lluvias en cortos periodos de tiempo y por los continuos cambios de humedad que experimenta el suelo.

El relieve es otro importante factor formador del suelo. En nuestro caso, el conjunto del Parque está constituido por varias subcuencas, lo que da lugar a situaciones orográficas muy diversas. Si bien el relieve es, en general, ondulado en la mayor parte del Parque, con alternancia de llanos o vaguadas y pequeñas colinas, aparecen en la zona norte y en lugares muy puntuales, como en la cala de San Pedro, zonas más elevadas que dan lugar a pendientes mayores en longitud y en inclinación. Aunque la pendiente media del Parque ronda el 12%-25%, se alcanza en determinadas zonas pendientes mayores del 55%, lo que determina en gran medida los procesos de erosión del Parque.

En cuanto a la geología presente en la zona, podemos distinguir un área caracterizada por rocas de origen volcánico calcoalcalino posttectónico (andesitas y dacitas). Otra zona que se caracteriza por materiales de origen neógeno y cuaternario: arenas y limos calizos. Y una última zona de materiales miocenos (conglomerados, arenas y limos).

Por último, destacar que la climatología descrita anteriormente dificulta el desarrollo de una vegetación abundante que pueda proteger el suelo del efecto erosivo de las precipitaciones. Aun así, existe una extensa vegetación de carácter arbustivo, tanto pastizal como matorral que reduce en gran medida la erosión producida por las precipitaciones. Aparecen también zonas de labor extensiva cuyo efecto en la reducción de la erosión es menor.

Los tipos de suelos han sido descritos en las tablas E.4 y E.5 del capítulo de resultados, así como en el mapa de suelos adjunto en el anexo II. Según los perfiles estudiados, la distribución de tipos de suelo, a primer nivel, es Leptosoles (25,7%), Calcisoles (25,7%), Cambisoles (8,6%), Luvisoles (8,6%), Fluvisoles (8,6%), Phaeozem(8,6%), Regosoles (2,9%), Kastanozem (2,9%), Vertisoles (2,9%), Solonchak (2,9%) y Arenosoles (2,9%).

Esta distribución de suelos es coherente con la esperada según el mapa de tipos de suelos del proyecto Lucdeme, en la que los suelos mayoritarios son Leptosoles (41,65%), Calcisoles (16,24%), Cambisoles (13,08%) y Regosoles (10,24%).

Se han actualizado las denominaciones de clases de suelos de FAO (1994) a FAO (2007). Los cambios recogidos son los siguientes:

- De Cambisol Crómico a Cambisol hórtico, ya que se define un nuevo horizonte de diagnóstico denominado hórtico que es un horizonte mineral inducido por el hombre.
- De Cambisol calcárico a Cambisol háplico, debido a que desaparece en FAO(2007) la denominación de calcárico y al no existir un horizonte de diagnóstico más que cámbrico, se incluye en la denominación de háplico.
- De Leptosol eútrico a Leptosol háplico, desaparece en FAO(2007) la denominación eútrico y al no aparecer otro horizonte de diagnóstico, más que el que hace referencia al horizonte ótrico en FAO(1994), seleccionamos el háplico.
- De Regosol cálcico a Regosol háplico, No hay horizonte que resaltar así que se incluye en el háplico. No existe ya el calcárico.
- De Luvisol crómico a Luvisol háplico, aparece una nueva denominación que indica la presencia de revestimiento de arcilla en un horizonte árgico para este tipo de luvisol, habiendo desaparecido la denominación de crómico.

Se ha actualizado también el sistema de denominación de las clases de suelo de la USDA(1997) a Key to Soil Taxonomy (2012), aquí solo aparece una modificación debido a un cambio de denominación, pasando de Xerochrepts típico a Haploxerept típico.

### **F.3. Discusión de los datos obtenidos por la metodología USLE.**

Es importante destacar que dada la extensión del Parque (37513ha) y la compleja orografía que lo conforma, es difícil establecer una distribución estadística veraz con un método discreto de puntos según los perfiles disponibles. Y por tanto los resultados obtenidos por esta metodología son sólo aplicables a una escala territorial y difícilmente trasladables a localizaciones concretas dentro del Parque.

Como se ha explicado en capítulos anteriores una primera etapa de este trabajo ha consistido en aplicar la ecuación para la pérdida de suelo de la USLE a los datos disponibles de 35 perfiles de suelo situados en el Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar. Los resultados obtenidos nos permiten indicar que en el 60% de los perfiles el riesgo de erosión es ligero o inexistente. Mientras que del 40% restante, solo el 14,3% tiene un riesgo de erosión alta. En ningún punto del Parque se cuantifica la erosión hídrica como muy alta ( $>200t \cdot ha^{-1} \cdot año^{-1}$ )

debido a que ni la intensidad de las precipitaciones ni el relieve (LS) son lo suficientemente elevados. Es interesante observar que hay un perfil (1031-20), situado en la parte norte del Parque, que se evalúa con riesgo alto/muy alto pues está en el límite de FAO(1980).

En el primer caso, el bajo riesgo de erosión hídrica se explica en la mayor parte de los casos por los valores reducidos obtenidos para el factor LS, debidos a que los perfiles se corresponden con laderas cortas y de pendiente poco pronunciada. Excepto en el caso de los perfiles 1.060-5 (Phaeozem háplico) y 1.046-48 (Calcisol háplico) donde es el factor K el que condiciona el bajo riesgo de erosión, por tratarse de suelos bien estructurados con una menor fracción de arena fina y limo.

En el extremo opuesto, los valores de erosión altos obtenidos son los correspondientes a las estribaciones de Sierra Cabrera, donde se han obtenido mayores valores para el Factor R, según los datos meteorológicos disponibles. En algunos casos la precipitación anual en estas zonas puede doblar la media del Parque Natural. Y por otra parte, es debido también a altos valores del Factor LS, debido fundamentalmente a las mayores pendientes de esta zona.

Cuando evaluamos el factor climático en función del valor de erosividad de la lluvia, observamos que, en nuestra zona, ésta ofrece unos niveles relativamente bajos, teniendo un 57% de los puntos muestreados un R de ICONA superior a 25, pero sobrepasando menos del 9% de los mismos la cota 50 para el  $R_i$ .

La topografía regula la escorrentía de las aguas permitiendo la percolación en profundidad o el arrastre superficial. De esta manera, grandes pendientes o pendientes de inclinación moderada tenderán a incrementar el valor de pérdida de suelo final. En nuestro caso, la topografía es más determinante en los perfiles asociados a la zona de Sierra Cabrera (perfiles 1.031-21, 1.031-22 y 1.031-59), que además se corresponde con zonas con un factor climático más agresivo.

En general, el factor de cobertura de suelo C, es similar en la mayoría de los perfiles. Sin embargo, es significativo en algunas zonas de cultivo de secano, donde penaliza por encima de los factores obtenidos para los suelos con vegetación natural.

El factor de técnicas de conservación (P) es muy significativo, ya que implica una reducción importante en la pérdida de suelo, pero es puntual en el Parque Natural, apareciendo solo en tres de los 35 perfiles citados.

En cuanto a la distribución espacial de los resultados obtenidos, como puede verse en el mapa nº4 del anexo II, hay una homogeneidad en cuanto a la distribución de riesgo de erosión ligero, apareciendo pequeñas manchas para otros grados de erosión más localizados. Los riesgos altos aparecen en zonas del interior del Parque, correspondientes a laderas más pronunciadas de la Sierra del Cabo de Gata y en las estribaciones meridionales de la Sierra Cabrera.

En relación a las tipologías de suelo, los tipos de suelo donde se presenta una mayor pérdida de suelo son del tipo: Phaeozem háplico (1031-21), Cambisol hórtico (1031-22), Leptosol háplico (1031-59), Leptosol réndrico (1046-41) y Leptosol háplico (1046-47). Está dentro de lo esperable, ya que los Leptosoles son suelos jóvenes de poca profundidad con elevado contenido en rocas o fragmentos de la roca madre, poco desarrollados y que se presentan en zonas de montaña y especialmente en zonas fuertemente erosionadas. Siendo más atípica la aparición en Phaeozems y en Cambisoles, aunque las fuertes pendientes provoquen esa situación.

#### **F.4. Discusión de los datos obtenidos por la metodología GIS/USLE.**

Está ampliamente aceptado que la pérdida de suelo está influenciada en gran medida por dos factores fundamentales que son: el factor (C) de cubierta vegetal y el factor (LS) de topografía del terreno, (Renard and Ferreira 1993; Benkobi et al., 1994; Biesemans et al., 2000). Estos dos factores quedan mucho mejor definidos en este segundo método, lo que permite entender mejor los procesos erosivos. En el caso del factor C, se han determinado los valores de cobertura para todo el Parque, según los mapas de usos del suelo SIOSEA de la Junta de Andalucía. En el caso del factor LS, se ha trabajado con el modelo de elevación del terreno a 25x25 píxeles y sucesivos, lo que ha permitido trabajar las erosiones en el Parque considerando la topografía del mismo con mucha mayor precisión.

Hay que advertir que en otros factores como el factor erosionabilidad del suelo (K) no se ha podido contar con unos valores precisos para su determinación y se han tenido que interpolar los valores de los datos disponibles. Sin embargo, creemos que este parámetro no

es tan determinante y que es razonablemente válido utilizar la interpolación de los valores citados ya que están dentro de los valores esperables.

Los datos disponibles limitaban la escala de estudio, por lo que se han obtenido los valores de erosión para un modelo a escala 1:75.000 con una densidad de datos de 75x75m. Los valores obtenidos para este modelo vienen a ratificar en gran medida los datos obtenidos en el primer procedimiento.

Como se observa en el mapa nº5 del Anexo II, el riesgo de erosión es en su mayoría bajo, con pérdidas de suelo por debajo de  $12 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ . Apareciendo manchas puntuales de erosión moderada (entre  $12$  y  $50 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ ) en la zona sur de la Sierra de Gata, más concretamente en la zona de San Francisco entre el Cerro de En medio (254m) y el Cerro del Bujo (374m), en esta área aparecen muy esporádicamente riesgo alto de erosión y en puntos muy localizados, y por tanto excepcionales, riesgos muy altos de erosión debidos fundamentalmente al efecto de la pendiente.

Seguimos encontrando erosión moderada en la zona de la Rellana al norte de Las Salinas, en la zona del Cerro del Barronal (184m), junto al Fondeadero de Genoveses y hacia el interior en la zona de las Minas de la Venencia (entorno a los 330m). Más al norte, en las laderas que vierten a la Rambla de los Frailes, entre San José y la pedanía de El Pozo de los Frailes. Si seguimos ascendiendo en dirección norte, vuelve a aparecer riesgo de erosión moderado en las estribaciones del asentamiento de Rodalquilar, apareciendo riesgo de erosión alto y muy alto en el Cerro del Romeral (193m), próximo a Punta de la Polacra. E igualmente en la zona de Cerro Redondo (342m) entre Rodalquilar y los Albaricoques.

Si seguimos hacia el norte aparece, de nuevo riesgo de erosión media con erosión alta muy puntual en la zona de El Collado junto a Fernán Pérez. Al igual que en la Majada de las Vacas y en la zona de San Pedro al norte de Las Negras.

Es significativo el grado de erosión de moderado a alto, situado de forma muy localizada en el frente costero entre la Rambla del Plomo y el asentamiento de Agua Amarga. Aparecen también de forma dispersa manchas de erosión moderada entorno a la vaguada de Los Albacetes, en el Cerro del Caballón (285m), los Pedregales (176m) y al norte de La Mesa Roldán (205m).

Llegamos así a la zona donde aparece un mayor riesgo de erosión, al norte del municipio de Carboneras, en las estribaciones de la Sierra Cabrera. Las zonas donde aparece

un riesgo de erosión muy alto se corresponden con la zona de los picos de La Serrata (564m) y el Cerro de la Lancha de Carboneros (478m) que vierten al Barranco de la Serrata y a la Rambla del Saltador. En general, en toda esta zona al norte del Río Alías aparece un riesgo de erosión alto, sin duda, debido a la topografía del lugar de laderas mayores y pendientes más elevadas.

De esta manera podemos observar que existe en general poco riesgo de erosión hídrica en el Parque, lo que corrobora los datos obtenidos por el primer método. Además se visualizan ciertas zonas relativamente preocupantes donde el riesgo de erosión es más acusado, tal es el caso de la zona de cala San Pedro o de algunas de las estribaciones de la Sierra Cabrera. Este mejor entendimiento de la distribución del riesgo de erosión, permite poder establecer la necesidad de realizar futuros estudios, más localizados a nivel de microcuencas.

Está ampliamente demostrado el interés de emplear Sistemas de Información Geográfica para monitorizar el comportamiento de fenómenos naturales, tal es el caso de la erosión hídrica superficial que es el objetivo de este trabajo. Sin embargo, la bondad de este método está muy condicionada por la disponibilidad de datos y por la naturaleza y precisión de los mismos. En nuestro caso, la precisión del modelo ha estado condicionada por los datos referentes al factor (R) de erosionabilidad de la lluvia cuya precisión era de 75 m/píxel. En cualquier caso, la matriz de datos obtenidos es mucho mayor que la disponible a partir de perfiles conocidos del terreno (primer método empleado).

Un segundo objetivo de este método era, al disponer de modelos de elevación del terreno con diferente resolución, el determinar la influencia que el cambio de la precisión del modelo de elevación del terreno puede tener en la determinación del factor (LS) y por tanto en la precisión final del modelo GIS/USLE. En este sentido, los resultados obtenidos se muestran en los mapas nº5, nº6, nº7 y nº8 del anexo II. Como puede verse hay una variación apreciable en la distribución final de los resultados, esto es debido al proceso de agregación de píxeles para pasar de un modelo de elevación a otro, en él se toma la mediana de los píxeles con lo que los valores intermedios tienden a incrementarse. Esto se traduce en un progresivo aumento de la superficie con riesgo de erosión medio y elevado, a medida que la resolución del modelo desciende. Por otro lado, hay variaciones en los valores máximos y mínimos obtenidos. Estas variaciones están determinadas igualmente por los cambios en la resolución del modelo de elevación del terreno. De tal manera que cuando aumenta la resolución del modelo de elevación aumenta también los valores máximos para el factor LS. Ahora bien, para valores intermedios cuando aumentamos la resolución del modelo, disminuye el valor de LS y

por tanto disminuye el valor de pérdida de suelo. Esto explica por qué aparecen unas manchas de mayor intensidad en los planos con menor resolución. Las variaciones producidas entre un modelo y otro es debido al indicado proceso de agregación de celdas que se realiza según la mediana estadística. Por lo que podemos decir que es importante mantener una homogeneidad en la resolución de los datos de partida para poder hacer valoraciones cuantitativas. Sin embargo, es perfectamente válido a nivel cualitativo la utilización de capas de datos a distinta resolución. Destacando que una reducción en la resolución del factor LS conlleva un aumento de los valores de erosión obtenidos.

