



# **Suelos forestales de la provincia de Huelva**

**propiedades, evolución  
y distribución territorial**

**Juan M. Domingo Santos  
Eva Corral Pazos de Provencs**

Editorial  
Universidad  
de Huelva

**EUHU**





# **Suelos forestales de la provincia de Huelva**

**propiedades, evolución  
y distribución territorial**



# **Suelos forestales de la provincia de Huelva**

## **propiedades, evolución y distribución territorial**

**Juan M. Domingo Santos  
Eva Corral Pazos de Provencs**



**COLABORADORES**

## PDI UHU:

Rubén Fernández de Villarán San Juan  
Ígor Rapp Arrarás

## PERSONAL CONTRATADO Y BECARIOS

Yolanda Fernández Paredes  
Sebastiana Malia Alba  
Francisco José Moreno Cabrera  
Rocío Redondo Salguero  
Laura Refojo Seronero  
José Carlos Roda Oliveira  
Myriam Taillefer de Prado

## ALUMNOS COLABORADORES

Juan Diego García Moreno  
Héctor López Fernández-Cano

Primera edición: abril 2025

© Editorial Universidad de Huelva

© Juan M. Domingo Santos

© Eva Corral Pazos de Provencs

E.I.S.B.N. (PDF): 978-84-10326-72-9

ISBN: 978-84-10326-71-2

Depósito legal: H 150-2025

**Papel**

Impreso en papel de bosque certificado.

**Encuadernación**

Rústica, encolado PUR.

Printed in Spain. Impreso en España.

Dibujo de la cubierta: Estratos de memoria, por  
Ignatius Blue

Maquetación: Lola Corral de Gaspar

La edición de este libro ha contado con la financiación de:

Diputación de Huelva

ENCE, Energía y Celulosa S.A.

Vicerrectorado de Investigación y Transferencia  
de la Universidad de Huelva - EPIT 2021-2022Para citar esta publicación, use la siguiente  
referencia:Domingo-Santos, J.M. y Corral-Pazos-de-Pro-  
vencs, E. 2025. Suelos forestales de la provincia  
de Huelva: Propiedades, evolución y distribu-  
ción territorial. Col. Alonso Barba nº 23. Editorial  
UHU. Universidad de Huelva.-----  
Esta obra está bajo una licencia internacional  
Creative Commons **BY-NC-SA** Atribución-NoCo-  
mercial-CompartirIgual.-----  
Editorial Universidad de Huelva es miembro de  
Unión de Editoriales Universitarias Españolas UNE.**Editorial Universidad de Huelva**Campus de El Carmen . Edif. Marie Curie  
Avda. Tres de Marzo, s/n – 21071 Huelva  
t. 959 21 93 27. publicaciones@editorial.uhu.es  
www.uhu.es/editorial

Libro bajo licencia Creative Commons

Cita el libro

 Comparte por redes sociales  

Navegación por marcadores e hipervínculos

# Índice de contenidos

<b>RESUMEN</b> .....	11
<b>PRÓLOGO</b> .....	14
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	17
<b>1.1 Antecedentes</b> .....	18
<b>1.2 Objetivos</b> .....	19
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	21
<b>2.1 Bases del método cartográfico</b> .....	22
2.1.1 Planteamiento de partida.....	22
2.1.2 Escalas de trabajo.....	22
2.1.3 Fuentes de información.....	23
2.1.4 Esquema metodológico.....	24
<b>2.2 Cartografía de unidades de suelo</b> .....	26
2.2.1 Unidades simplificadas de litología.....	26
2.2.2 Formación de grupos litoedáficos.....	28
2.2.3 Cartografía de unidades de relieve: Unidades de paisaje .....	29
2.2.4 Unidades de tipos termopluviométricos.....	30
2.2.5 Cartografía combinada tipos de relieve y tipos termopluviométricos.....	30
2.2.6 Unidades cartográficas.....	31
<b>2.3 Información edafológica</b> .....	32
2.3.1 Introducción.....	32
2.3.2 Levantamiento de información en campo.....	32
2.3.2.1 Nivel 1: Parcela.....	32
2.3.2.2 Nivel 2: Perfil .....	32
2.3.2.3 Levantamiento de perfiles sobre catenas.....	33
2.3.3 Métodos analíticos de laboratorio.....	34
2.3.3.1 Metodología de análisis físicos.....	35
2.3.3.2 Metodología de análisis químicos.....	36
<b>2.4 Definición y caracterización de unidades taxonómicas         de suelos</b> .....	37
<b>2.5 Elección y definición de las variables de trabajo</b> .....	38
2.5.1 Variables objetivo .....	38
2.5.2 Variables independientes .....	39
2.5.3 Otras variables del suelo .....	41
2.5.4 Variables tipificadas .....	43
<b>2.6 Análisis estadístico</b> .....	45
2.6.1 Visión, preparación y organización de los datos.....	45
2.6.2 Métodos estadísticos .....	45
2.6.3 Caracterización de parámetros edáficos objetivo de las unidades cartográficas.....	48

<b>2.7 Presentación de la información</b> .....	49
2.7.1 Unidades taxonómicas de suelos .....	49
2.7.2 Memoria general de suelos .....	49
<b>3. RESULTADOS</b> .....	51
<b>3.1 Unidades taxonómicas de suelos</b> .....	52
3.1.1 Introducción .....	52
3.1.2 Acrisoles .....	52
3.1.3 Alisoles .....	53
3.1.4 Arenosoles .....	53
3.1.5 Calcisoles .....	54
3.1.6 Cambisoles .....	54
3.1.7 Fluvisoles .....	55
3.1.8 Leptosoles .....	55
3.1.9 Lixisoles .....	56
3.1.10 Luvisoles .....	56
3.1.11 Phaeozems .....	57
3.1.12 Plintosoles .....	57
3.1.13 Regosoles .....	59
3.1.14 Solonetz .....	59
<b>3.2 Análisis estadístico de relaciones suelo-paisaje</b> .....	60
3.2.1 Preparación de los datos .....	60
3.2.2 Análisis cualitativo.....	60
3.2.3 Análisis de correlaciones entre variables cuantitativas .....	62
3.2.4 Modelos de regresión lineal multivariante .....	64
3.2.5 Análisis de varianza y definición de variaciones edafológicas cartografiables .....	64
3.2.5.1 Resultados del análisis de la varianza .....	64
3.2.5.2 Definición de variaciones edafológicas según unidades de clima y relieve .....	65
3.2.5.3 Relaciones con variables topográficas locales .....	69
3.2.6 Caracterización de las unidades cartográficas .....	70
3.2.6.1 Resolución de indeterminaciones espaciales entre litofacies simplificadas y grupos litoedáficos .....	70
3.2.6.2 Caracterización de suelos según sus grupos litoedáficos .....	70
3.2.6.3 Valores corregidos según la variable Clima_relieve .....	74
<b>3.3 Memoria del mapa general de suelos</b> .....	81
3.3.1 Introducción .....	81
3.3.2 Suelos sobre rocas graníticas: granitos, cuarzodioritas, granodioritas. Unidad LtS-100 .....	83
3.3.3 Suelos sobre rocas intrusivas básicas e intermedias. Unidad LtS-300 .....	89
3.3.4 Suelos sobre rocas sedimentarias-volcánicas formadas entre episodios volcánicos. Unidad LtS-400 .....	91