**F.5. Comparación de los resultados obtenidos por ambos métodos.**

Al comparar los datos obtenidos en el modelo USLE (mapa nº4, anexo II) y en el modelo GIS/USLE (mapa nº5, anexo II) podemos verificar que existe a rasgos generales una coherencia entre los resultados obtenidos.

Para lo cual hay que tener en cuenta que se han empleado intervalos ligeramente distintos para ambos métodos:

- Para el método USLE:

Ninguna	0
Ligera	$0 < x < 10$
Moderada	$10 < x < 50$
Alta	$50 < x < 200$
Muy alta	$> 200$

- Para el método GIS/USLE:

Baja	$0 < x < 10$
Moderada	$10 < x < 50$
Alta	$50 < x < 100$
Muy Alta	$> 100$

Este cambio en la clasificación se debe a la necesidad de normalizar los valores obtenidos en el modelo digital pero creemos que ambas clasificaciones son perfectamente

compatibles, ya que en el primer método todos los valores obtenidos son inferiores a 200 por lo que no aparecen zonas con riesgo de erosión muy alta.

Podríamos decir que el primer método introduce unos valores válidos a escala territorial y que el segundo método incrementa la precisión llegando a una escala intermedia que permite entender qué zonas del Parque presentan un mayor riesgo de erosión y se abre la puerta a plantear futuros estudios centrados en áreas más concretas donde sea relevante estudiar dicha erosión.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, vemos que aunque el comportamiento general es el mismo a gran escala, el modelo GIS/USLE aporta ciertos matices, de tal manera que aunque por el primer método podemos considerar toda la zona sur de la Sierra de Gata como una zona de riesgo de erosión baja, el segundo método identifica algunas zonas localizadas de erosión de riesgo moderado. Lo mismo ocurre en la zona del Cerro del Barronal, donde por el primer método esta zona está considerada como una zona con riesgo de erosión nulo, sin embargo, el segundo método la distingue como una zona de erosión moderada.

Esto se debe a la mayor precisión a la hora de determinar el factor topográfico que consigue el método GIS/USLE, así como, a la mejor distribución del factor de cobertura vegetal. Podemos decir, por tanto, que el disponer de perfiles conocidos en el área de estudio es de gran utilidad a la hora de corroborar los resultados obtenidos mediante el método GIS/USLE. Y que, por otra parte, este método ofrece unos resultados de distribución espacial mucho más representativos.

## **G. CONCLUSIONES.**

## G- CONCLUSIONES

1.- Las unidades de suelos más abundantes en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar son los Leptosoles eútricos y líticos que se extienden desde el Cabo de Gata hasta el límite norte del Parque. En la zona suroccidental del Parque encontramos Arenosoles álbicos y cámbicos, Solonchaks gléicos y Calcisoles pétricos y háplicos. Apareciendo otras tipologías en menor medida. Todas estas tipologías han sido clasificadas y actualizadas según FAO (2007) y Keys to Soil Taxonomy (2010).

2.- Los factores formadores que han dado lugar a estas tipologías de suelos son el clima, el relieve, la geología, la vegetación y el tiempo. El clima es árido con un régimen de temperatura térmico y un régimen de humedad arídico, puntualmente xérico. El relieve es muy variado oscilando desde llano o casi llano (Clase 1) en el litoral de Cabo de Gata hasta pendientes mayores del 55 % (Clase 6) en Sierra Cabrera y Cala de San Pedro, fundamentalmente. En el ámbito geológico encontramos rocas volcánicas en gran parte de la zona acompañadas de materiales neógenos y cuaternarios. Las series de vegetación presentes son: la serie termomediterránea murciano-almeriense litoral semiárida del cornical, la serie termomediterránea murciano-almeriense semiárido-árida del azufaifo y la serie termomediterránea murciano-almeriense y alpujarreña semiárida del lentisco.

3.- En cuanto a la erosión hídrica, aplicada la USLE a los perfiles disponibles, se ha obtenido un mapa de riesgo de erosión hídrica en donde el 60% de los perfiles presenta un riesgo de erosión ligero o inexistente, mientras que del 40% restante, solo el 14,3% tiene un riesgo de erosión alta. Lo que nos permite indicar que a gran escala el riesgo de erosión hídrica en el Parque es reducido. Aun así, debe atenderse a determinadas zonas especialmente conflictivas como puede ser la de Sierra Cabrera.

4.- Que el método GIS/USLE ha permitido confirmar, a través de su correspondiente mapa, los resultados obtenidos por el primer método. Aparecen unos valores muy similares en cuanto a riesgo de erosión y su distribución. Existen áreas de especial interés en cuanto a riesgo de erosión, como puede ser la zona de Cala San Pedro, que deberían ser estudiadas como casos aislados a una escala local. Por otro lado, se ha constatado que disminuir la resolución del modelo de elevación del terreno produce un aumento de la superficie con pérdidas intermedias y una reducción de los valores máximos.

5.- Que ambos métodos, siendo diferentes en su procesamiento, son complementarios. El método de los perfiles localizados permite verificar sobre el terreno los datos obtenidos por el método GIS/USLE, y a la vez éste permite hacer extensibles los resultados puntuales a una superficie mayor del territorio. Estas conclusiones dan la oportunidad a los organismos competentes y a los centros investigadores, de establecer las medidas necesarias para el correcto uso y mantenimiento del suelo del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar.

## H. BIBLIOGRAFÍA.

## H. BIBLIOGRAFÍA

**AGUILAR, J.; FERNANDEZ, J.; SANCHEZ, J.A.; DE HARO, S. Y FERNANDEZ, E.** (1989).- “Mapa de suelos de la hoja 1046 (Carboneras)”. E.1:100.000. Proyecto LUCDEME. Revisatlas. Madrid.

**AGUILAR, J.; FERNANDEZ, J.; RODRIGUEZ, T.; SANCHEZ, J.A. Y FERNANDEZ, E.** (1990).- “Mapa de suelos de las hojas 1059 (El Cabo de Gata) y 1060 (El Pozo de Los Frailes)”. E. 1.100.000. Proyecto LUCDEME. Revisatlas. Madrid.

**ALMOROX, J.; LÓPEZ, F.; y RAFAELLI, S.** (2010) . “La degradación de los suelos por erosión hídrica. Un método de estimación”. Universidad de Murcia.

**ANDREU, V.; BORDAS, V. y RUBIO, J. L.** (1993).- “Zonation of biological degradation and salinization climatic indexes in a mediterranean coastal environment, Valencia (Spain). Annales Geophysicae-Atmospheres Hydrospheres and Space Sciences”. Vol. 11, Iss 11-12, pp. 1.138-1.146.

**BARBER, R. G.; ORELLANA, M.; NAVARRO, F.; DÍAZ, O. y SORUCO, M. A.** (1996).- “Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa-Cruz. Bolivia”. Soil & Tillage Research. Vol.38, Iss1-2, pp. 133-152.

**BENKOBI, L., TRLICA, M. J., AND SMITH, J. L.** (1994). – “Evaluation of a re. ned surface cover subfactor for use in RUSLE”. Journal of Range Management, 47, 74–78.

**BERNET HERGUIJUELA, R.; SCHNABEL, S. y GÓMEZ AMELIA, D.** (1994).- “La cubierta vegetal como factor de degradación en una zona de dehesa (provincia de Cáceres)”. Geomorfología en España. III Reunión de Geomorfología. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño.

**BEREZIN, P. N. y GUDIMA, I. I.** (1995).- “Physical soil degradationstatus parameters”. Eurasian Soil Science. Vol. 27, Iss 12, pp. 52-57.

**BESKOW S., C. R. MELLO, L. D. NORTON, N., CURI, M.R. VIOLA, J.C. AVANZI.** (2009). "Soil erosion prediction in the Grande River Basin, Brazil using distributed modeling". National Soil Erosion Research Laboratory, Purdue University, USA.

**BIENES, R.; Ruíz, M. y Marques, M.J.** (2007). "Pérdida de suelo, fósforo y materia orgánica por erosión hídrica en parcelas revegetadas con matorral autóctono bajo clima semiárido".

**BIESEMANS J., MEIRVENNE, M. V., AND GABRIELS, D.** (2000). "Extending the RUSLE with the Monte Carlo error propagation technique to predict long-term average on-site sediment accumulation". *Journal of Soil and Water Conservation*, 55, 35–42.

**BOIX-FAYOS, C.; MARTÍNEZ-MENA, M.; CALVO-CASES, A.; CASTILLO, V. y ALBALADEJO, J.** (2005). "Concise review of interrill erosion studies in SE Spain (Alicante and Murcia): Erosion rates and progress of knowledge from the 1980s". *Land Degradation & Development* 16 (6), 517-528.

**BUOL, S.W.; SANCHEZ, P.A.; CATE, R.B. Y GRANGER, M.A.** (1975). "Soil Fertility Capability Classification". *Soil man in Trop. Am. Soil Sci. Peto. North car. St. Univ. Raleigh*. pp.: 126-145.

**CANTÓN, Y.; SOLÉ-BENET, A.; DE VENTE J.; BOIX-FAYOS, C.; CALVO-CASES, A.; ASENSIO, C.; y PUIGDEFÁBREGAS, J.** (2011). "A review of runoff and soil erosion across scales in semiarid south-eastern Spain". *Journal of Arid Environments* 75(2011) 1254-1261.

**CARDEI, P.; HEREA, V.; MURARU, V. y SFARU, R.** (2009). "Vector representation for the Soil Erosion Model USLE, a point of View". *Bulletin UASVM Agriculture* 66 (2)/2009.

**CARMONA JIMENEZ, M.S.** (1999).- "Estudio de la degradación química y exceso de sales en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar (Almería)". Proyecto Fin de Carrera. E.P.S. 156 pp.

**CASTILLO, V. M.; MARTINEZ MENA, M. y ALBALADEJO, J.** (1997).- "Runoff and soil loss response to vegetation removal in a semiarid environment". *Soil Science Society of America Journal*. Vol. 61, Iss 4, pp. 1.1161.121.

**CASTRO NOGUEIRA, H.; GUIRADO, J. Y MARTINEZ, J. L.** (1996).- "Almería, pueblo a pueblo" Tomo II. La Voz de Almería. Almería.

**CHESEREK, B.C. et Al** (2009). "Mapping soil erosion risks in Timbilil tea estate, Kericho District, Kenya using remote sensing and geographic information systems. *Tea* (30)1, 2009, 54-62.

**CIESIOLKA, C.A.A.; YU, B.; ROSE, C.W.; GHADIRI, H.; LANG, D. and ROSEWELL, C.** (2006) "Improvement in soil loss estimation in USLE type experiments". *Journal of Soil and Water Conservation*; Jul/Aug 2006; 61,4.

**CONSEJERIA DE MEDIO AMBIENTE (1996).**- "Plan de Ordenación y Gestión de los Recursos Naturales y Plan Rector de Uso y Gestión del Parque". Junta de Andalucía. Sevilla.

**CONSTANTINI, A.; COSENTINO, D. y SEGAT, A.** (1996).- "Influence of tillage systems on biological properties of a tipic argiudoll soil". *Soil & Tillage Research*. Vol. 38, Iss 3-4, pp. 265-271.

**CUELLO, J. Y TOLA, J.** (1997). "Atlas mundial del medio ambiente. Preservación de la Naturaleza". Madrid, España: Cultural S.A.

**DESIR, G. y MARÍN, C.** (2007). "Factor controlling the erosion rates in a semi-arid zone Bardenas Reales, NE Spain". *Catena* 71, 31-40.

**DESMET, P.J.; GOVERS, G.** (1996). "A GIS-procedure for the automated calculation of the USLE LS-factor on topographically complex landscape units". *J. Soil and Water Conservation*, 51: 427-433.

**DE VENTE, J., POESEN, J., VERSTRAETEN, G., VAN ROMPAEY, A., GOVERS, G.** (2008). Spatially distributed modelling of soil erosion and sediment yield at regional scales in Spain. *Global and Planetary Change* 60 (3e4), 393e415.

**DIORATO, N.; BELLOCCHI, G.** (2007). "Estimating monthly (R)USLE climate input in a Mediterranean region using limited data". *Journal of Hidrology* (2007) 345, 224-236.

**DIXON, R. K.; WINJUM, J. K.; ANDRASKO, K. J.; LEE, J. J. y SCHROEDER, P. E.** (1994).- "Integrated land-use systems – Assessment of promising agroforest and alternative land-use practices to enhance carbon conservation and sequestration". *Climatic Change*. Vol. 27, Iss 1, pp. 71-92.

**EEDY, W.** (1995). "The use of GIS in Environmental Assessment". *Impact Assessment* Vol. 13, Summer. IAIA. 199– 206. 1995.

**ERDOĞAN, E.** et al. (2006) "Use of USLE/GIS methodology for predicting soil loss in a semi-arid agricultural watershed". *Environ Monit Assess* (2007) 131:153-161.

**F.A.O.** (1977).- "Guía para la descripción de perfiles de suelos". pp.: 70. Roma. Italia.

**F.A.O. Y P.N.U.M.A.** (1980).- "Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos". Roma. Italia. 86 pp.

**F.A.O.** (1995, 2003). "The Digitized Soil Map of the World and Derived Soil Properties. (version 3.5)". *FAO Land and Water Digital Media Series 1*. FAO, Rome.

**F.A.O.** (2007) "Base referencial mundial del recurso suelo", FAO, Rome, 95 p.

**FISTIKOGLU, O. y HARMANCIUGLU, N.B.** (2002). "Integration of GIS with USLE in Assessment of Soil Erosion". *Water Resources Management* 16: 447-467. 2002.

**FERRO, V.** (2010). "Deducing the USLE mathematical structure by dimensional analysis and self-similarity theory". *Biosystem Engineering* 106 (2010) 216-220.

**GARCÍA LATORRE, J. & GARCÍA LATORRE, J.** (2007). "Almería: hecha a mano. Una historia ecológica". Fundación Cajamar. Almería.

**GARCÍA PITA, M. C.; BENITO RUEDA, E.; DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, F.** (1986).- "Iniciación al estudio de la compactación de los suelos en Galicia". *An. Edafol. Agrobiol.* XLV, nº 11-12. pp. 1.415-1.430.

**GELTZER, Y. G.; MOZHAROV, N. V. y KULAGIN, Y. G.** (1996).- Spatial pattern of biological-activity in degraded soils of northern Dagestan rangelands. *Eurasian soil science*. Vol. 28, Iss 11, pp. 399-408.

**GIL, A.** (2010) "Arquitectura y tecnología popular en Almería".

**GONZÁLEZ-BOTELLO, M.A. y BULLOCK, S.H.** (2012). " Erosion-reducing cover in semi-arid shrubland". *Journal of Arid Enviorements* 84 (2012) 19-25.

**HENNING, J. A. G. y KELLNER, K.** (1994).- "Degradation of a soil (Aridosol) and vegetation in the semiarid grassland of southern África". *Botanical Bulletin of Academia Sinica*. Vol. 35, Iss 3, pp. 195-199.

**HILL, M.; GARCÍA PRECHAC, F.; TIERRA, J. y SAWCHIK, J.** (2008). "Incorporación del efecto del contenido de agua en el suelo en el modelo USLE/RUSLE para estimar la erosión en Uruguay". *Agrociencia* (2008) Vol XII N°2 pág. 57-67.

**ICONA** (1988). "Agresividad de la lluvia en España. Valores del factor R de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo". Madrid, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. 39 p.

**I.G.M.E.** (1982).- "Mapa Geológico de la Plataforma Continental Española y zonas adyacentes; hoja 84-85-84S-85S (Almería-Garrucha-Chella-Los Genoveses).

**INGELMO, F.; CUADRADO, S.; HERNÁNDEZ, J.; IBÁÑEZ, A.** (1991).- "Degradación física de los suelos de una zona de rañas de la provincia de Salamanca". *Suelo y planta*. 1. pp. 619-630.

**INSTITUTO CARTOGRÁFICO DE ANDALUCÍA.** (1995). "Parque Natural Cabo de Gata-Níjar. Mapa guía". Escala 1:50.000. 1995

**JAIN MANOJ K., MISHRA SURENDRA K., R B SHAH** (2010). "Estimation of sediment yield and areas vulnerable to soil erosion and deposition in a Himalayan watershed using GIS". Dep. Of Hydrology, Indian Institute of Technology, India.

**JEBARI, S.** (2009). "Water erosion modeling using fractal rainfall disaggregation – A study in semiarid Tunisia". *Water resources engineering, Lund University, Sweden*.

**JUNTA DE ANDALUCÍA.** (2004). Modelo de elevación del terreno de Andalucía a 25m de resolución.

**JUNTA DE ANDALUCÍA.** (2008). Plan de Ordenación de Recursos Naturales: Parque Natural Cabo de Gata-Níjar a escala de detalle, 2008 (D. 37/2008). Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía.

**KINNELL, P. I. A.** (2001). "The USLE-M and Modeling Erosion Within Catchments." En D. E. Stott, R. H. Mohtar, y G. C. Steinhardt, ed. ^eds. *Sustaining the Global farm. Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organization Meeting held May 24-29, 1999, West Lafayette, IN., West Lafayette, IN., International Soil Conservation Organization in cooperation with the USDA and Purdue University., pp. 924-928.*

**LAL, R.** (1997).- "Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical alfisol in western Nigeria. 1. Crop yield and soil physical-properties". *Soil & Tillage Research*. Vol. 42, Iss 3, pp. 145-160.

**LAL, R.** (2001). "Soil Erosion: Application of Physically Based Models: J. Schmidt (Ed.), Springer Verlag, Berlin, 2000. Hardbound." *Geoderma*, 103(3-4), pp. 351.

**LEBISSONNAIS, Y. y ARROUAI, D.** (1997).- "Aggregate stability and assessment of soil crustability and erodibility. 2. Application to humic loamy soils with various organic-carbon contents". *European Journal of Soil Science*. Vol. 48, Iss 1, pp. 39-48.

**LIU, J., et al.** (2011). Effects of carbon dioxide enrichment and nitrogen addition on inorganic carbon leaching in subtropical model forest ecosystems. *Ecosystems* 14: 683-697.

**LÓPEZ BERMÚDEZ y ALBALADEJO, J.** (1989).- Degradación de zonas áridas en el entorno mediterráneo. Monografías de la Dirección General de Medio Ambiente. M.O.P.U.

**LÓPEZ BERMUDEZ, F. y ALBALADEJO, J.** (1990).- "Degradación y regeneración del suelo en condiciones ambientales mediterráneas". Albaladejo, Stoching y Días (eds). C.S.I.C. (235).

**LOZANO, F. J.** (1986). "Estudio edáfico del sector comprendido entre la Sierra de las Güájaras y el Río Albuñuelas. Balance de erosión hídrica". Tesis de Licenciatura, Universidad de Granada. 241p.

**LOZANO, F.J.** (1992). "Estudio edáfico de la hoja de Baza (994). Balance de Erosión y Degradación." Serv. De Publ. De la U. De Granada.

**LOZANO, F. J.; ASENSIO, C. M.; ORTEGA, E. Y SIERRA, C.** (1997).- "Evaluación de la erosión hídrica en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar, Almería". *Boletín de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo* nº 2. pp.: 143-151.

**LU, D. et al** (2004). "Mapping soil erosion risk in Rondônia, Brazilian Amazonia: Using RUSLE, remote sensing and GIS". *Land Degradation and Development*, 15: 499-512 (2004).

**MATEU PADILLA, I.C.** (1998).- "Estudio de la degradación física y biológica del suelo en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar". Proyecto Fin de Carrera. E.P.S. 137pp.

**MOFFAT, A. J. y BOSWELL, R. C. (1997).**- “The effectiveness of cultivation using the winged tine on restored sand and gravel workings”. Soil & Tillage Research. Vol. 40, Iss 3-4, pp. 111-124.

**MOREIRA, J.M. (1991).** “Capacidad de uso y erosión de suelos. Una aproximación a la evaluación de tierras en Andalucía”. Junta de Andalucía. A.M.A. Sevilla. 446p.

**MOTA, J. F.; CABELLO, J.; GOMEZ, F. Y PEÑAS, J. (1997).**- “Mapa de series de vegetación de la provincia de Almería”. Instituto de Estudios Almerienses. Almería.

**MOTA POVEDA, J.F; CUETO ROMERO, M; MENDOZA FERNÁNDEZ, A; GUIRADO ROMERO. J.S; MENDOZA CASTELLÓN, R.M.; MORENO LAMPREAVE, D. Y SCHWARZER, H. (2011).** – “Patrimonio vegetal de Cabo de Gata”.

**NAVAS, A., MACHÍN, J., SOTO, J. (2005).** “Assessing soil erosion in Pyrenean mountain catchment using GIS and fallout <sup>137</sup>Cs”. Agriculture, Ecosystems and Environment 105, 493–506.

**NEKHAY, O.; ARRIAZA, M. and BOERBOOM, L. (2009).** “Evaluation of soil erosion risk using Analytic Network Process and GIS: A case study from Spanish mountain olive plantations”. Journal of Environmental Management 90 (2009) 3091 – 3104.

**NENDZA, M.; JACKEL, H.; MULLER, M.; GIESRERSCHEL, A. y KLEIN, W. (1993).**- “Estimation of exposure and ecotoxicity related parameters by computer-based structure-property and structure-activity-relationships”. Toxicological and Environmental Chemistry. Vol. 40, Iss 1-4, pp. 57-69.

**OLIVARES, O. et AL. (2011).** “Evaluation of the USLE model to estimate water erosion in an Alfisol”. Journal Soil Science, Plant Nutr. 11(2): 71-84.

**ORTEGA, E.; SIERRA, C.; ASENSIO, C.; MARTÍNEZ, J. y LOZANO, J. (1996).**- “Degradación de suelos en la zona oriental de Sierra Nevada”. 1ª Conferencia Internacional Sierra Nevada. Dpto. de Edafología y Química Agrícola. Facult. de Farmacia. Univ. de Granada.

**PEREZ PUJALTE, A. Y OYONARTE, C. (1989a).**- “Mapa de suelos de la hoja 1045 (Almería)”. E. 1:100.000. Proyecto LUCDEME. Revisatlas. Madrid.

**PEREZ PUJALTE, A. Y OYONARTE, C. (1989b).**- “Mapa de suelos de la hoja 1031 (Sorbas)”. E. 1:100.000. Proyecto LUCDEME. Revisatlas. Madrid.

**PÉREZ MOREIRA, R. y DÍAZ-FIERROS VIQUEIRA, F.** (1989).- “Resistencia del suelo y susceptibilidad a la compactación en terrenos de monte sometidos a pastoreo”. An. Edafol. Agrobiol. pp. 547-560.

**POESEN, J. y LAVEE, M.** (1994).- “Rock fragments in top soils. Significance and processes”. Catena. Vol. 23, Iss 1-2, pp. 1-28.

**PORTA, J.; LÓPEZ-ACEVEDO, M. y ROQUERO, C.** (1994). “Edafología para la agricultura y el medio ambiente”. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.

**PROVENZAL, D. & MOLINA, P.** (1989). “Campos de Níjar: cortijeros y areneros”. Instituto de Estudios Almerienses. Almería.

**PROFFITT, A. P. B.; BENDOTTI, S. y MCGARRY, D.** (1995).- “A comparison between continuous and controlled grazing on a red duplex soil. 1. Effects on soil physical characteristics”. Soil & Tillage Research. Vol. 35, Iss 4, pp. 199-210.

**PUIGDEFÁBREGAS, J.et al.** (1997). “Effect of the canopy of Retama sphaerocarpa on its understorey in a semiarid environment”. Functional Ecology, 11: 425–431.

**RENARD K.G AND FERREIRA V.A.** (1993). – “RUSLE model description and database sensitivity”. Journal of Environmental Quality 22(3), 458–466.

**RUBIO, J.L.** (1984). “Metodología de evaluación de la erosión hídrica en suelos del áreamediterránea”. I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Madrid. II: 827-836.

**SAKURA, K.; KOZASA, S.; YUASA, T.; PURIYAKORN, B.; PREECHAPANYA, P.; TANPIBAL, V.; MUANGNIL, K. y PRACHAIYO, B.** (1996).- “Changes in soil properties after land degradation associated with various human activities in Thailand”. Soil Science and Plant Nutrition. Vol. 42, Iss 1, pp. 81-92.

**SÁNCHEZ DÍAZ, J.; BOLUDA, R.; ARTIGAO, A.; MORELL, C.; COLOMER, J. C. y GUARDADO, R.** (1994).- “Desertificación en Castilla-La Mancha. El proyecto EFEDA”. ED. Universidad de Castilla-La Mancha.

**SANCHEZ GARRIDO, J.A.** (1992).- “Las tierras de la hoja de Carboneras (1.046)”. Tesis doctoral . Servicio de Publicaciones de la Universidad de Granada.

**SAPOZHNIKOV, P. M.** (1995).- “Man-induced soil physical degradation”. Eurasian Soil Science. Vol. 27, Iss 12, pp. 42-57.

**SIMON TORRES, M. ET AL.** (1998).- “Investigaciones recientes de la Geomorfología española”.- Ed. Gómez Ortiz, A. y Salvador Franch, F. pp.: 557-568.

**SIOSE** (2005). “Base cartográfica SIOSE Andalucía, provincia de Almería, a escala 1:10.000 del año 2005. Nivel de detalle”. REDIAM.

**SOANE, B. D. y VANOUWERKERK, C.** (1995).- “Implications of soil compaction in crop production for the quality of the environment”. Soil & Tillage Research. Vol. 35, Iss 1-2, pp. 5-22.

**SOIL TAXONOMY** (2007). Keys to soil Taxonomy:2007.

**SOIL TAXONOMY** (2011). Keys to Soil Taxonomy: 2010, 11th edition.

**SOLÉ-BENET, A., LÁZARO, R., DOMINGO, F., CANTÓN, Y. y PUIGDEFÁBREGAS, J.** (2010).- “why most agricultural terraces in steep slopes in semiarid se spain remain well preserved since their abandonment 50 years ago?”. Pirineos.Revista de Ecología de Montaña. Vol. 165, 215-235.

**SZABOLCS, I.** (1990).” Impact of climatic change on soil attributes. Influence on salinization and alkalinization”. In: Scharpenseel, H. W., Schomaker, M. & Ayoub, A. (eds.) Soils on a Warmer Earth. Elsevier. Amsterdam pp. 61–69.

**TUDELA, M. L.; ALIAS, J.; MARTÍNEZ, J. y NAVARRO, F.** (1994).- “Evolución del estado de degradación de los suelos calizos de “Los Bernabeles” a partir del análisis factorial”. Geomorfología en España. III Reunión de Geomorfología. Sociedad Española de Geomorfología. Logroño.

**VAEZI, A.R.; et AL** (2010). “Spatial variability of soil erodibility factor (K) of the USLE in North West of Iran”. J. Agr. Sci. Tech (2010) Vol.12: 241-252.

**VAN WESEMAEL, B.; POESEN, J. y DE FIGUEIREDO, T.** (1995).- “Effects of rock fragments on physical degradation of cultivated soils by rainfall”. Soil & Tillage Research. Vol. 35, Iss 3-4, pp. 229-250.

**VISSER, S.M.; STERK, G. y RIBOLZI, O.** (2004). "Techniques for simultaneous quantification of wind and water erosion in semi-arid regions". *Journal of Arid Environment* 59 (2004) 699-717.

**WISCHMEIER, W. H. Y MANNERING, V.** (1969).- "Relation of soil properties to its erodibility". *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 23.

**WISCHMEIER, W. H.** (1975). "Estimating the Soil Loss Equation's cover and management factor for undisturbed areas". *Agricultural Research Service. USDA. ARS-S-40. Present and prospective technology for predicting sediment yields and sources.* Pág. 118-124.

**WISCHMEIER, W. H. Y SMITH, D. D.** (1978). "Predicting rainfall-erosion losses". *Handbook nº 537. USDA.*

**YASSAGLOU, N.J.** (1987). "The production potential of soils. Part II-Sensitivity of the Soil systems in Southern Europe to Degrading Influences" *Scientific basis for Soil Protection in the European Community.* Elsevier Science Publishers Ltd. England.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA (que no aparece en el texto):

**AGGARWAL, R. K. ET AL.**- "Annuals of Arid Zone". 33(1). Mar. pp.: 1-18.

**ALCARAZ, F., DÍAZ, T.E., RIVAS-MARTÍNEZ, S. & SÁNCHEZ GÓMEZ, P.** (1989). "Datos sobre la vegetación del sureste de España: provincia biogeográfica Murciano-Almeriense". *Itinera Geobotanica* 2: 1-133.

**ANDRADE, M.** (1995).- "Revista de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS)". Volumen I. Dic. pp.:9-16.

**AWETO, A. O. Y AYUBA, H. K.** (1993).- "Biological Agriculture and Horticulture". 9(4). pp.: 343-352.

**BLAZQUEZ RODRIGUEZ, R. ET AL.** (1997).- "Revista de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS)". Vol. II. Sept. pp.: 59-68.