3.3.5	Suelos sobre lavas básicas y tobas básicas esquistosas. Unidad LtS-700 .....	96
3.3.6	Suelos sobre materiales de metamorfismo de contacto. Unidad LtS-800 .....	106
3.3.7	Suelos sobre rocas pizarrosas de facies Culm. Unidad LtS-1100 .....	110
3.3.8	Suelos sobre grauwacas y pizarras de facies Culm. Unidad LtS-1200 .....	122
3.3.9	Suelos sobre pizarras, cuarcitas, grauwacas y areniscas del Devónico-Carbonífero inferior (PQ). Unidad LtS-1300 .....	127
3.3.10	Suelos sobre materiales volcánicos ácidos. Unidad LtS-1500 .....	145
3.3.11	Suelos sobre rocas intrusivas básicas (diabasas). Unidad LtS-1800 .....	160
3.3.12	Suelos sobre pizarras del Carbonífero, acompañadas de materiales piroclásticos finos. Unidad LtS-2000 .....	165
3.3.13	Suelos sobre filitas, esquistos y materiales cuarcíferos acompañantes. Unidad LtS-2100 .....	182
3.3.14	Suelos sobre rocas de silicatos cálcicos. Unidad LtS-2200 .....	193
3.3.15	Suelos sobre ortoanfibolitas de grano fino. Unidad LtS-2300 .....	195
3.3.16	Suelos sobre gneises cuarzo-feldespáticos con biotita. Unidad LtS-2400 .....	199
3.3.17	Suelos sobre ortoanfibolitas toleíticas de grano grueso. Unidad LtS 2500 .....	201
3.3.18	Suelos sobre materiales Pliocuaternarios. Unidad LtS-3100 .....	204
3.3.19	Suelos sobre materiales limo-arenosos del Mioceno. Unidad LtS-3200 .....	212
3.3.20	Suelos areniférricos, suelos sobre gravas compactas y sobre calizas biogénicas. Unidad LtS-3300 .....	213
3.3.21	Suelos sobre materiales margo-arenosos. Unidad LtS-3400 .....	215
3.3.22	Suelos sobre turba. Unidad LtS-3500 .....	217
3.3.23	Suelos sobre margas, limos grises, arcillas y otros materiales. Unidad LtS-3600 .....	218
3.3.24	Suelos sobre limos y arenas sin carbonatos. Unidad LtS-3800 .....	219
3.3.25	Suelos sobre mármoles y materiales calco-magnésicos descarbonatados. Unidad LtS-4100 .....	221
3.3.26	Suelos sobre jaspes y cherts. Unidad LtS-8400 .....	224
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>227</b>
<b>5.</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>231</b>

# Índice de anejos

- ANEJO 1.** Categorización de variables ambientales y edafológicas
- ANEJO 2.** Descripción de la Geodatabase “Suelos\_Huelva\_UHU”
- ANEJO 3.** Definición y caracterización de litofacies simplificadas
- ANEJO 4.** Ficha de parcela de muestreo de suelos
- ANEJO 5.** Catálogo de rocas
- ANEJO 6.** Datos de variables edafológicas según grupos litoedáficos y estadísticos básicos
- ANEJO 7.** Configuración de grupos litoedáficos
- ANEJO 8.** Catálogo de perfiles edafológicos observados
- ANEJO 9.** Perfiles edafológicos excluidos
- ANEJO 10.** Listado y descripción de cartografía vectorial (formato SHP)

Estos anejos se encuentran exclusivamente en formato electrónico. Se puede acceder a ellos, junto con la cartografía de suelos y la geodatabase, en los siguientes enlaces:

Para anejos y mapas en PDF  
<https://hdl.handle.net/10272/25208>

Para anejos en formato PDF y cartografía digital en formatos GDB, MDB y SHP  
<https://github.com/evacorral/Libro-suelos-Huelva/tree/main>

# Resumen

El suelo es la zona de encuentro entre la parte mineral, la parte gaseosa y la parte viva que forman el planeta Tierra, la litosfera, la atmósfera y la biosfera, respectivamente. Las funciones del suelo son múltiples y toman relevancia mayor en la coyuntura de cambio climático a la que se enfrenta el planeta. En consecuencia, la mayor parte de los trabajos que impliquen actuaciones sobre el medio natural necesitan conocer las características de los suelos, para saber cómo adaptar cada proyecto y para evaluar posibles impactos.

En este trabajo se proporciona una aproximación georreferenciada a las características de los suelos de la provincia de Huelva, como resultado de más de 10 años de prospecciones y estudios edafológicos de la Universidad de Huelva en el marco de distintos proyectos financiados. Se recoge información de 368 calicatas completas, además de unas 100 observaciones parciales, y 79 transectos de ladera que permiten describir la dinámica espacial de nuestros suelos.

La base del trabajo ha sido el mapa litológico E.1:50.000, a la vista de que las características geológicas presentan una influencia dominante a escala subregional (provincial en este caso). Para cada litología se han descrito las principales propiedades del suelo, incorporando la influencia que presentan otros factores como la climatología y el relieve. Se presenta cartografía de la profundidad del suelo, la capacidad de retención de agua, la erosionabilidad y los tipos de suelo según la base de referencia mundial de suelos (WRSB-FAO,2007). Para cada litofacies, con un total de 26 grupos de litofacies, se dan los rangos de variación más probable y los valores medios de un gran conjunto de propiedades: reacción, cationes-nutrientes, materia orgánica, textura, contenido y tipología de materiales gruesos, y de todas las propiedades cartografiadas, además de evaluaciones de síntesis sobre la aptitud forestal de cada tipo de suelo. Se presenta también la metodología estadística que ha servido de base a los resultados obtenidos. La información bruta para la posible reproducción de estos estudios o su incorporación a otros estudios se suministra en una base de datos georreferenciada (GDB), accesible on-line como material de apoyo, junto con el conjunto de mapas temáticos de suelos.

Nuestro objetivo es que la ciencia y técnica forestal de nuestra provincia pueda beneficiarse de esta valiosa información para llevar a cabo mejores trabajos en la gestión y restauración del medio natural, el aprovechamiento de recursos naturales y la lucha y adaptación frente al cambio climático.

# Summary

Soil is the 3D space on the Earth where the mineral, gaseous and living beings, the lithosphere, the atmosphere and the biosphere, respectively, interact. The functions of soil are multiple and take on greater relevance in the climate change situation that the planet is facing. Consequently, most of the work that involves actions on the natural environment requires knowledge of the characteristics of the soils, in order to know how to adapt each project and to evaluate possible impacts.

This work provides a georeferenced approximation to the characteristics of the soils of the province of Huelva, as a result of more than 10 years of surveys and soil studies by the University of Huelva within the framework of different funded projects. The staff of the Agroforestry Department has collected samples from 368 complete test pits, in addition to about 100 partial observations, and 79 hillside transects that allow us to describe the spatial dynamics of our soils. The work was based on the E.1:50,000 lithological map, given that geological characteristics have a dominant influence at a subregional scale (provincial in this case). For each lithology, the main soil properties have been described, incorporating the influence of other factors such as climate and relief. A map of the soil depth, water retention capacity, erodibility and soil types according to the World Reference Base for Soils (WRSB-FAO, 2007) is presented. For each lithology, with a total of 26 lithology groups, the most probable ranges of variation and the average values of a large set of properties are given: reaction (soil pH), cations-nutrients, organic matter, texture, content and typology of coarse materials, and of all the mapped properties, in addition to summary evaluations of the forestry suitability of each type of soil. The statistical methodology that has served as a basis for the results obtained is also presented; The raw information for the possible reproduction of these studies or their incorporation into other studies is provided in a georeferenced database (GDB) accessible online as support material, together with the set of thematic soil maps.

Our aim is that forest science and technology in our province can benefit from this valuable information to carry out better work in the management and restoration of the natural environment, the use of natural resources and coping with and adapting to climate change.

# Résumé

Le sol l'est espace 3D de la Terre où interagissent respectivement la lithosphère, l'atmosphère et la biosphère. Les fonctions du sol sont multiples et prennent une plus grande importance dans la situation de changement climatique à laquelle la planète est confrontée. Par conséquent, la plupart des travaux impliquant des actions sur le milieu naturel nécessitent une connaissance des caractéristiques des sols, afin de savoir comment adapter chaque projet et évaluer les impacts possibles.

Ce travail fournit une approximation géoréférencée des caractéristiques des sols de la province de Huelva, résultat de plus de 10 ans d'enquêtes et d'études pédologiques menées par l'Université de Huelva dans le cadre de différents projets financés. Le personnel du Département d'Agroforesterie a collecté des échantillons de 368 sondages complets, en plus d'environ 100 observations partielles. Une grande partie des sondages a été localisée sur 79 transects de versants qui nous permettent de décrire la dynamique spatiale de nos sols. Le travail s'est basé sur la carte lithologique E.1:50 000, sachant que les caractéristiques géologiques ont une influence dominante à l'échelle sous-régionale (provinciale dans ce cas). Pour chaque lithologie, les principales propriétés du sol ont été décrites, en intégrant l'influence d'autres facteurs tels que le climat et le relief. Une carte de la profondeur du sol, de la capacité de rétention d'eau, de l'érodibilité et des types de sol selon la Base de référence mondiale pour les sols (WRSB-FAO, 2007) est présentée. Pour chaque lithologie, avec un total de 26 groupes lithologiques, les plages de variation les plus probables et les valeurs moyennes d'un large ensemble de propriétés sont données : réaction (pH du sol), cations-nutrients, matière organique, texture, teneur et typologie des matériaux grossiers, et de toutes les propriétés cartographiées, en plus des évaluations sommaires de l'aptitude forestière de chaque type de sol. La méthodologie statistique qui a servi de base aux résultats obtenus est également présentée ; Les données brutes pour la reproduction éventuelle de ces études ou leur incorporation dans d'autres études sont fournies dans une base de données géoréférencée (GDB) accessible en ligne comme matériel de support, avec l'ensemble des cartes thématiques des sols.

Notre objectif est que la science et la technologie forestières de notre province puissent bénéficier de ces précieuses informations pour réaliser un meilleur travail dans la gestion et la restauration de l'environnement naturel, l'utilisation des ressources naturelles, et la gestion et l'adaptation au changement climatique.

# Prólogo

El suelo es uno de los recursos más valiosos y, a la vez, más vulnerables de nuestro entorno natural, y a pesar de su papel fundamental en los ecosistemas, a menudo no se le presta suficiente atención. Los suelos no solo sustentan la vida vegetal y actúan como soporte físico, sino que desempeñan funciones esenciales dentro del ecosistema como la regulación del ciclo del agua, el ciclo de nutrientes, la labor de filtro reteniendo contaminantes, o el secuestro de carbono y la mitigación de los efectos del cambio climático. Por ello, es imprescindible conocer en profundidad los suelos para una gestión sostenible que permita garantizar estos servicios ecosistémicos.

Este libro, titulado *Suelos forestales de la provincia de Huelva: propiedades, evolución y distribución territorial*, es fruto de años de trabajo de campo y laboratorio de los autores, Juan M. Domingo Santos y Eva Corral Pazos de Provens, centrado en conocer los suelos forestales de la provincia de Huelva. En él se recopilan y analizan una gran cantidad de datos, con más de 368 observaciones y análisis de perfiles de suelos distribuidos por toda la provincia que han sido caracterizados y clasificados. Estos datos se complementan con estudios estadísticos que permiten comprender las interacciones entre el suelo, la litología, el clima y el relieve, proporcionando una visión detallada sobre la diversidad, distribución y evolución de los suelos de Huelva.

Otro de los grandes aportes de esta obra es la cartografía detallada de los suelos, realizada a partir de una extensa base de datos geoespaciales, que proporciona una representación precisa de sus características y distribución territorial. La cartografía, acompañada de las fotografías de campo, los esquemas de catenas de suelo sobre diversos materiales y la clara presentación de los resultados hacen de este libro una herramienta de gran utilidad para todos aquellos que gestionan o estudian el medio natural, pues el conocimiento de las aptitudes y limitaciones de los suelos es esencial para una planificación forestal eficiente y sostenible. Se convierte, por tanto, en un referente para la provincia y pone de manifiesto la necesidad de contar con trabajos similares a nivel nacional. En un país con tanta diversidad edafológica y climática, conocer en profundidad los suelos y sus aptitudes es vital para optimizar la producción forestal, garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas y adaptar nuestras estrategias de gestión al reto del cambio climático. Por ello, obras como esta son esenciales para avanzar en ese conocimiento, sentando las bases para una mejor planificación territorial y una gestión más consciente y respetuosa de nuestros suelos.

**Esperanza Álvarez Rodríguez**  
**Catedrática de Edafología y Química Agrícola**  
**Escuela Politécnica Superior de Ingeniería**  
**Campus Terra - Universidad de Santiago de Compostela**

# Prólogo

La colaboración Universidad-Empresa representa un modelo de innovación y desarrollo tecnológico ampliamente reconocido y beneficioso tanto en la teoría como en la práctica. Pese a ello, hoy en día sigue siendo una de nuestras asignaturas pendientes como sociedad, y a la vez un indicador de la distancia que separa la economía real de la capacidad de desarrollo, innovación y transformación. Esta circunstancia hace más excepcional aún, si cabe, la obra que se nos presenta, que es el fruto de la colaboración durante tres décadas entre la Universidad de Huelva y Ence Energía y Celulosa para ampliar el conocimiento y la capacidad de gestión de los suelos de la provincia de Huelva, un valiosísimo medio con graves carencias de información.

Con toda seguridad, el suelo ha sido y sigue siendo el gran olvidado de la ciencia, pese a ser el soporte físico de toda nuestra actividad y la base de todos los ecosistemas. Tenemos que retrotraernos treinta años, para encontrar las primeras etapas del Plan de Innovación y Mejora Forestal de Ence impulsado por la dirección de investigación de la compañía. En aquel momento, se echaba en falta la información básica - específicamente en materia de suelos- tan necesaria para zonificar las estaciones forestales de la provincia, optimizar los desarrollos experimentales, y focalizar sobre el territorio aquellas mejoras genéticas y selvícolas que redundarán en la sostenibilidad de la actividad forestal. Por ello, no nos equivocamos si decimos que gran parte de la caracterización paramétrica de los suelos realizada en este tiempo es una labor pionera y, su análisis y evaluación posterior, un trabajo de gran utilidad para explicar las diferencias entre las distintas estaciones de calidad forestal de la provincia.

Necesario, importante, pionero y de enorme utilidad, esas son las cualidades que hacen de esta obra una aportación especialmente meritoria por su contribución al estudio y conocimiento de nuestros suelos, y por demostrar la riqueza que se deriva de alimentar la colaboración entre la universidad y el mundo empresarial.

Para mí, como profesional y apasionado investigador forestal, el libro que tiene en sus manos ahora mismo es un reflejo fiel de la voluntad y saber hacer de sus autores; de la capacidad de visión de la Universidad de Huelva en su apuesta por la transferencia del conocimiento; y del compromiso sostenible de Ence con el medio en el que se inician sus actividades. Estoy seguro de que será de gran utilidad para la mejora de la gestión y conservación del medio natural en el que se desarrollan las raíces de todas las personas y actividades que implica el sector forestal.

**Federico Ruiz Fernández**  
**Director de I+D y Gestión de Riesgos Climáticos**  
**en Ence - Energía y Celulosa**

1.

---



# INTRODUCCIÓN

---

# 1.1 Antecedentes

El presente documento es el resultado del trabajo de cartografía de suelos de la provincia de Huelva realizado en el marco del convenio “*Caracterización de los suelos forestales de la provincia de Huelva*”, suscrito entre la Universidad de Huelva y el Grupo Ence. Este convenio se firmó en 1999 y tuvo un primer resultado en una tesis doctoral que planteaba una aproximación metodológica a la cartografía de suelos forestales en Huelva (Domingo-Santos, 2002).

El producto final del citado convenio fue la redacción de informes de caracterización de suelos (inéditos) sobre 7 sectores de referencia de la provincia de Huelva, formados por hojas del Mapa Topográfico Nacional (MTN) escala 1:50.000, a saber: MTN50-0916-Aroche, MTN50-0938-Nerva, MTN50-0939-El Castillo de las Guardas, MTN50-0958-Puebla de Guzmán, MTN50-0959-Calañas, MTN50-0960-Valverde del Camino, MTN50-0981-Gibraleón.