**B.O.E.** (1989).- Real Decreto 27 de octubre 1989, mm. 1317/1989 del M.O.P.U. (nº 264). Metrología. Unidades legales de medida. pp.: 7082-7090.

**BURROUGH, P. A.** (1986). "Principles of geographical information system for land resources assessment". Oxford: Clarendon Press.

**COBERTERA LAGUNA, E.** (1993).- "Edafología aplicada". pp.:142-150.

**COSTA VILAMAJO, J.** (1993).- "Hoja divulgadora M.A.P.A." Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario. 40pp.

**DALLAND, A. ET AL.** (1993).- "Agroforestry Systems" 21(2). Feb. pp.: 117-132.

**DE VENDE, J.; POESEN, J.; VERSTRAETEN, G.; VAN ROMPAEY, A. y GOVERS, G.** (2008). "Spatially distributed modelling of soil erosion and sediment yield at regional scales in Spain". Global and Planetary Change 60 (3-4), 393-415.

**DRINKWATER, L. E. ET AL.** (1998).- "Nature". 396 (7708) Nov. 19. pp.: 262-265.

**EAST, R. M. Y FELKER, P.)** (1993).- "Agroforestry Systems" 22(2). March. pp.: 91-110.

**F.A.O.** (1984).- "SI units and nomenclature Soil Science". By Hesse, P. R. F.A.O. Soil Resources Management and Conservation Service. Land and WaterDevelopment Division. Rome. Bol 28.

**F.A.O.** (1988).- "Soil Map of the world 1:5.000.000". Food and Agriculture Organizatio the United Nations. Report 60. Roma. Italia.

**GARCIA RASO, J. E.** (1992). "Fauna y Flora marinas del Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar". Junta de Andalucía. 288pp.

**GARCIA ROSSELL, L. Y NAVARRO FLORES, A.** (1997).- "Recursos Naturales y Medio Ambiente en el Sureste Peninsular". Instituto de Estudios Almerienses. Ayuntamiento de Cuevas de Almanzora. 554 pp.

**GAUCHER, G.** (1971).- El suelo y sus características agronómicas. Ed. Omega. Barcelona.

**HENIN, S.; GRAS, S. Y MONNIER, G.** (1972).- "El perfil cultural". Ed. Mundi-Prensa. 341pp. Madrid.

- HICKEY, R.** (2000). Slope angle and slope length solutions for GIS. *Cartography* 29 (1),1–8.
- FISTIKOGLI, O., HARMANCIUGLU, N. B.** (2002). “Integration of GIS with USLE in Assessment of Soil Erosion”. Faculty of Engineering, Dokuz Eylul University, Izmir, Turkey.
- KORSHENS, M.** (1993).- “Eurasian Soil Science” 25(2). Feb. pp.: 25-36.
- LOPEZ RITAS, J. Y LOPEZ MELLIDA, J.** (1985).- “El diagnóstico de suelos y plantas”. Ed. Mundi-Prensa. 4ª Edición. 368pp.
- MARTINEZ VILLAR, E. ET AL.** (1997).- “Revista de Edafología”. Vol. II (3-1). Sep. pp.: 153-159.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACION** (1982).- “Mapa de cultivos y aprovechamientos de la provincia de Almería”. 1:200.000. Excma. Diputación de Almería.
- PAPADAKIS, J.** (1970).- “Agricultural potencialities of world climates”. Buenos Aires.
- POPOVA, L. V.** (1993).- “Eurasian Soil Science”. 25(4) Apr. pp.: 96-100.
- SCHREIER, H. ET AL.** (1994).- “Soil Use and Management”. 10(3). Sept. pp.: 137-142.
- TUDELA, M. L. Y MARTINEZ SANCHEZ, J.** (1997).- “Desertización progresiva en el SE peninsular y su relación con la puesta en cultivo”. pp.: 433-441.

DIRECCIONES WEB CONSULTADAS:

**PROYECTO LUCDEME.** <http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/lucha-contra-la-desertificacion/proyecto-lucdeme/>.

**UN CONVENTION TO COMBAT DESERTIFICATION.**

<http://www.unccd.int/en/programmes/Pages/home.aspx>

**DEPOSITO DE DOCUMENTOS FAO.** <http://www.fao.org/docrep/V0265S/V0265S00.htm>

**UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE.**

<http://www.md.nrcs.usda.gov/technical/agronomy/rusle.html>

**CONSEJERÍA DE AGRICULTURA, PESCA Y MEDIO AMBIENTE.**

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/rediam>

**CATÁLOGO DE METADATOS DEL MAGRAMA.**

<http://www.magrama.gob.es/ide/metadatos/>

**SYSTEM FOR AUTOMATED GEOSCIENTIFIC ANALYSES.** <http://www.saga->

[gis.org/en/index.html](http://www.saga-gis.org/en/index.html)

# ANEXO I

**Método USLE.**

Tabla nº1: Cálculo del Factor R

	Ri	P	pi	N	F
Perfil nº 1.031-21	78.08	290	51.5	1	33.16
Perfil nº 1.031-22.	94.06	359	52	1	37.25
Perfil nº 1.031-59	52.01	233.7	31.1	1	26.07
Perfil nº 1.045-20	40.40	198	32	1	22.71
Perfil nº 1.046-2	21.68	150	23.1	1	16.97
Perfil nº 1.046-4	34.32	188.1	24.5	1	20.89
Perfil nº 1.046-5	39.61	202.7	27.7	1	22.47
Perfil nº 1.046-6	30.83	176.5	25.6	1	19.83
Perfil nº 1.046-8	33.18	185.1	26.1	1	20.54
Perfil nº 1.046-10	26.94	166.3	24.5	1	18.62
Perfil nº 1.046-11	32.96	183.1	26.2	1	20.48
Perfil nº 1.046-12	27.58	166.1	24.7	1	18.82
Perfil nº 1.046-13	32.80	183.3	23.9	1	20.43
Perfil nº 1.046-15	29.39	169.7	25.4	1	19.38
Perfil nº 1.046-17	17.84	135.5	21.9	1	15.74
Perfil nº 1.046-18	30.36	176.1	25.3	1	19.68
Perfil nº 1.046-35	30.55	172.1	25.7	1	19.74
Perfil nº 1.046-41	33.18	185.9	25.9	1	20.54
Perfil nº 1.046-47	29.47	173.9	25.1	1	19.41
Perfil nº 1.046-48	32.48	182.5	26	1	20.33
Perfil nº 1.059-1	28.81	177.1	25.8	1	19.21
Perfil nº 1.059-3	20.03	143	23.9	1	16.44
Perfil nº 1.059-5	21.50	151.2	24.5	1	16.91
Perfil nº 1.059-6	16.77	126.5	23.2	1	15.39
Perfil nº 1.059-7	24.59	163.1	25	1	17.89
Perfil nº 1.059-8	23.81	160.2	25.1	1	17.64
Perfil nº 1.059-9	22.78	156.3	24.7	1	17.32
Perfil nº 1.060-1	17.77	133.9	22.1	1	15.71
Perfil nº 1.060-2	23.56	154.7	23.8	1	17.57
Perfil nº 1.060-3	17.60	130.8	22.5	1	15.66
Perfil nº 1.060-4	21.76	145.2	23.3	1	17.00
Perfil nº 1.060-5	16.84	137.7	22.2	1	15.41
Perfil nº 1.060-6	15.83	126.2	21.8	1	15.08
Perfil nº 1.060-7	24.59	163.1	25	1	17.89
Perfil nº 1.060-30	27.66	163.7	24.7	1	18.85

Tabla nº1 (continuación): Datos de precipitación para el cálculo del factor R.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
25.00	22.00	31.00	32.00	26.00	5.00	5.00	1.00	15.00	51.00	40.00	37.00	290.00
32.00	27.00	40.00	43.00	35.00	16.00	3.00	3.00	29.00	52.00	38.00	41.00	359.00
27.20	23.70	26.40	28.90	22.40	4.20	1.30	2.20	11.30	27.90	31.10	29.30	233.70
20.00	21.00	22.00	32.00	15.00	6.00	1.00	0.00	8.00	26.00	19.00	28.00	198.00
21.50	13.60	15.90	23.10	15.80	3.30	1.50	1.40	4.30	15.70	18.90	15.00	150.00
23.10	16.90	19.80	26.40	19.80	3.60	1.60	1.60	6.90	23.30	24.50	20.50	188.10
24.50	19.50	21.00	27.70	20.50	3.60	1.60	1.70	8.20	24.40	26.70	23.50	202.70
22.40	16.00	18.90	25.60	18.90	3.20	1.70	1.40	5.70	21.30	22.90	18.60	176.50
23.00	16.50	19.40	26.10	19.50	3.70	1.60	1.60	6.70	22.80	24.00	20.10	185.10
22.20	15.00	17.60	24.50	17.60	3.40	1.60	1.50	5.40	19.00	21.30	17.30	166.30
23.60	18.40	19.30	26.20	18.40	2.90	1.60	1.40	6.60	20.00	23.90	20.70	183.10
23.40	18.00	17.40	24.70	15.90	2.60	1.50	1.30	5.60	15.10	21.50	18.90	166.10
23.90	18.50	19.00	26.00	18.20	3.20	1.50	1.50	6.90	19.70	23.90	21.00	183.30
23.40	18.80	18.10	25.40	16.40	2.10	1.70	1.00	5.50	15.60	22.10	19.40	169.70
21.50	13.60	14.30	21.90	13.50	2.90	1.50	1.30	3.50	11.00	16.90	13.70	135.50
24.00	18.40	18.10	25.30	17.00	3.20	1.40	1.60	6.70	17.30	22.80	20.40	176.10
23.50	19.30	18.50	25.70	16.60	2.00	1.70	1.00	5.60	15.90	22.50	19.90	172.10
24.70	19.20	18.80	25.90	17.70	3.60	1.30	1.80	7.70	19.00	24.10	22.00	185.90
22.10	14.90	18.40	25.10	18.80	3.60	1.60	1.50	5.70	21.60	22.40	18.00	173.90
23.00	17.00	19.20	26.00	19.00	3.40	1.60	1.50	6.50	21.60	23.70	20.00	182.50
25.80	17.80	16.40	23.80	15.70	5.20	0.70	2.70	8.90	16.10	22.30	21.60	177.10
23.90	16.00	13.70	21.60	12.20	3.80	0.90	2.00	5.80	8.70	17.70	16.70	143.00
24.50	15.90	14.10	21.80	13.00	4.50	0.80	2.40	6.90	10.80	18.70	17.90	151.20
23.20	15.20	12.30	20.40	10.30	3.20	1.00	1.70	4.40	4.80	15.40	14.50	126.50
25.00	16.50	15.20	22.70	14.40	4.90	0.70	2.60	7.80	13.50	20.30	19.50	163.10
25.10	16.40	14.70	22.40	13.90	5.00	0.70	2.60	7.80	12.60	19.90	19.20	160.20
24.70	16.20	14.60	22.20	13.60	4.70	0.80	2.50	7.20	12.00	19.40	18.50	156.30
22.1	14.6	13.9	21.6	12.6	2.8	1.4	1.3	3.8	9	16.6	14.2	133.9
23.8	17	15.5	23.1	14	3.2	1.2	1.7	5.8	11.8	19.6	17.9	154.7
22.5	15.1	13.4	21.3	11.7	2.7	1.3	1.3	3.8	7.2	16.2	14.3	130.8
23.3	17.3	14.9	22.7	12.9	2.4	1.4	1.3	4.7	9.1	18.4	16.4	145.2
22	14.9	14.6	22.2	13.2	2.5	1.5	1.2	3.7	0.1	17.3	14.6	137.7
21.8	13.8	13.1	20.9	11.8	2.8	1.3	1.3	3.3	7.5	15.5	13.1	126.2
25.00	16.50	15.20	22.70	14.40	4.90	0.70	2.60	7.80	13.50	20.30	19.50	163.10
23.7	18.9	17.2	24.7	15.2	2.2	1.5	1.2	5.5	13.3	21.2	19.1	163.7

Tabla nº2: Cálculo del Factor K.

	Ac (%)	Arena (%)	Limo (%)	L+Armf(%)	T	C.O. (%)	MO(%)	Estructura	E	Textura	P	K
Perfil nº 1.031-21	19	6.43	31.5	37.93	3072.3	1.52	2.622	Granular fina	2	Franca	3	0.24
Perfil nº 1.031-22.	19	6.93	28.9	35.83	2902.2	0.59	1.0178	Granular fina	2	Franca	3	0.26
Perfil nº 1.031-59	21.4	5.87	40.9	46.77	3676.1	1.38	2.3805	Granular fina	2	Franca	3	0.30
Perfil nº 1.045-20	15.6	21.5	30.6	52.1	4397.2	1.63	2.8118	Granular media	3	Franca-arenosa	2	0.36
Perfil nº 1.046-2	18.7	12.6	21.2	33.8	2747.9	1.17	2.0183	Migajosa fina	2	Franca-arenosa	2	0.19
Perfil nº 1.046-4	18.6	18.8	25.6	44.4	3614.2	0.29	0.5003	Migajosa fina	2	Franca-arenosa	2	0.32
Perfil nº 1.046-5	19.4	23.5	20.5	44	3546.4	0.83	1.4318	B. subangulares	4	Franca-arenosa	2	0.37
Perfil nº 1.046-6	31.6	9.6	19.8	29.4	2011	0.85	1.4663	B. subangulares	4	Franca-arcillo-arenosa	3	0.25
Perfil nº 1.046-8	44	0.9	50.4	51.3	2872.8	1.38	2.3805	B. subangulares	4	Arcillo - Limosa	4	0.34
Perfil nº 1.046-10	19.3	4.1	21	25.1	2025.6	1.43	2.4668	B. subangulares	4	Franca-arenosa	2	0.20
Perfil nº 1.046-11	22.2	30.5	27.2	57.7	4489.1	1.55	2.6738	Migajosa mediana	3	Franca-arcillo-arenosa	3	0.41
Perfil nº 1.046-12	23.6	12.7	21.5	34.2	2612.9	1.06	1.8285	Migajosa mediana	3	Franca-arcillo-arenosa	3	0.26
Perfil nº 1.046-13	16.1	29.1	28.3	57.4	4815.9	1.05	1.8113	B. subangulares	4	Franca-arenosa	2	0.49
Perfil nº 1.046-15	26.8	9.1	29.8	38.9	2847.5	0.61	1.0523	B. subangulares	4	Arenosa	1	0.28
Perfil nº 1.046-17	13.5	17.3	26.4	43.7	3780.1	0.65	1.1213	Sin estructura		Franca-arenosa	2	0.24
Perfil nº 1.046-18	24.3	26.9	27.7	54.6	4133.2	1.24	2.139	Migajosa fina	2	Franca-arcillo-arenosa	3	0.35
Perfil nº 1.046-35	24.1	5.7	25.8	31.5	2390.9	1.53	2.6393	Migajosa Gruesa	3	Franca-arcillo-arenosa	3	0.22
Perfil nº 1.046-41	32	8.2	29.9	38.1	2590.8	1.18	2.0355	B. subangulares	4	Franco - arcillosa	4	0.33
Perfil nº 1.046-47	14	9.5	23.3	32.8	2820.8	0.34	0.5865	B. subangulares	4	Franca-arenosa	2	0.32
Perfil nº 1.046-48	11.8	12.4	21.1	33.5	2954.7	1.07	1.8458	Granular media	3	Franca-arenosa	2	0.26
Perfil nº 1.059-1	13	16.1	10.7	26.8	2331.6	0.63	1.0868	B. subangulares	4	Franca-arenosa	2	0.26
Perfil nº 1.059-3	14.8	3.6	17	20.6	1755.1	1.05	1.8113	Migajosa mediana	3	Franca-arenosa	2	0.15
Perfil nº 1.059-5	57.1	1.6	38.9	40.5	1737.5	1.3	2.2425	B. subangulares	4	Limo - arcillosa	5	0.28
Perfil nº 1.059-6	21.2	7.8	18.7	26.5	2088.2	1.35	2.3288	Granular gruesa	4	Franca-arcillo-arenosa	3	0.24
Perfil nº 1.059-7	8.7	6.2	8.6	14.8	1351.2	1.06	1.8285	Sin estructura	4	Arenosa	1	0.12
Perfil nº 1.059-8	8.3	1.6	0.3	1.9	174.23	1.1	1.8975	Sin estructura	4	Arenosa	1	0.03
Perfil nº 1.059-9	28.8	5.7	8.7	14.4	1025.3	1.73	2.9843	B. subangulares	4	Franca-arcillo-arenosa	3	0.15
Perfil nº 1.060-1	33.5	8.2	33.4	41.6	2766.4	0.59	1.0178	Sin estructura	4	Franco - arcillosa	4	0.37