Se realizaron 368 observaciones completas de perfiles edafológicos, de las cuales 183 fueron en transectos de ladera, con un total de 79 transectos, que contenían entre 2 y 3 calicatas, con el fin de conocer las dinámicas de estos suelos de ladera. Con la información adquirida se disponía de información edafológica de la mayor parte de las litofacies de la provincia de Huelva, las cuales cubrían aproximadamente el 87% del territorio provincial. Para el resto del territorio, las litofacies no estudiadas, se pueden obtener aproximaciones razonables, si bien el nivel de incertidumbre de éstas será mayor.

Se trata, por lo tanto, de un volumen de información muy importante que los autores, la Universidad de Huelva y la empresa promotora Ence, desean poner al servicio de la gestión y de la conservación del medio natural en la provincia de Huelva.



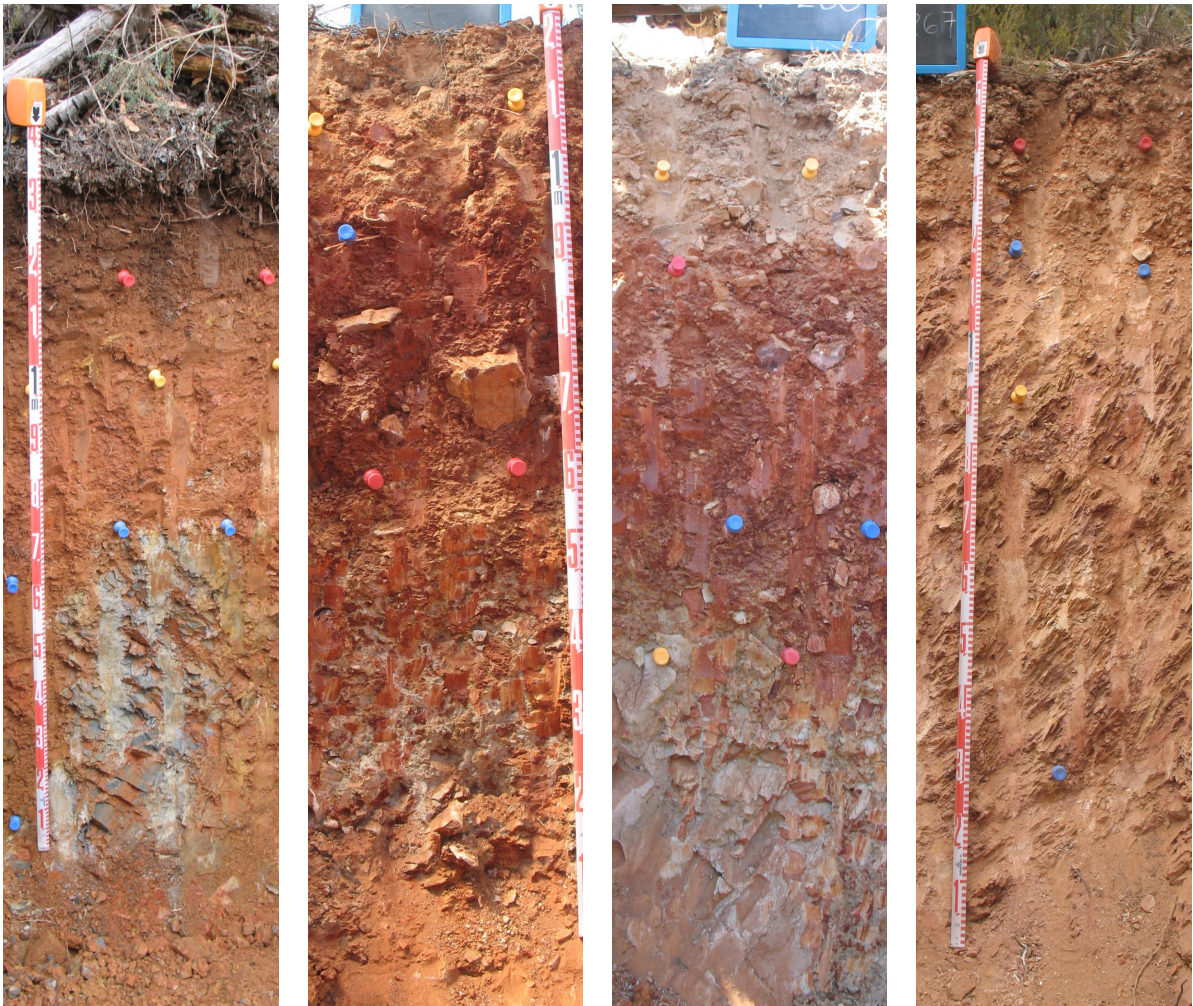
# Objetivos 1.2

El objetivo principal de este trabajo es el conocimiento de los suelos de la provincia de Huelva, tratando de definir sus principales características y estableciendo distintas tipologías. Toda esta información se ha trasladado sobre una base cartográfica que nos dará una aproximación territorial de las características edafológicas, sin que esto deba ser considerado un mapa de suelos en sentido estricto.

El resultado final es una cartografía paramétrica de los suelos de la provincia de Huelva, en formato Geodatabase (ESRI, 2019), centrada principalmente en el conjunto de propiedades que dan a estos suelos su aptitud para uso forestal, como son la profundidad, la capacidad de retención de agua, la textura, la materia orgánica, la reacción, el contenido en bases y otras. Se indican también los taxones de suelos según la leyenda FAO (IUSS Working Group WRB, 2007).

La precisión de la información es de nivel semidetallado, según la escala establecida por Porta Casanellas (2003), equivalente a E.1:100.000, por lo que puede servir de base para la gestión forestal comarcal o, incluso, para las fincas o montes concretos, siempre que se hagan observaciones de confirmación sobre el terreno.

El objetivo final es la integración de esta información en un sistema de información forestal, disponible para la Administración y otras organizaciones para las que pueda resultar de utilidad.





# 2.

---



# **M**ETODOLOGÍA

---

# 2.1 Bases del método cartográfico

## 2.1.1 Planteamiento de partida

Los estudios de suelos realizados en diversos sectores de referencia de la geografía de la provincia de Huelva indican una fuerte dominancia del tipo de material parental sobre las características de los suelos (Domingo-Santos, 2002), como ya se indica en otras obras de referencia (p.e. Birkeland, 1999). Estos mismos estudios atribuyen al relieve y al historial de manejo una influencia complementaria a escala local, esto es, dentro de una misma ladera o en localizaciones contiguas.

A la vista de la importancia de la roca madre, a escala comarcal-provincial, desde el inicio del estudio de los suelos provinciales se ha decidido considerarla como variable básica para la estimación de las propiedades edafológicas. Lógicamente, este planteamiento puede llevar a la comisión de errores a escala local, pues se busca dar una visión global, cualidades medias y rangos de valores más probables, para facilitar la gestión forestal.

Por otro lado, aunque la provincia de Huelva se encuentra en su totalidad bajo clima mediterráneo, existe un gradiente significativo de distribución de las temperaturas y, especialmente, de las precipitaciones. Esta variación climática está asociada a la variación altitudinal, la circulación general de la atmósfera y a otras características geográficas.

La intensidad del gradiente climático no es suficiente como para configurarlo como factor principal en la formación de suelos, tal como estableció Dokoutchaev (Porta Casanellas et al., 2003), pero sí se ha apreciado una influencia significativa sobre las propiedades del suelo que constituyen el objeto de este trabajo, por lo cual se ha incorporado una componente climática a la definición de las unidades cartográficas de suelos.

Como se ha indicado, también el relieve presenta una cierta influencia en la formación y evolución de los suelos, en especial a escala local. Este nivel de escala no es abordable en el presente trabajo, por lo que nos hemos limitado a dar algunas pautas de influencia del relieve y a establecer una zonificación de relieve general que, junto con la zonificación climática, complementará a la base litológica utilizada para la definición de las unidades cartográficas de suelos que serán la base de la caracterización de los suelos provinciales.

En la descripción detallada de los suelos de cada litofacies se darán orientaciones destinadas a reducir los errores de generalización de las unidades cartográficas de suelos, sobre el terreno o con la utilización de cartografía de mayor resolución.

## 2.1.2 Escalas de trabajo

Para definir la escala de la cartografía se debe buscar un compromiso entre el nivel de detalle deseado y los factores limitantes.

La precisión de la información de partida condicionará la cartografía, en la medida de

su importancia sobre la información de suelos. Las escalas máximas disponibles se pueden ver en la Tabla 1. Como puede apreciarse, el factor principal más limitante es la litología, que limita la producción cartográfica a una escala máxima 1:50.000.

**Tabla 1. Escalas máximas disponibles de la información de partida**

Concepto	Importancia	Escala
Litología	Principal	1:50.000
Fotografía aérea	Principal	1:20.000
Topografía (raster 5 m)	Principal	1:25.000
Climatología (raster 500 m)	Principal	1:2.000.000
Vegetación (Mapa Forestal Español)	Auxiliar	1:50.000

Concepto	Importancia	Escala
Vegetación (Mapa de Usos y Coberturas del Suelo)	Auxiliar	1:100.000
Geomorfología y edafología	Auxiliar	1:400.000
Infraestructuras (ferrocarril, carreteras, poblaciones, etc.)	Auxiliar	1:100.000

En la zona de estudio se han llevado a cabo un total de 368 muestreos. Si aplicamos la fórmula de estimación de la precisión cartográfica (Legros, 1996) se tiene que, para una eficiencia edafológica alta (K=20) y una superficie de 993.151 ha:

$$\frac{Ob}{S} = \frac{4 \cdot E^2 \cdot 10^8}{K} \text{ observaciones / ha} \rightarrow E = \sqrt{\frac{368 \cdot 20}{4 \cdot 10^8 \cdot 993.151}} \approx \frac{1}{232.000}$$

Siendo: Ob: nº de observaciones  
S: superficie en hectáreas

E: factor de escala  
K: eficiencia edafológica (de 1 a 20)

Luego la intensidad de muestreo realizada equivale aproximadamente a una escala 1:230.000; si se tiene en cuenta que existe un alto porcentaje de superficie agrícola no cartografiada en la comarca del Condado-Campiña de Huelva y se reducen a unas 600.000 ha la superficie forestal, en ese caso se pasa a una escala aproximada 1:180.000.

Los objetivos que mueven este proyecto de investigación, dirigidos a evaluar la aptitud forestal de los suelos onubenses, pueden alcanzarse con mapas de reconocimiento o semidetallados (Porta Casanellas et al., 2003). La escala 1:180.000 corresponde a mapas de reconocimiento con un buen nivel de detalle y puede ser un buen compromiso entre la

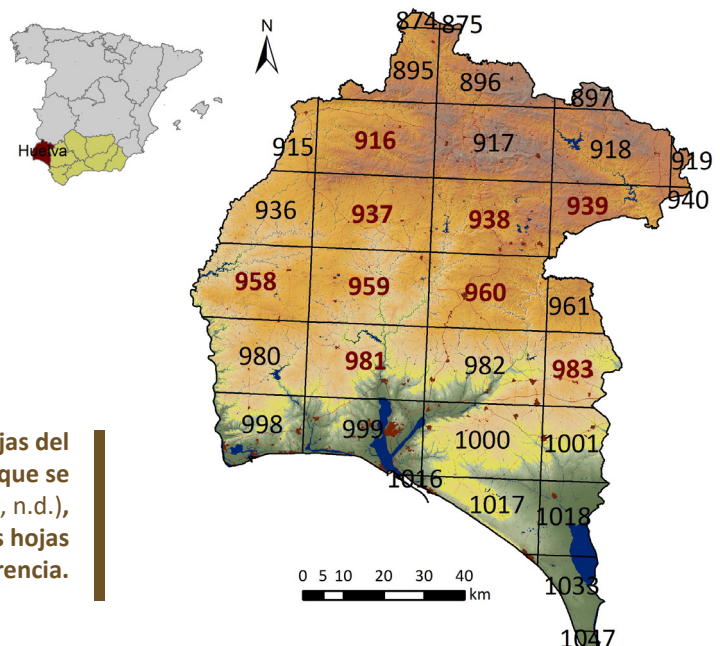
precisión deseada y el coste soportado.

Es evidente que este nivel de detalle no alcanza los recomendados para poder analizar la dinámica de laderas, separándolas en unidades cartográficas, que se establecen en escalas mínimas 1:25.000 (Conacher & Dalrymple, 1977), pero sí será posible la formación de unidades compuestas por asociaciones de suelos de ladera y una aproximación explicativa a sus procesos.

La escala 1:180.000 será, en consecuencia, nuestra referencia en cuanto a la precisión cartográfica del trabajo, a pesar de lo cual se manejarán escalas mayores, para minimizar errores de trazado y mejorar la legibilidad del mapa.

## 2.1.3 Fuentes de información Cartografía geológica

Se ha obtenido la cartografía digital del Mapa Geológico Nacional (MAGNA), E. 1:50.000, ©CN Instituto Geológico y Minero de España (CN IGME, n.d.), correspondiente a todas las hojas que contienen alguna parte de la provincia de Huelva (Figura 1). La única zona provincial que no se ha adquirido ni estudiado corresponde a su extremo sureste, dado que esta zona se engloba íntegramente dentro del Parque Nacional de Doñana (hojas 1033 y 1047).



**Figura 1. Códigos de localización de las hojas del Mapa Topográfico Nacional MTN 1:50.000, que se corresponden con el MAGNA-50 (CN IGME, n.d.), a la misma escala. Se resaltan en rojo las hojas utilizadas como sectores de referencia.**

## Información edafológica

Toda la información edafológica utilizada ha sido levantada por el equipo autor del trabajo y personas colaboradoras. Las fuentes de esta gran masa de datos son los siguientes proyectos de investigación, desarrollados desde el Departamento de Ciencias Agroforestales de la Universidad de Huelva:

- “Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva (1ª y 2ª fase)”: convenio de investigación con el Grupo Ence, 1999-2009.
- “Impacto ambiental de los cambios de uso de terrenos forestales a agrícolas en la provincia

de Huelva”: Convenio de la UHU con Tragsatec y la CMA de la Junta de Andalucía, 2004-2006.

- “Estudios edafológicos de apoyo a la redacción de proyectos de repoblación y al estudio de su impacto ambiental del banco de proyectos 2003 de la CMA”: Convenio con Egmasa.
- Otros trabajos de campo de la Universidad de Huelva.

La primera de las fuentes de información indicadas ha sido la principal, mientras que las otras se han utilizado para completar litofacies con información insuficiente.

## Otros parámetros ambientales

- Mapa topográfico: La altimetría del territorio ha sido obtenida a partir del modelo digital del terreno de Andalucía publicado por la Junta de Andalucía, con un tamaño de celda (píxel) de 10 m (*Red de Información Ambiental de Andalucía*, n.d.).
- Información de estaciones meteorológicas y cartografía climática obtenidas del Subsistema Clima y otros apartados de la red REDIAM (*Red de Información Ambiental de Andalucía*, n.d.).