Estudio de la erosión hídrica en el Parque Natural Cabo de Gata-Níjar  
Anexo I

Perfil nº 1.060-2	11.1	6.2	6.2	12.4	1102.4	0.62	1.0695	Sin estructura	4	Arenosa-Franco	1	0.11
Perfil nº 1.060-3	26.4	2.8	19.6	22.4	1648.6	1.38	2.3805	B. subangulares	4	Franco-Arenosa	2	0.17
Perfil nº 1.060-4	62.1	4.6	16.4	21	795.9	1.36	2.346	B. subangulares	4	Arcillosa	6	0.23
Perfil nº 1.060-5	18.3	9.1	7.4	16.5	1348.1	1.7	2.9325	Migajosa fina	2	Areno-Limosa	4	0.12
Perfil nº 1.060-6	38.6	10.5	7.9	18.4	1129.8	1.6	2.76	B. subangulares	4	Arcillo - Arenosa	4	0.19
Perfil nº 1.060-7	26.4	2.8	19.6	22.4	1648.6	1.17	2.0183	Migajosa fina	2	Franco-Arenosa	2	0.09
Perfil nº 1.060-30	42.8	0.4	15.1	15.5	886.6	0.82	1.4145	Granular muy fina	1	Arcillosa	6	0.12

Tabla nº3: Cálculo del Factor LS.

	LS	%	$\lambda$	$\theta$	m
Perfil nº 1.031-21	79	0.55	453.3760935	0.502843211	0.5
Perfil nº 1.031-22.	52	0.5	259.4684125	0.463647609	0.5
Perfil nº 1.031-59	32	0.37	249.8437349	0.354379919	0.5
Perfil nº 1.045-20	0.6	0.04	84.09993438	0.039978687	0.4
Perfil nº 1.046-2	0.1	0.01	13.0613454	0.009999667	0.3
Perfil nº 1.046-4	7	0.1	8693.578798	0.099668652	0.3
Perfil nº 1.046-5	0.5	0.02	638.7224921	0.019997334	0.3
Perfil nº 1.046-6	3	0.1	146.4057561	0.099668652	0.5
Perfil nº 1.046-8	0.1	0	190.7280773	0	0.2
Perfil nº 1.046-10	1	0.05	106.5050949	0.049958396	0.5
Perfil nº 1.046-11	0.3	0.01	508.6184345	0.009999667	0.3
Perfil nº 1.046-12	1	0.07	44.85937661	0.069886002	0.5
Perfil nº 1.046-13	2	0.05	426.0203794	0.049958396	0.5
Perfil nº 1.046-15	1	0.07	44.85937661	0.069886002	0.5
Perfil nº 1.046-17	0.1	0	190.7280773	0	0.2
Perfil nº 1.046-18	2	0.07	179.4375064	0.069886002	0.5
Perfil nº 1.046-35	24	0.15	2680.299008	0.148889948	0.5
Perfil nº 1.046-41	52	0.3	1303.239937	0.291456794	0.5
Perfil nº 1.046-47	27	0.18	1884.870359	0.178092938	0.5
Perfil nº 1.046-48	19	0.23	417.6757766	0.226068388	0.5
Perfil nº 1.059-1	0.3	0.01	508.6184345	0.009999667	0.3
Perfil nº 1.059-3	6	0.12	337.3100209	0.119428926	0.5
Perfil nº 1.059-5	0.2	0	6103.298473	0	0.2
Perfil nº 1.059-6	6	0.15	167.518688	0.148889948	0.5
Perfil nº 1.059-7	0.3	0.01	508.6184345	0.009999667	0.3
Perfil nº 1.059-8	0.2	0.01	131.6501121	0.009999667	0.3
Perfil nº 1.059-9	0.2	0	6103.298473	0	0.2
Perfil nº 1.060-1	2	0.05	426.0203794	0.049958396	0.5
Perfil nº 1.060-2	1	0.04	301.5904123	0.039978687	0.4
Perfil nº 1.060-3	2	0.06	269.8522929	0.059928155	0.5
Perfil nº 1.060-4	3	0.07	403.7343895	0.069886002	0.5
Perfil nº 1.060-5	18	0.2	593.7479284	0.19739556	0.5
Perfil nº 1.060-6	0.2	0.01	131.6501121	0.009999667	0.3
Perfil nº 1.060-7	3	0.1	146.4057561	0.099668652	0.5
Perfil nº 1.060-30	48	0.15	10721.19603	0.148889948	0.5

Tabla nº4: Cálculo del factor C.

	Tipo	% Cobertura	tipo	% Suelo	c
Perfil nº 1.031-21	Matorral porte medio	50	G	20	0.13
Perfil nº 1.031-22.	Matorral porte medio	50	G	20	0.13
Perfil nº 1.031-59	Matorral subserial	25	W	20	0.2
Perfil nº 1.045-20	Esparto	25	G	20	0.17
Perfil nº 1.046-2	Labores hortícolas	**	**	**	0.52
Perfil nº 1.046-4	Cultivos Abandonados	0	G	20	0.2
Perfil nº 1.046-5	Tomillar- Espartal	50	W	20	0.16
Perfil nº 1.046-6	Tomillar- Espartal	50	W	20	0.16
Perfil nº 1.046-8	Cultivos Abandonados + olivos	25	W	20	0.22
Perfil nº 1.046-10	Secano abandonado	0	G	20	0.2
Perfil nº 1.046-11	Tomillar. Cultivo abandonado	0	G	20	0.2
Perfil nº 1.046-12	Tomillar. Cultivo abandonado	0	G	20	0.2
Perfil nº 1.046-13	Cultivo abandonado	0	G	20	0.2
Perfil nº 1.046-15	Cultivo abandonado	0	G	20	0.2
Perfil nº 1.046-17	Cultivo de secano	**	**	**	0.55
Perfil nº 1.046-18	Cultivo de secano	**	**	**	0.55
Perfil nº 1.046-35	Cultivo abandonado	0	W	20	0.24
Perfil nº 1.046-41	Tomillar- Espartal	50	W	20	0.16
Perfil nº 1.046-47	Cultivo de cereales	**	**	**	0.24
Perfil nº 1.046-48	Esparto	25	G	20	0.17
Perfil nº 1.059-1	Cultivo de pitas abandonado	0	W	20	0.24
Perfil nº 1.059-3	Espartal muy ralo	25	G	20	0.17
Perfil nº 1.059-5	Matorral halófito	90	W	20	0.14
Perfil nº 1.059-6	Espartal + Palmito	25	G	20	0.17
Perfil nº 1.059-7	Matorral termófilo	0	G	20	0.2
Perfil nº 1.059-8	Vegetación xerófitica	50	W	20	0.16
Perfil nº 1.059-9	Cultivo abandonado	0	W	20	0.24
Perfil nº 1.060-1	Termófila de baja cobertura	25	W	20	0.2
Perfil nº 1.060-2	Vegetación xerófitica	0	W	20	0.24
Perfil nº 1.060-3	Tomillar de degradación	25	G	20	0.17
Perfil nº 1.060-4	Cultivo abandonado	0	W	20	0.24
Perfil nº 1.060-5	Vegetación xerófitica	50	G	20	0.13
Perfil nº 1.060-6	Cultivo abandonado	0	W	20	0.24
Perfil nº 1.060-7	Vegetación xerófitica	50	G	20	0.13
Perfil nº 1.060-30	Cultivo esporádico de cereales	0	G	20	0.2

Tabla nº5: Cálculo del factor P.

	Prácticas	P
Perfil nº 1.031-21		1
Perfil nº 1.031-22.		1
Perfil nº 1.031-59		1
Perfil nº 1.045-20		1
Perfil nº 1.046-2	Terrazas	0.12
Perfil nº 1.046-4		1
Perfil nº 1.046-5		1
Perfil nº 1.046-6		1
Perfil nº 1.046-8	Terrazas	0.18
Perfil nº 1.046-10		1
Perfil nº 1.046-11		1
Perfil nº 1.046-12		1
Perfil nº 1.046-13		1
Perfil nº 1.046-15		1
Perfil nº 1.046-17		1
Perfil nº 1.046-18	Terrazas	0.1
Perfil nº 1.046-35		1
Perfil nº 1.046-41		1
Perfil nº 1.046-47		1
Perfil nº 1.046-48		1
Perfil nº 1.059-1		1
Perfil nº 1.059-3		1
Perfil nº 1.059-5		1
Perfil nº 1.059-6		1
Perfil nº 1.059-7		1
Perfil nº 1.059-8		1
Perfil nº 1.059-9		1
Perfil nº 1.060-1		1
Perfil nº 1.060-2		1
Perfil nº 1.060-3		1
Perfil nº 1.060-4		1
Perfil nº 1.060-5		1
Perfil nº 1.060-6		1
Perfil nº 1.060-7		1
Perfil nº 1.060-30		1

Nota: Se le ha asignado el valor de 1 a los lugares donde no aparecen técnicas de conservación del suelo por no afectar a la ecuación de la USLE.

**Método GIS/USLE:** Vease plano adjunto.

**Fotografías.**



Visita de campo. Sección de suelo expuesta en el Parque.



Leptosol típico de la zona de estudio.