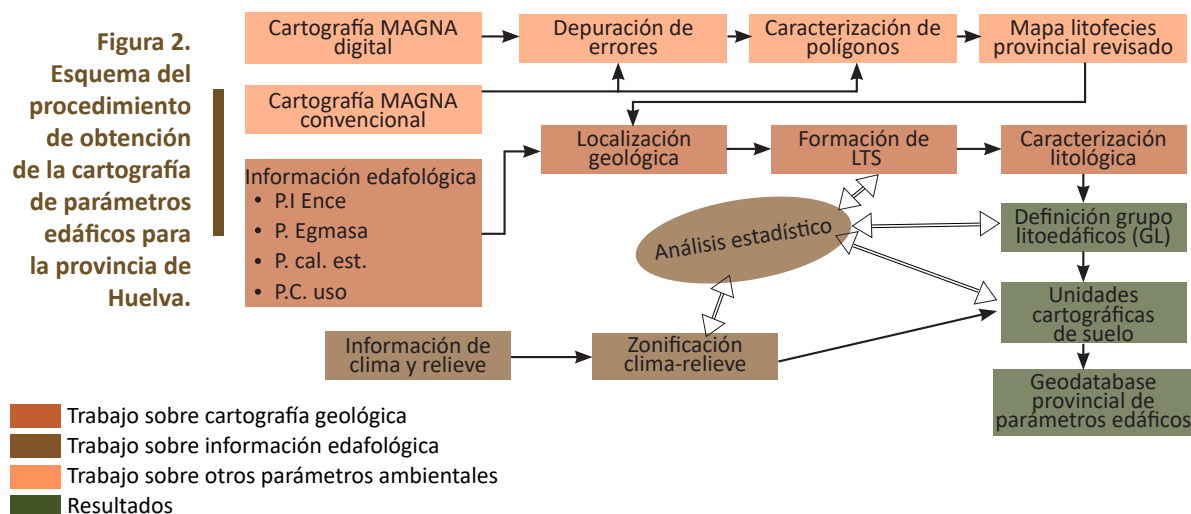
## Cartografía complementaria

- Mapa Forestal del España (MFE) en formato original digital, E. 1:50.000 (2006), descargable desde la Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) del MITERD, © Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.
- Referencias geográficas (red hidrográfica, carreteras, núcleos urbanos, etc.) en formato digital, procedentes del Mapa Topográfico de Andalucía 2007, vectorial, escala E. 1:10.000 (MTA 10). Consejería de Obras Públicas y Vivienda. Junta de Andalucía (IECA, 2007).

## 2.1.4 Esquema metodológico

A continuación, se describe brevemente el procedimiento de formación de unidades cartográficas para la confección de la cartografía

edafológica de la provincia de Huelva. En la Figura 2 se presenta el esquema de este procedimiento.



## Trabajo sobre la cartografía geológica

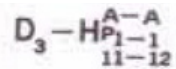
Se ha revisado la información de la cartografía digital del MAGNA, E. 1:50.000, con el objeto de armonizar todas las leyendas, añadiendo un nuevo campo con las litofacies rectificadas. En este análisis se han detectado también diversos errores, que se han corregido a partir de la cartografía MAGNA disponible en formato convencional. Los errores más frecuentes son de tipo tipográfico, polígonos vacíos o sobrecargas no identificadas.

A cada tipo de litofacies se le ha asignado una referencia numérica compuesta por el identificador que cada una de ellas tiene en la cartografía digital al que se le ha añadido el número de la hoja 1:50.000 en la que se

encuentra.

Por último, se ha completado la información de la cartografía digital utilizando la cartografía convencional. Se han incorporando nuevos campos, tales como el periodo geológico en el que se ha formado la roca, el código que incorpora el IGME para cada litofacies y algunas observaciones sobre la formación a la que pertenece la litofacies, el dominio, la unidad, etc., especificando también cuando se trata de una sobrecarga. Para poder escribir los códigos del IGME en la base de datos ha sido necesario utilizar ciertos símbolos que permitan su representación (ver Tabla 2).

**Tabla 2. Símbolos utilizados en la escritura de los códigos del MAGNA para poder introducirlos en bases de datos, dado que este software no admite estos caracteres especiales.**

Símbolo	Significado
\	el carácter siguiente es un superíndice
/	el carácter siguiente es un subíndice
-	el carácter siguiente es un índice central
, (coma)	pasa de índice a carácter normal
. (punto)	separa letras griegas al mismo nivel
()	los caracteres entre paréntesis pertenecen al mismo nivel
	las letras griegas se escriben en transcripción fonética latina, diferenciando entre mayúsculas y minúsculas
Ejemplo	 Se escribirá: D/3,-H\A-A_P(/1-1)/11-12

Con la cartografía digital convenientemente depurada, se procede a la unión de todas las hojas del mapa geológico de la provincia de

Huelva. Debido al solape que se produce en ocasiones entre mapas contiguos, ha sido necesario recortar algunos de los mapas.

## Trabajo sobre la información edafológica

La información edafológica disponible se ha relacionado con su ubicación en el mapa geológico revisado. Las litofacies que presentaban tendencias similares en sus características edafológicas se han agrupado en lo que hemos denominado "litofacies simplificadas" (LtS). Tal y como se explica con más detalle en el epígrafe 2.2.1, las LtS son agrupaciones de coberturas geológicas que comparten un mismo origen de sus materiales, edades cercanas y composiciones mineralógicas

también cercanas.

Una vez definidas las LtS, se han identificado dentro de cada una de ellas subgrupos sobre la base de las correspondencias entre tipos de roca y características edafológicas. Estos subgrupos se han denominado "grupos litoedáficos" (GL). No se dispone de cartografía de distribución de los GL dentro de cada LtS, pero sí que se ha establecido de forma estadística una jerarquía de importancia de los GL en función de la frecuencia de su aparición.

## Trabajo sobre otros parámetros ambientales

Mediante análisis estadístico (ANOVA) se han identificado zonas de precipitación, temperatura y relieve que presentan diferencias

significativas entre ellas para los parámetros principales del suelo (profundidad y capacidad hídrica). Dado que se dispone de modelos

digitales de distribución de temperaturas y de precipitaciones, la zonificación climática es fácilmente cartografiable.

La zonificación de relieve se ha realizado mediante digitalización manual de unidades de relieve, tratando de identificar grandes conjuntos de relieve con una metodología sintética (Aguiló Alonso & VVAA, 1984). A la

## Resultados

Se han analizado los distintos conjuntos de GL y de unidades de clima y relieve; los resultados del análisis han servido para caracterizar las unidades cartográficas, formadas por la

vista de los resultados obtenidos en trabajos anteriores (Domingo-Santos et al., 2011; 2010 a; 2010 b), se han distinguido únicamente dos tipos de relieve, accidentado y poco accidentado.

En el Anejo 1 se describen, entre otras, las tipificaciones establecidas para el clima y para el relieve.

superposición de las zonas establecidas por esas variables.

La información estadística más relevante ha sido trasladada a la base de datos, que dotará

# 2.2 Cartografía de unidades de suelo

## 2.2.1 Unidades simplificadas de litología

Dada la gran influencia que tiene la roca madre sobre las propiedades de los suelos, se ha procedido a clasificar las distintas litofacies del MAGNA (CN IGME, n.d.) en agrupaciones que permitan reducir el número de litologías sobre las que se plantea el estudio de los suelos, de manera que sea posible algún tipo de análisis estadístico con un número de muestras abordable.

Se ha planteado la reunión de aquellas litofacies con rocas iguales o cercanas, especialmente cuando proceden de los mismos periodos geológicos o de procesos similares. Este esfuerzo de reunión se ha

concentrado, especialmente, sobre las litofacies de representación intermedia, ya que las más abundantes tienen entidad propia, mientras que las pequeñas manchas carecen de significación global territorial. Estas combinaciones de litologías afines se han denominado “unidades simplificadas de litología” o “litofacies simplificadas” (LtS).

Para la designación de las unidades simplificadas de litología se han utilizado los códigos numéricos propuestos por la Universidad de Huelva en su proyecto “Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva” (Domingo-Santos, 2002). Estos códigos y su denominación se pueden ver en la Tabla 3.

**Tabla 3. Códigos y denominaciones de las litofacies simplificadas (LtS) en las que se encuentran agrupadas las litologías del MAGNA que aparecen en la provincia de Huelva. Se incluye también la superficie total y la importancia relativa en tanto por ciento sobre la superficie provincial.**

LtS	Denominación	Superficie (ha)	%LtS
100	Rocas graníticas: granitos, cuarzodioritas, granodioritas	37.855,5	3,82
300	Rocas intrusivas básicas e intermedias	6.381,2	0,64
400	Rocas sedimentarias-volcánicas formadas entre episodios volcánicos	20.582,5	2,06
700	Lavas básicas y tobas básicas esquistasas	27.981,7	2,78
800	Materiales de metamorfismo de contacto	7.672,6	0,76
1100	Rocas pizarrosas de facies Culm	148.920,4	15,00
1200	Grauwacas y pizarras de facies Culm	18.973,6	1,92

LtS	Denominación	Superficie (ha)	%LtS
1300	Pizarras, cuarcitas, grauwacas y areniscas del devónico-carbonífero inferior (PQ)	176.694,5	17,74
1500	Materiales volcánicos ácidos	64.945,7	6,51
1800	Rocas intrusivas básicas (diabasas)	5.743,1	0,58
2000	Pizarras del carbonífero, acompañadas de materiales piroclásticos finos	24.294,0	2,44
2100	Filitas, esquistos y materiales cuarcíferos acompañantes	107.901,0	10,87
2200	Rocas de silicatos cálcicos	1.923,3	0,19
2300	Ortoanfibolitas de grano fino	5.160,8	0,52
2400	Gneises cuarzo-feldespáticos con biotita	9.466,1	0,96
2500	Ortoanfibolitas toleíticas de grano grueso	2.092,0	0,22
3100	Materiales pliocuaternarios	184.222,0	18,53
3200	Materiales limo-arenosos del mioceno	9.804,8	0,99
3300	Terrenos arenífericos, gravas compactas y calizas biogenéticas	16.350,9	1,65
3400	Materiales margo-arenosos	35.485,2	3,58
3500	Turba	811,7	0,08
3600	Margas, limos grises, arcillas y otros materiales	5.546,4	0,56
3800	Limos y arenas sin carbonatos	55.225,0	5,55
4100	Mármoles y materiales calco-magnésicos descarbonatados	9.385,5	0,92
5000	Superficies de agua	7.738,2	0,78
8400	Jaspes y cherts	290,6	0,03
8500	Diques de cuarzo	84,0	0,01
9000	Sedimentos antrópicos	1.556,6	0,15
9100	Sulfuros masivos polimetálicos (minería)	62,1	0,01
<b>TOTAL</b>		<b>993.151,0</b>	<b>100,0</b>

La asignación de LtS a cada una de las coberturas geológicas provinciales se ha llevado a cabo utilizando los siguientes criterios:

- Tipo de materiales y época de origen: ha sido el criterio principal. Materiales del mismo origen con descripciones idénticas o muy parecidas al modelo, que se hayan formado en la misma época, tienen una elevada probabilidad de presentar una similitud total.
- Contigüidad espacial: con frecuencia la descripción de una misma litofacies es distinta de una hoja a otra del MAGNA; esto suele deberse al trabajo de equipos de cartografía diferentes, con pequeñas

diferencias de criterio. Salvo excepciones, la contigüidad espacial se ha tenido en cuenta cuando existían dudas en las descripciones de tipos de materiales.

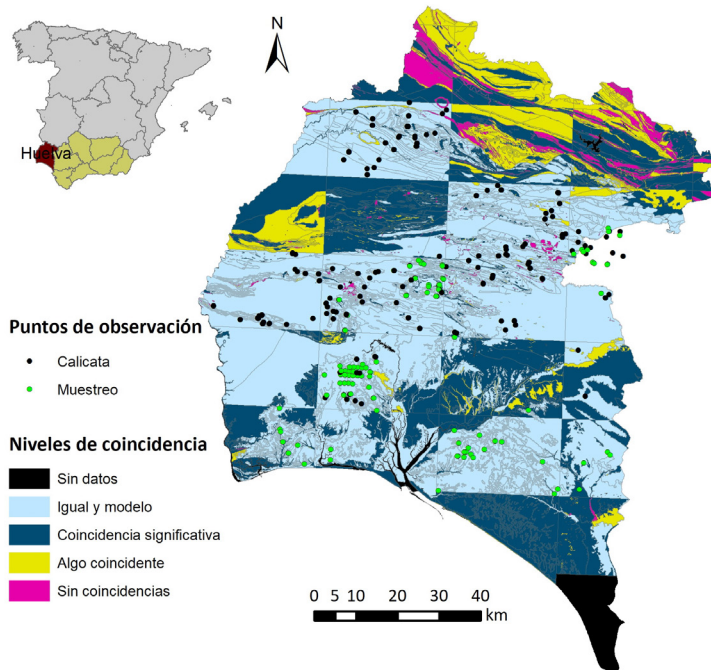
De esta forma, cada litofacies de la provincia de Huelva ha sido asignada a una LtS. En el Anejo 3 se presenta el listado completo de asignaciones de LtS a cada una de las coberturas geológicas de la provincia de Huelva, así como las litofacies muestreadas. Lógicamente, el nivel de similitud de estas litofacies "asignadas" respecto a los modelos muestreados es variable. Este nivel de similitud o de coincidencia se ha tipificado según se indica en la Tabla 4.

**Tabla 4. Niveles de coincidencia aplicados en la asignación de LtS a las coberturas geológicas del MAGNA de la provincia de Huelva. Se incluye también la superficie total y la importancia relativa en tanto por ciento sobre la superficie provincial.**

Tipo de coincidencia	Descripción	Superficie (ha)	% S/total
Modelo	La litofacies se corresponde con una de las que se han muestreado y ha servido como modelo de su LtS.	474.863,6	47,81
Igual	Denominación y origen coincidentes con algún modelo.	77.702,7	7,82
Coincidencia significativa	Alto nivel de coincidencia tanto en la denominación de las rocas que componen la litofacies como en el origen y la edad, sin que exista una coincidencia total en todos los aspectos.	302.923,5	30,5

Tipo de coincidencia	Descripción	Superficie (ha)	% S/total
Algo coincidente	Parte de los materiales de la litofacies son similares al modelo; presentan el mismo origen, con un nivel de coincidencia variable en lo relativo a la edad.	99.235,1	9,99
Sin coincidencias	Litofacies para la que se carece de información, si bien se le asigna provisionalmente aquella LtS con la que se considere que exista una mayor afinidad.	30.687,9	3,09
<b>TOTAL</b>		<b>985.412,8</b>	<b>99,2</b>

NOTA. La diferencia de la superficie total respecto a la Tabla 3 se debe a la falta de las masas de agua.



A modo de resumen, se puede apreciar en la Tabla 4 que las litofacies con niveles de coincidencia bajos con los modelos (algo coincidentes o sin coincidencias) representan menos del 15% de la superficie provincial total. Más aun, las litofacies “sin coincidencias” con ningún modelo ocupan sólo el 3% de la superficie provincial. Por lo tanto, asumiendo que la variabilidad local de los suelos puede ser muy elevada, se puede considerar que los muestreos que se poseen pueden proporcionar una muestra representativa de las características de las litofacies provinciales (véase Figura 3).

**Figura 3. Calidad de la información disponible sobre los suelos de las distintas coberturas geológicas de la provincia de Huelva.**

Debido a que todavía existen algunas zonas con coberturas geológicas sobre las cuales se dispone de escasa información, la cartografía paramétrica se complementa con otra capa

que indica la fiabilidad de la información dada según el nivel de coincidencia de la geología con la de las zonas modelo (véase Figura 3).

## 2.2.2 Formación de grupos litoedáficos

Uno de los mayores problemas encontrados en la búsqueda de relaciones entre el suelo y las variables ambientales ha sido la variabilidad interna que presentan las teselas litológicas del MAGNA. La existencia de rocas muy diferentes dentro de una misma litofacies puede confundir un análisis estadístico pues, si se le atribuye a priori homogeneidad geológica, se puede llegar a pensar que la variación edafológica puede ser producida por factores no litológicos.

Para evitar este problema, en la medida de lo posible, se han planteado las siguientes

acciones:

- Caracterización e identificación de las rocas que aparecen dentro de cada perfil edafológico. Las rocas identificadas se han codificado para facilitar el manejo de la información (Anejo 5).
- Identificación de grupos distintos dentro de cada LtS teniendo en cuenta afinidades y diferencias en lo relativo a los tipos de rocas presentes y otras propiedades físicas o químicas de los perfiles, principalmente vinculadas a la roca (textura, reacción y

contenidos catiónicos principalmente). Estos grupos se han denominado “grupos litoedáficos” (GL).

La diferenciación de GL proporciona una mayor precisión en la estimación de las propiedades de los suelos. En general, esta diferenciación no es fácilmente cartografiable, si bien, a escala local resulta posible identificar el GL sobre el terreno mediante la observación de las rocas

superficiales y las del perfil edafológico y, en ocasiones, otras características.