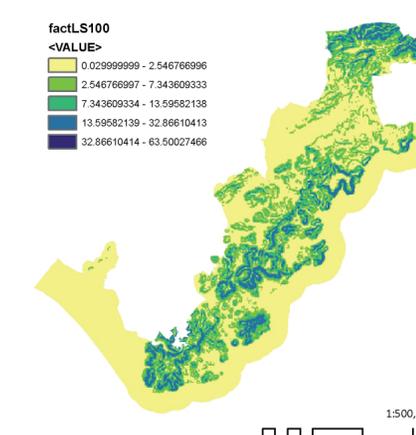
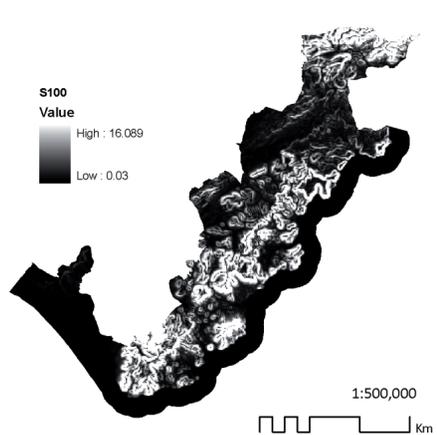
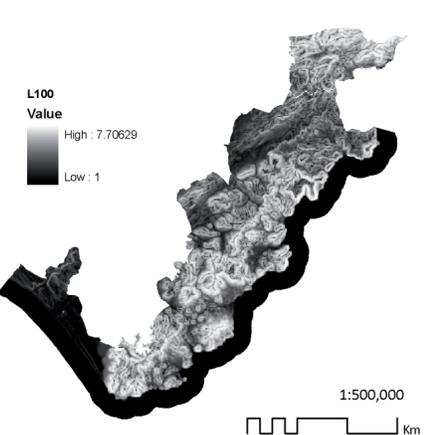
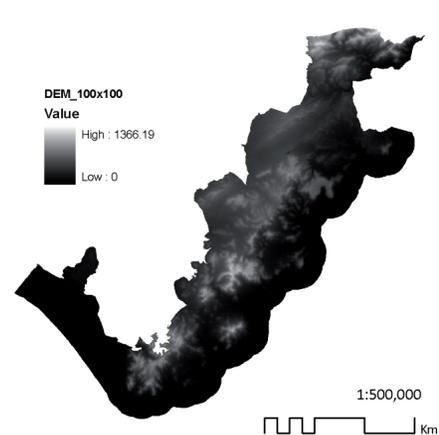
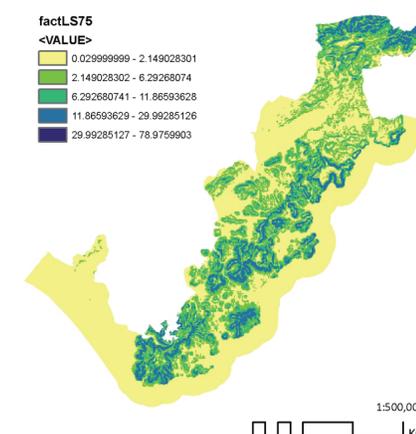
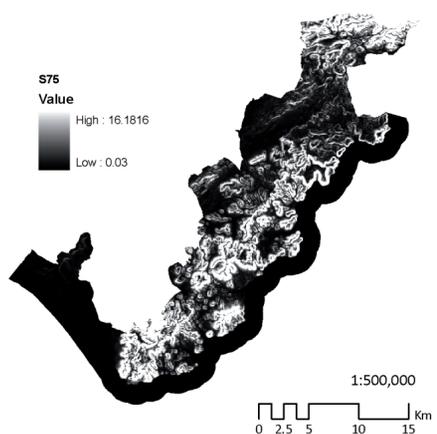
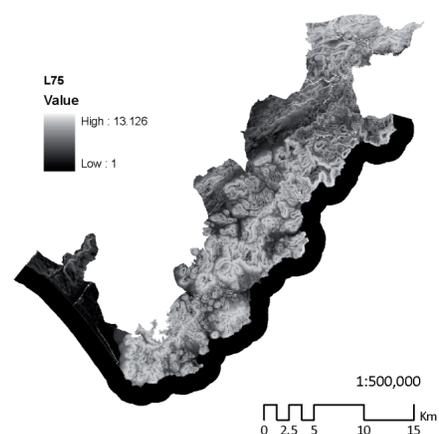
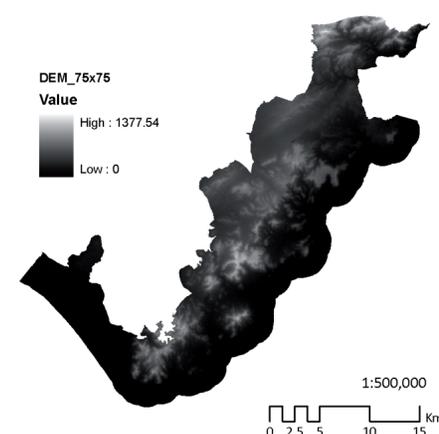
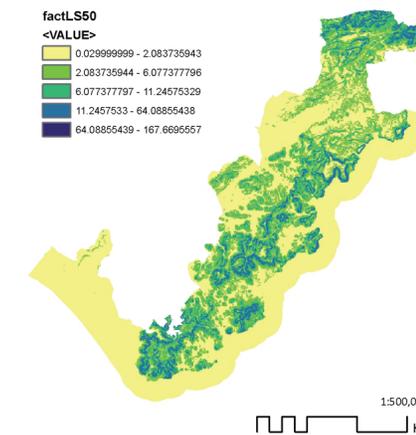
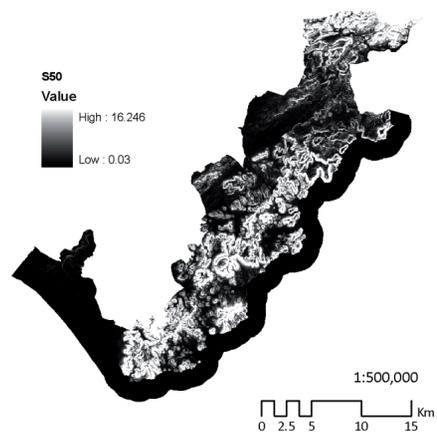
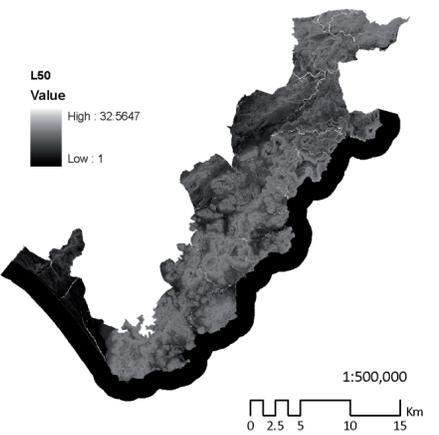
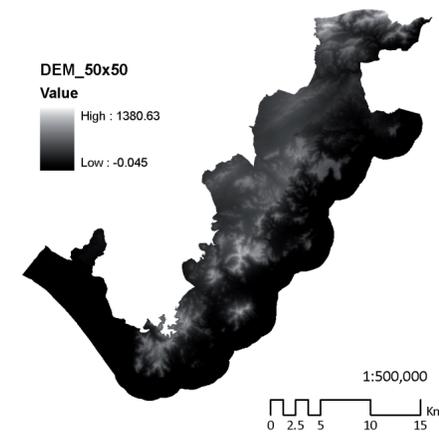
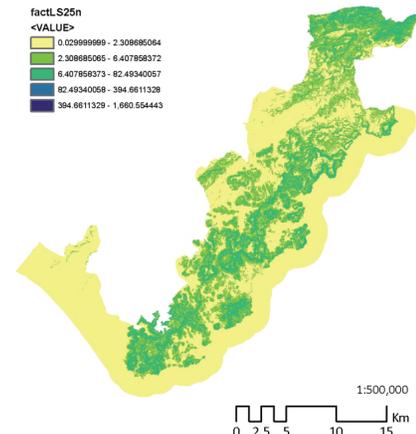
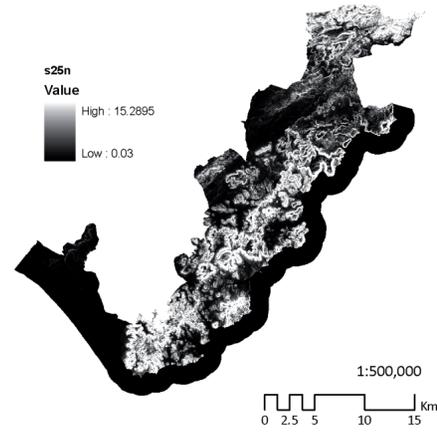
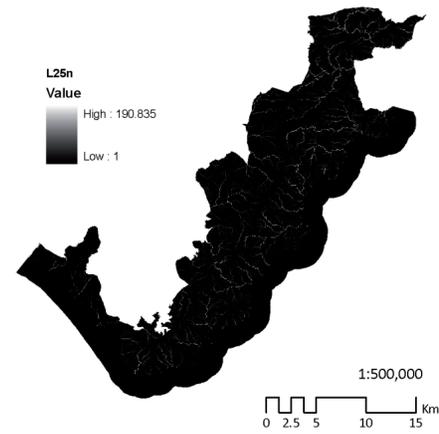
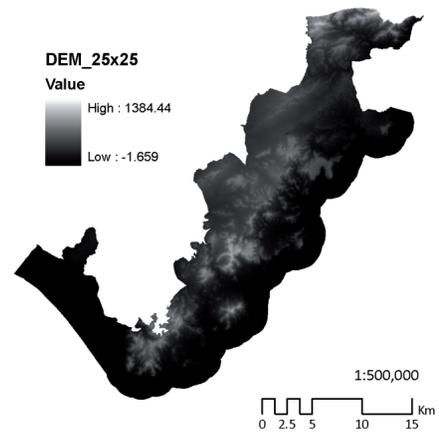
Vista de la topografía propia de la zona, con los Cerros de Martos (325m) y Santa Cruz (434m) al fondo.



Vegetación típica del Parque Natural. Puede verse el uso de cultivos en terrazas.



Suelo productivo. Cultivos en el interior del Parque.



En nuestro caso hemos optado por la metodología propuesta por Desmet y Govers en 1996. Procediendo de la siguiente manera:

Calculamos el factor L: Donde  $\lambda$  es la longitud de la pendiente (m), m es el exponente de la longitud de la pendiente y  $\beta$  es el ángulo de la pendiente. La longitud de la pendiente se define como la distancia horizontal desde donde se origina el flujo superficial al punto donde comienza la deposición o donde la escorrentía fluye a un canal definido.

$$m = \frac{F}{(1+F)} \quad F = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3(\sin \beta)^{0.8+0.56}}$$

Determinamos el valor de L, según Desmet y Govers, 1996:

$$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{x^m \cdot D^{m+2} \cdot 22.13^m}$$

donde  $A_{(i,j)}$ [m] es el área aportadora unitaria a la entrada de un pixel (celda), D es el tamaño del pixel y x es el factor de corrección de forma.

Para ello hemos calculado el área de contribución (A) para el modelo de elevación en cuestión, según el siguiente procedimiento:

Arc Toolbox → Spatial Analyst tool → Hydrology → Fill.

A continuación:

Arc Toolbox → Spatial Analyst tool → Hydrology → Flow Direction.

Seguido de:

Arc Toolbox → Spatial Analyst tool → Hydrology → Flow Accumulation.

Calculamos también la pendiente del terreno en grados sexagesimales como sigue:

Arc Toolbox → Spatial Analyst tool → Surface → Slope.

Estos valores serán convertidos a radianes para operar en las fórmulas.

Calculamos el factor S teniendo en cuenta que el ángulo  $\beta$  se toma como el ángulo medio a todos los subgrids en la dirección de mayor pendiente (McCool et al, 1987,1989).

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10.8 \cdot \sin \beta_{(i,j)} + 0.03 & \tan \beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8 \cdot \sin \beta_{(i,j)} - 0.5 & \tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases}$$

Por último obtenemos el valor del facto LS para cada pixel, multiplicando los factores L y S obtenidos.

En una segunda fase del trabajo, se operará con modelos de elevación del terreno a diferentes escalas para valorar el efecto de estas variaciones en los resultados finales obtenidos.

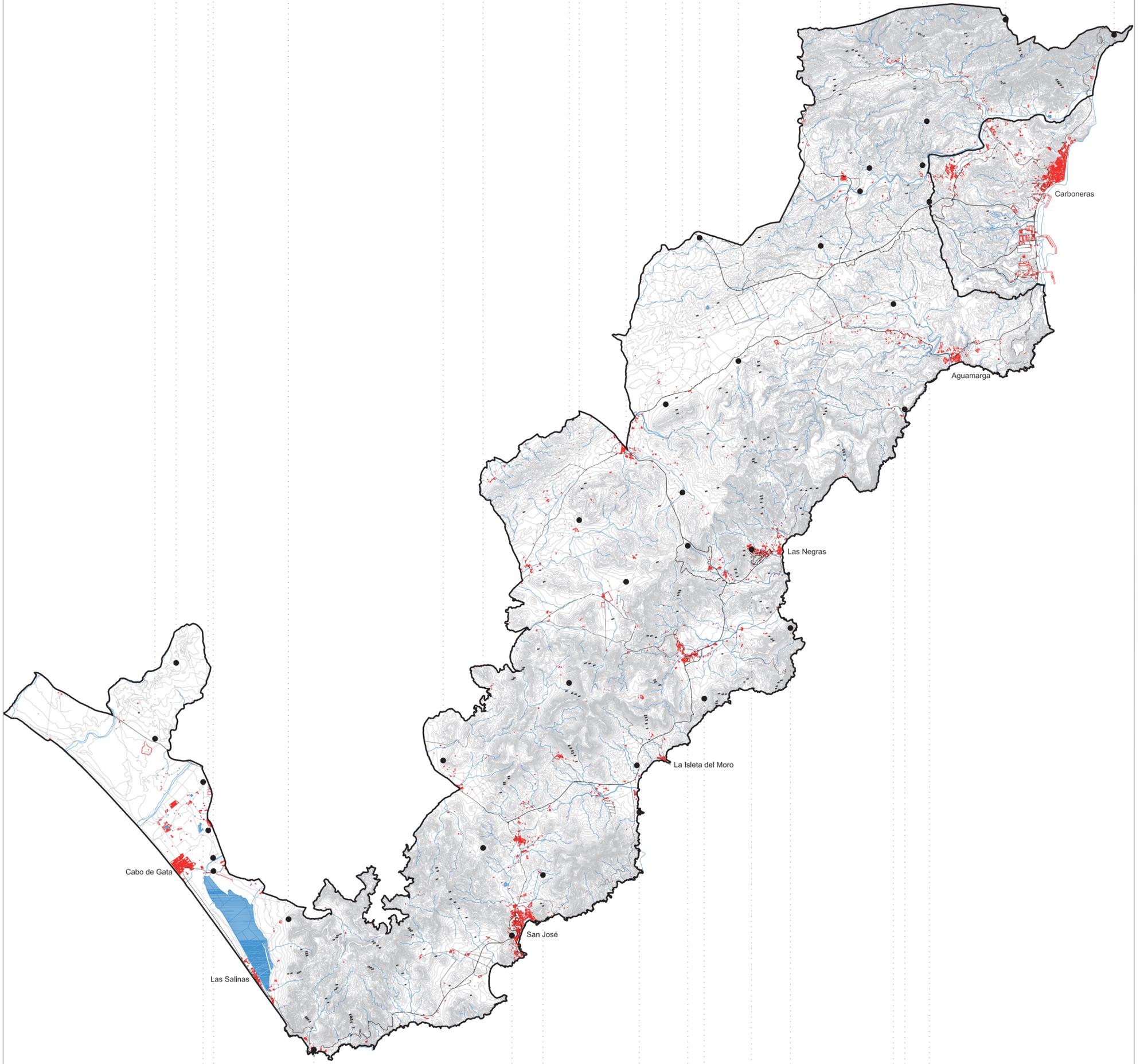
## **ANEXO II**



HOJA DE ALMERÍA      HOJA DE CABO DE GATA      HOJA DE POZO DE LOS FRAILES      HOJA DE CABO DE GATA      HOJA DE SORBAS

1059-1    1045-20    1059-3    1060-2    1046-18    1046-12    1046-13    1046-5    1046-48    1046-4    1046-47    1031-22    1031-21

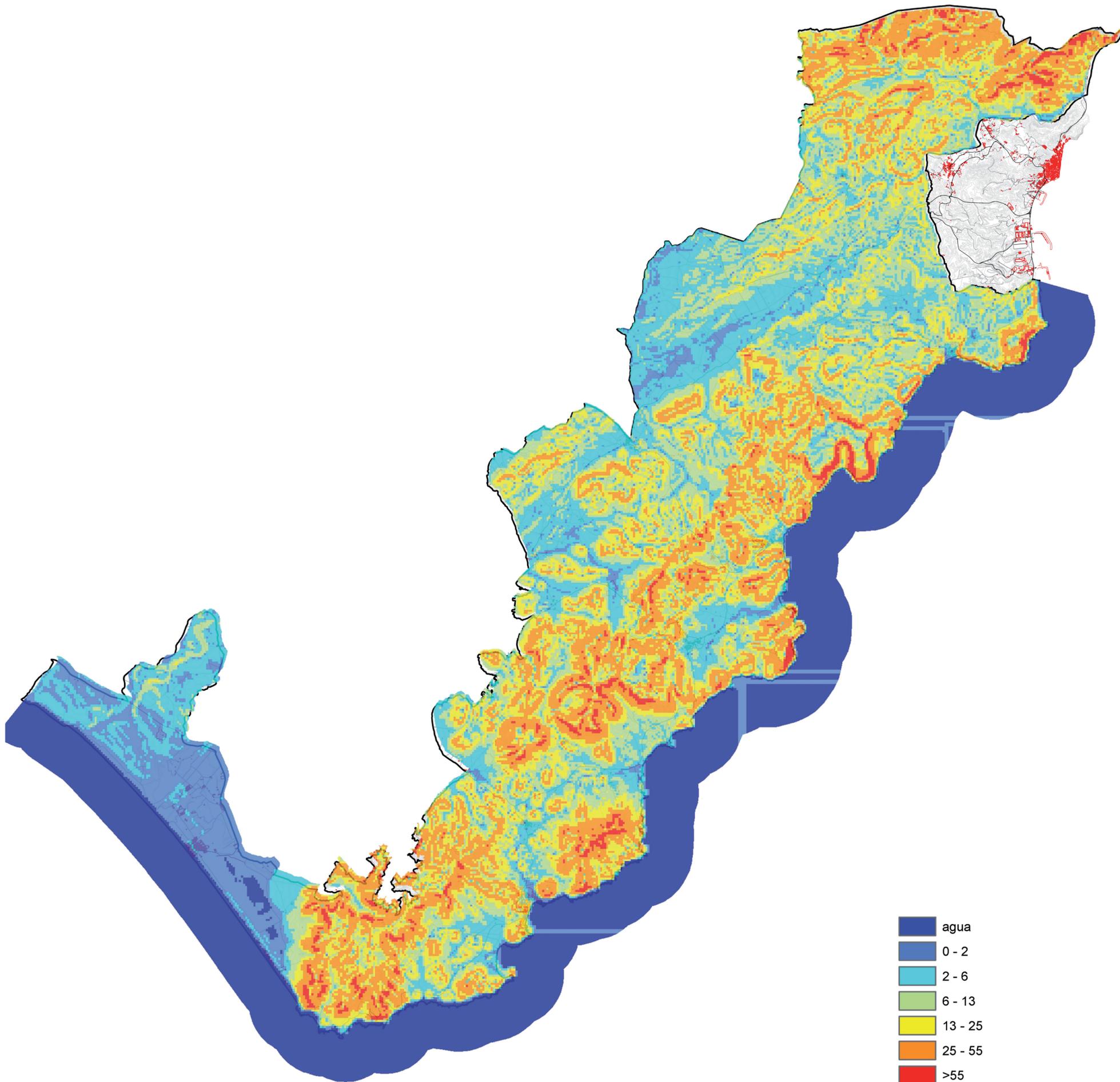
1059-9    1059-8    1060-4    1060-30    1046-41    1046-11    1046-8    1031-59

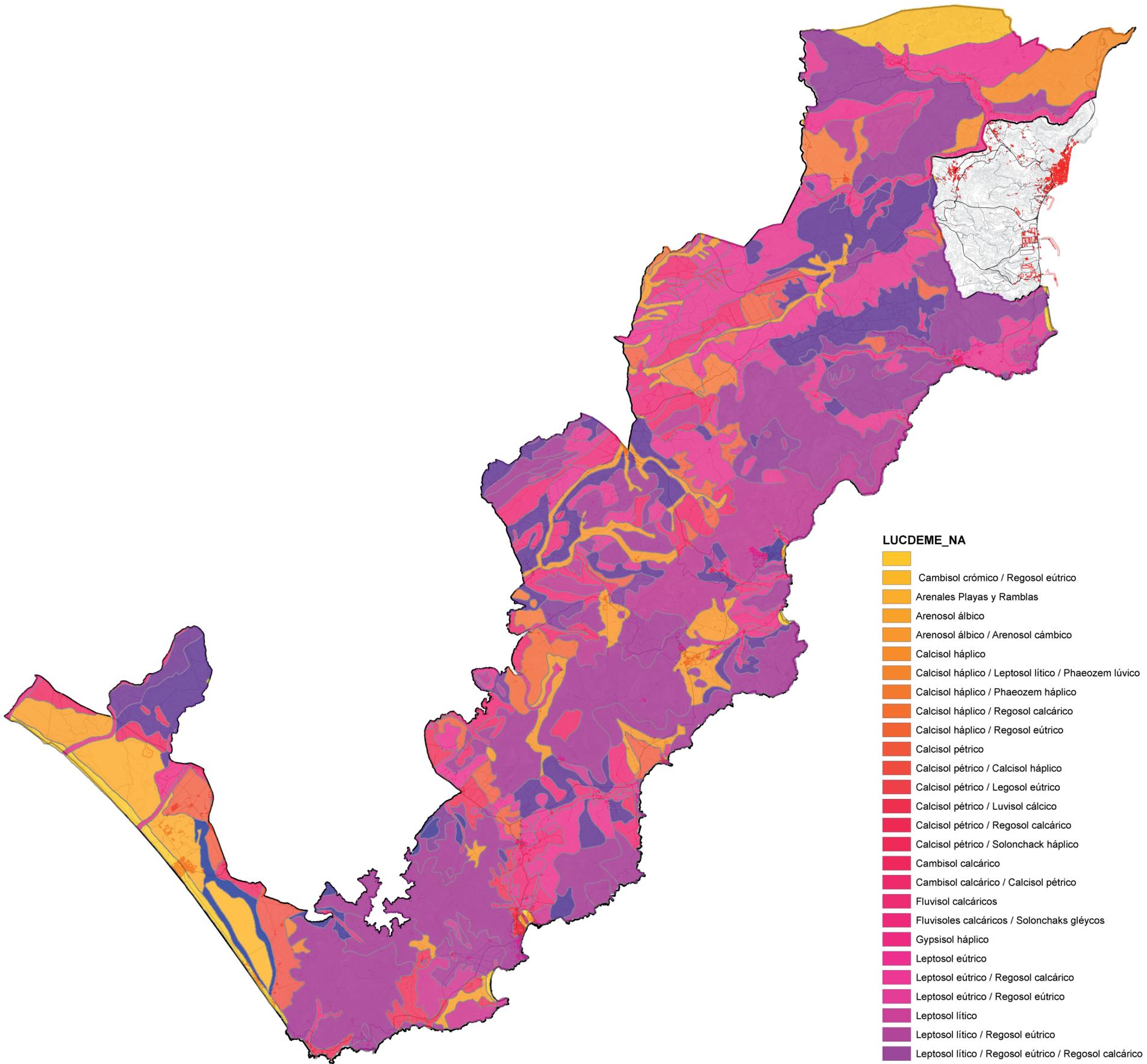


1059-7    1059-5    1059-6    1060-7    1060-6    1060-5    1046-17    1046-10    1046-6

HOJA DE CABO DE GATA      HOJA DE POZO DE LOS FRAILES      HOJA DE CARBONERAS

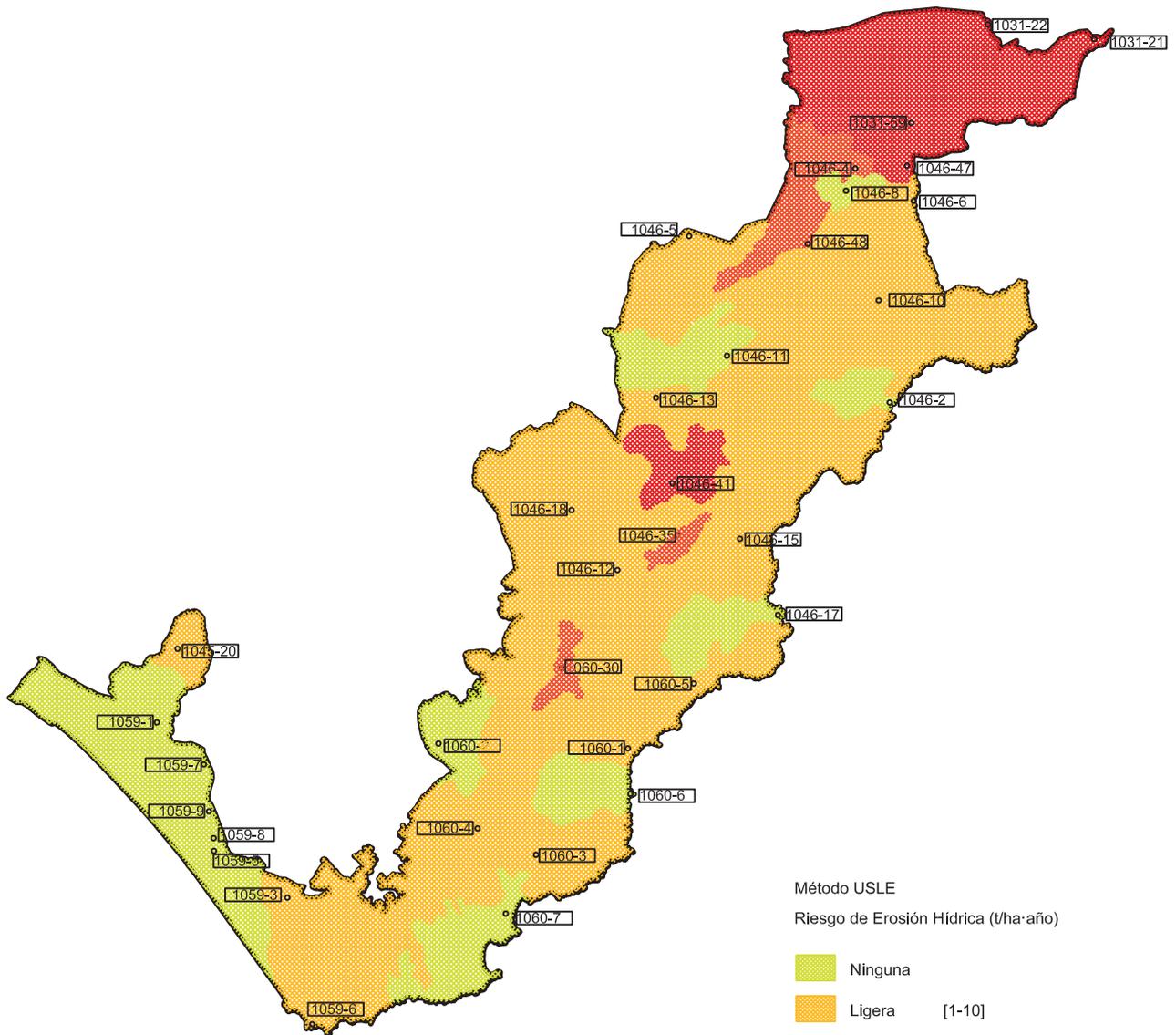
1060-3    1046-35    1046-15    1046-2





**LUCDEME\_NA**

- Cambisol crómico / Regosol eútrico
- Arenales Playas y Ramblas
- Arenosol álbico
- Arenosol álbico / Arenosol cámbico
- Calcisol háplico
- Calcisol háplico / Leptosol lítico / Phaeozem lúvico
- Calcisol háplico / Phaeozem háplico
- Calcisol háplico / Regosol calcárico
- Calcisol háplico / Regosol eútrico
- Calcisol pétrico
- Calcisol pétrico / Calcisol háplico
- Calcisol pétrico / Legosol eútrico
- Calcisol pétrico / Luvisol cálcico
- Calcisol pétrico / Regosol calcárico
- Calcisol pétrico / Solonchack háplico
- Cambisol calcárico
- Cambisol calcárico / Calcisol pétrico
- Fluvisol calcáricos
- Fluvisoles calcáricos / Solonchaks gléyicos
- Gypsisol háplico
- Leptosol eútrico
- Leptosol eútrico / Regosol calcárico
- Leptosol eútrico / Regosol eútrico
- Leptosol lítico
- Leptosol lítico / Regosol eútrico
- Leptosol lítico / Regosol eútrico / Regosol calcárico
- Luvisol cálcico
- Luvisol cálcico / Regosol calcárico
- Regosol calcárico
- Regosol calcárico / Regosol eútrico
- Regosol eútrico
- Solonchaks gléyicos



Ingeniero Técnico Agrícola en Mecanización y Construcciones Rurales

**Anexo II Mapa nº 4**  
Mapa de riesgo de erosión obtenido por el método USLE.

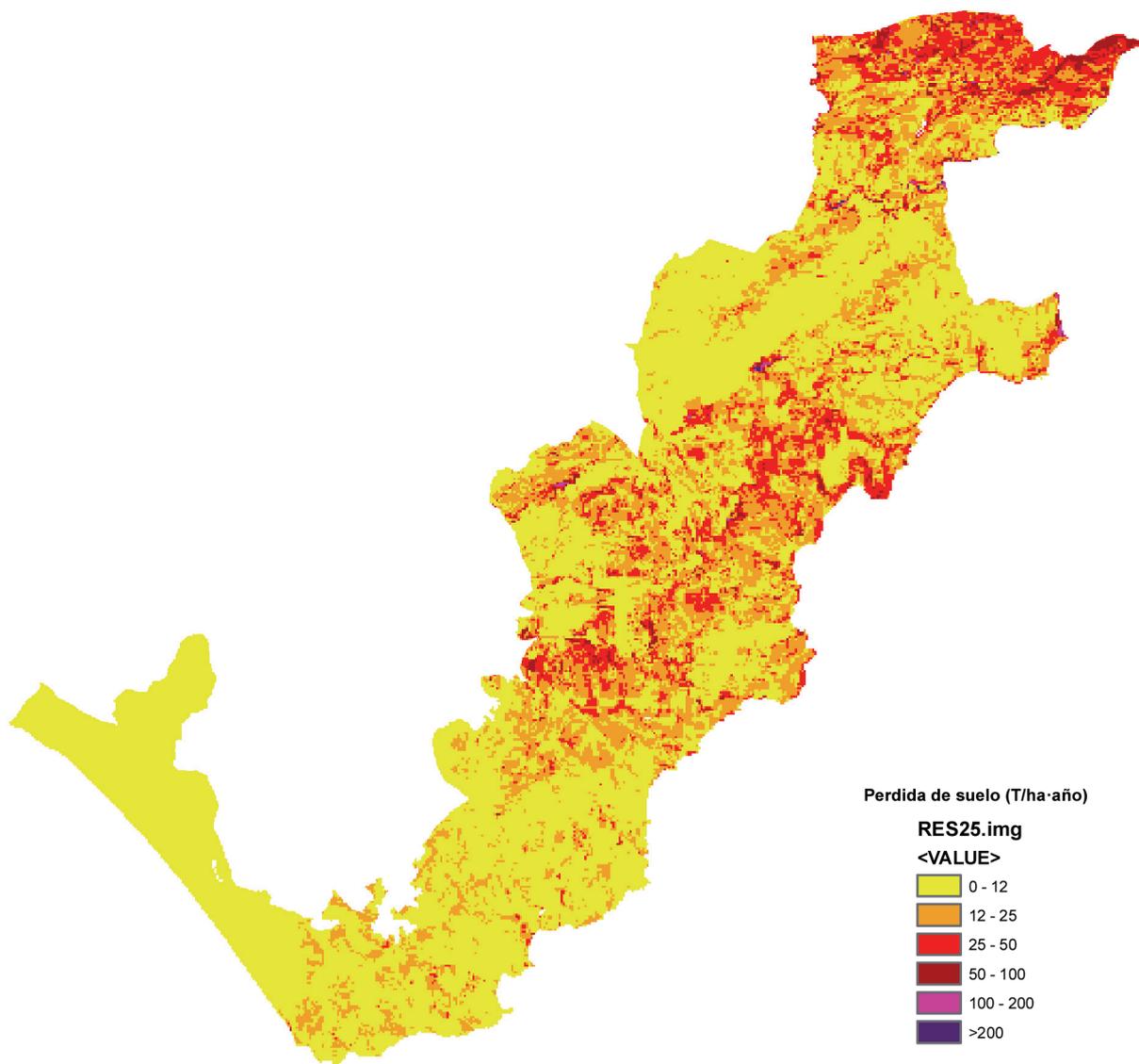
**4** ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL PARQUE NATURAL CABO DE GATA-NÍJAR: ADAPTACIÓN DE LA U.S.L.E. AL SURESTE ESPAÑOL.

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

Escuela Superior de Ingeniería  
Manuel Navarro Cueto



**E: 1/250.000**  
Almería, Diciembre 2012.



Ingeniero Técnico Agrícola en Mecanización y Construcciones Rurales

**Anexo II Mapa nº**

Mapa de riesgo de erosión obtenido por el método USLE/GIS a 75m.

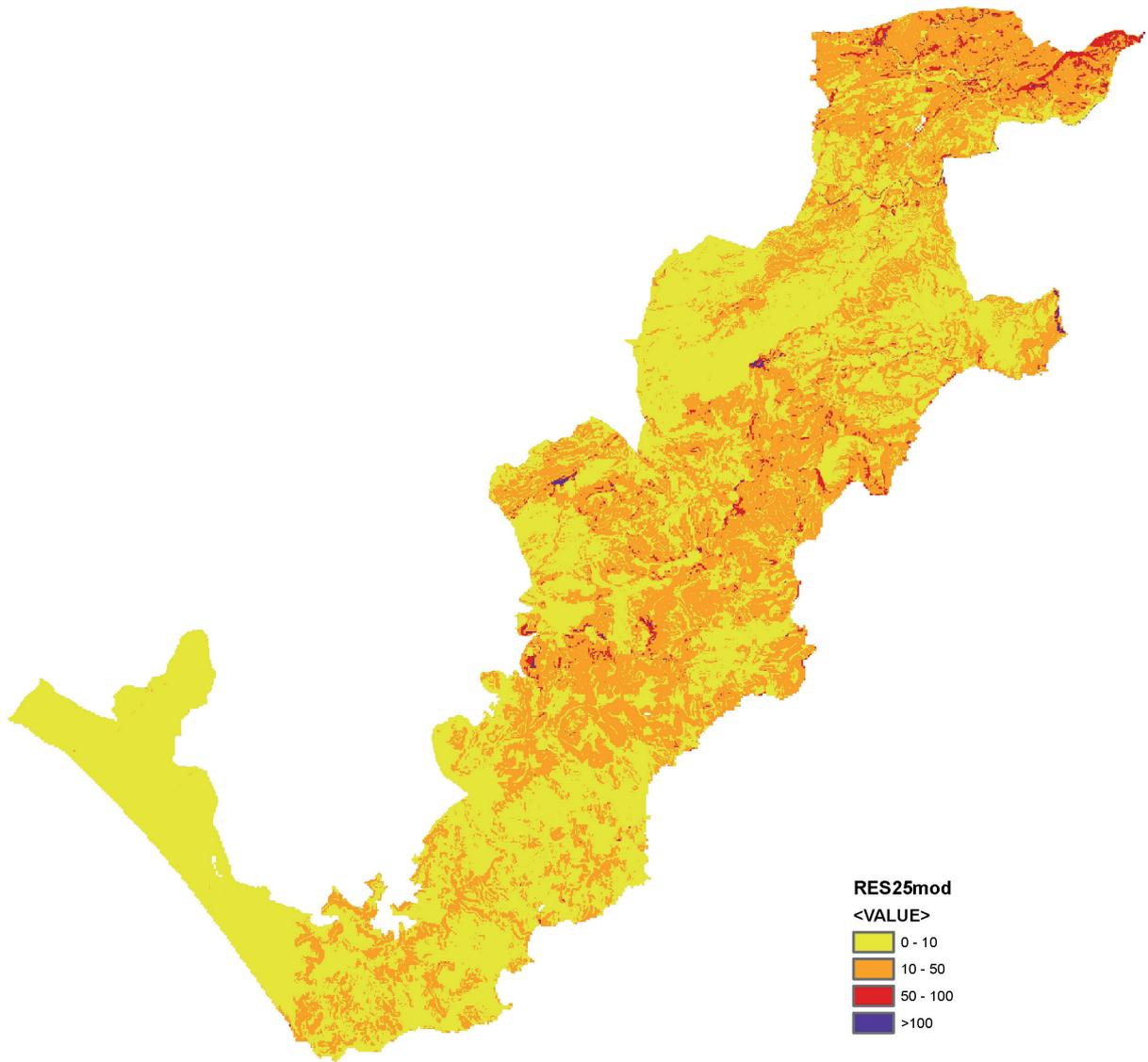
**5**  
E: 1/250.000  
Almería, Diciembre 2012.

ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL PARQUE NATURAL CABO DE GATA-NÍJAR: ADAPTACIÓN DE LA U.S.L.E. AL SURESTE ESPAÑOL.

UNIVERSIDAD DE ALMERÍA

Escuela Superior de Ingeniería Manuel Navarro Cueto





Ingeniero Técnico Agrícola en Mecanización y Construcciones Rurales

**Anexo II Mapa nº**  
 Mapa de riesgo de erosión obtenido por el método USLE/GIS a 25m.

**E: 1/250.000**

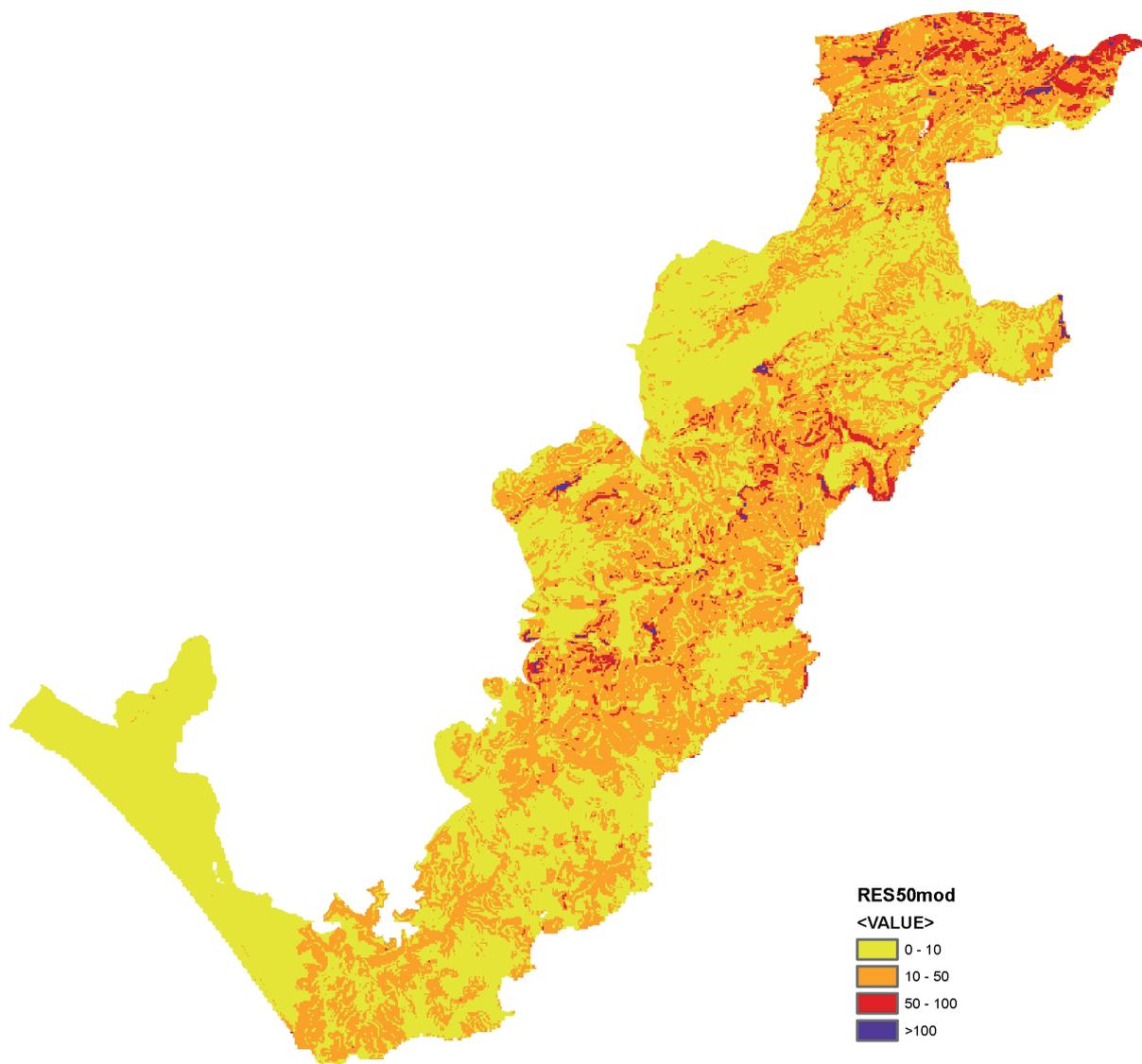
Almería, Diciembre 2012.

ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL PARQUE NATURAL CABO DE GATA-NÍJAR: ADAPTACIÓN DE LA U.S.L.E. AL SURESTE ESPAÑOL.

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

Escuela Superior de Ingeniería Manuel Navarro Cueto





Ingeniero Técnico Agrícola en Mecanización y Construcciones Rurales

**Anexo II Mapa nº 7**  
 Mapa de riesgo de erosión obtenido por el método USLE/GIS a 50m.

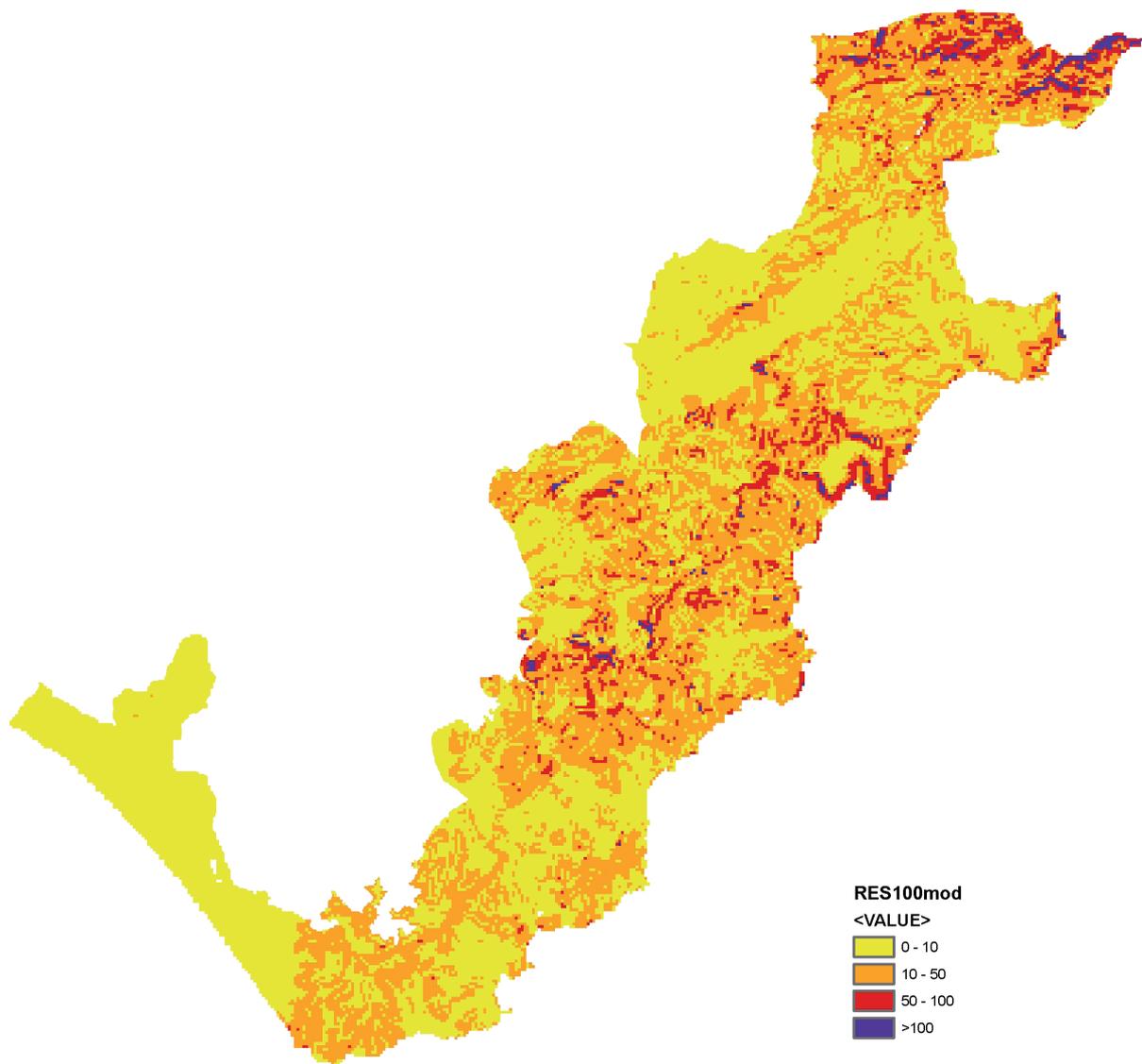
**E: 1/250.000**  
 Almería, Diciembre 2012.

ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL PARQUE NATURAL CABO DE GATA-NÍJAR: ADAPTACIÓN DE LA U.S.L.E. AL SURESTE ESPAÑOL.

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

Escuela Superior de Ingeniería  
 Manuel Navarro Cueto





Ingeniero Técnico Agrícola en Mecanización y Construcciones Rurales

**Anexo II Mapa nº 8**

Mapa de riesgo de erosión obtenido por el método USLE/GIS a 100m.

**E: 1/250.000**  
 Almería, Diciembre 2012.

ESTUDIO DE LA EROSIÓN HÍDRICA EN EL PARQUE NATURAL CABO DE GATA-NÍJAR: ADAPTACIÓN DE LA U.S.L.E. AL SURESTE ESPAÑOL.

**UNIVERSIDAD DE ALMERÍA**

Escuela Superior de Ingeniería Manuel Navarro Cueto