Estos GL implican un avanzado conocimiento edafológico de la zona, por lo que su descripción se aborda de forma conjunta con la descripción de las unidades cartográficas de suelos, dada su importancia general. Una descripción de mayor detalle puede consultarse en el Anejo 7.

### 2.2.3 Cartografía de unidades de relieve: Unidades de paisaje

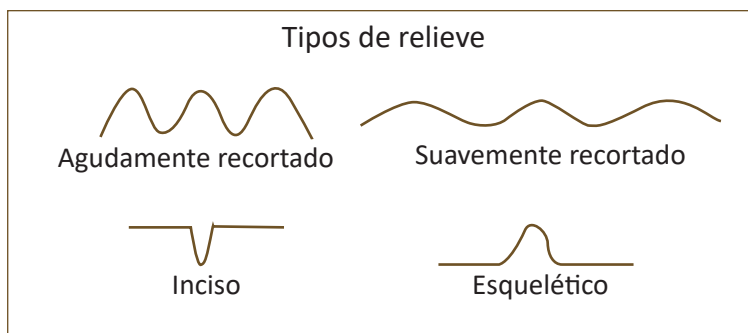
La experiencia adquirida en estudios anteriores ya nos indicó la escasa utilidad del uso de parámetros puntuales de relieve (pendiente y orientación), puesto que la significación estadística de su influencia en la formación de los suelos se ha mostrado baja. Esto no implica que las características locales del relieve carezcan de importancia, al contrario, la comprensión de la dinámica de los suelos a lo largo de una ladera, como indicaron Conacher y Dalrymple (Conacher & Dalrymple, 1977), es un importantísimo factor de variación edafológica.

Lamentablemente, esta información no se puede llevar a la escala cartográfica del presente trabajo, pero contribuirá a la descripción de las posibles variaciones edafológicas dentro de las unidades cartográficas definidas.

En consecuencia, se ha optado por considerar el relieve desde un punto de vista sintético, mediante la delimitación de conjuntos de relieve. Los tipos de relieve se han ajustado a la descripción indicada en la Tabla 5.

**Tabla 5. Tipos de relieve presentes en la zona de estudio según la clasificación dada por Aguiló et al. (Aguiló Alonso & VVAA, 1984).**

Tipo de relieve	Altura de relieve	Código Ordinal	Características dominantes del relieve
Agudamente recortado	Colinado	AR_C	Pendientes de moderadas a muy fuertes y longitudes de ladera largas
Agudamente recortado	Ondulado	AR_O	Pendientes de moderadas a muy fuertes y longitudes de ladera cortas
Suavemente recortado	Colinado	SR_C	Pendientes de suaves a moderadas y longitudes de ladera largas
Suavemente recortado	Ondulado	SR_O	Pendientes de suaves a moderadas y longitudes de ladera cortas



**Figura 4. Tipos sintéticos de relieve según Aguiló et al. (1984). Para simplificar la cartografía del relieve no se han contemplado los tipos inciso ni esquelético, dado que su representación es muy pequeña en la provincia de Huelva.**

Posteriormente, la altura y el tipo de relieve se han combinado en una variable de síntesis del relieve, según la tipificación mostrada en la Tabla 6. Así, se han definido unas unidades

de paisaje para toda la provincia de Huelva considerando esta variable de síntesis del relieve, diferenciando aquellas unidades con un relieve, en general, accidentado de las que tienen un relieve suave.

**Tabla 6. Variable de síntesis del relieve (RelieveMod\_simpl) que lo clasifica como accidentado o suave. Se le ha asignado un código de letras y un número para su uso en el análisis estadístico.**

CÓDIGO Tipo relieve	CÓDIGO Altura relieve	RelieveMod_simpl	Definición del relieve
AR	O	3	accidentado
SR	O	2	suave
AR	C	3	accidentado
SR	C	3	accidentado

La categorización de las variables de relieve se puede consultar en el Anejo 1.

Además del relieve, en el análisis del paisaje que asienta los suelos de la zona de estudio se ha constatado que la vegetación es también un factor influyente. Sin embargo, en la provincia de Huelva, en general, resulta compleja e incierta la obtención de relaciones entre las cubiertas vegetales y los suelos. Esto es debido, en gran medida, a la intensa actividad humana a que han estado sometidos estos territorios; es frecuente que un terreno haya acogido distintas cubiertas vegetales (arbolado, matorral, cultivo o pastos) o distintos usos del suelo (agrícola, forestal, minero), como también es variable el tipo de gestión que puede haber sufrido

(incendios frecuentes, sobrepastoreo, cortas o podas abusivas, etc.). Ante esta incertidumbre, se ha decidido simplificar las unidades de paisaje y adoptar un modelo de recintos más simple sobre los tipos de relieve. El relieve es la base estructural del paisaje y tiene un carácter mucho más estable que la vegetación.

A escala local, el conocimiento detallado de la evolución de los usos del suelo puede permitir mejorar la predicción de sus características. En general resulta posible conocer estos usos del suelo desde el año 1956 (*Red de Información Ambiental de Andalucía, n.d.*) lo cual, en la escala temporal de la evolución de los suelos, es un tiempo muy corto.

## 2.2.4 Unidades de tipos termopluviométricos

En los estudios de Dokuchaev, Jenny o Strakhov (Porta Casanellas et al., 2003) ya quedaron identificadas las relaciones entre el clima y la evolución de los suelos. A escala provincial, las variables climáticas categorizadas han mostrado interesantes relaciones con las variables edafológicas objetivo, en especial con la profundidad edáfica. En consecuencia, ante la facilidad para trasladar a la cartografía

la distribución de estas variables, se ha profundizado en sus relaciones con las características físicas del suelo y se han empleado en la composición de las unidades cartográficas de suelo.

La categorización de las variables climáticas se puede consultar en el Anejo 1.

## 2.2.5 Cartografía combinada tipos de relieve y tipos termopluviométricos

Con el fin de delimitar recintos homogéneos que definan las unidades cartográficas de suelo, se ha procedido a combinar los tipos de relieve y de clima. Esta combinación refuerza la correlación con las características edafológicas, pues, clima y relieve no son características independientes (de forma relativa, en las zonas

de relieves elevados la precipitación es mayor y la temperatura media menor). En consecuencia, se ha procedido a elaborar una nueva variable combinada, denominada "Clima\_relieve", según se indica en la Tabla 7 y en la Figura 5.

Tabla 7. Combinación de variables climáticas y fisiográficas en la variable denominada "Clima\_relieve". Se incluye también la superficie total y la importancia relativa en tanto por ciento sobre la superficie provincial. No se indican las combinaciones que no aparecen de forma significativa sobre el terreno.

CÓDIGO Clima_relieve	Categorías Temp - Precip	Cód. relieve	Descripción	Superficie (ha)	% S/total
112	11	2	Zona fresca, pluviometría baja, relieve suave	8.847,5	0,89
113		3	Zona fresca, pluviometría baja, relieve accidentado	6.500,2	0,65
122	12	2	Zona fresca, pluviometría media, relieve suave	30.828,0	3,1
123		3	Zona fresca, pluviometría media, relieve accidentado	57.602,9	5,8
132	13	2	Zona fresca, pluviometría alta, relieve suave	24.144,7	2,43
133		3	Zona fresca, pluviometría alta, relieve accidentado	130.764,2	13,17
212	21	2	Zona intermedia, pluviometría baja, relieve suave	142.728,9	14,37
213		3	Zona intermedia, pluviometría baja, relieve accidentado	16.890,2	1,7
222	22	2	Zona intermedia, pluviometría media, relieve suave	47.418,1	4,77
223		3	Zona intermedia, pluviometría media, relieve accidentado	73.477,5	7,4
232	23	2	Zona intermedia, pluviometría alta, relieve suave	2.812,2	0,28
233		3	Zona intermedia, pluviometría alta, relieve accidentado	8.617,9	0,87
312	31	2	Zona cálida, pluviometría baja, relieve suave	331.971,9	33,42
313		3	Zona cálida, pluviometría baja, relieve accidentado	49.249,4	4,96
322	32	2	Zona cálida, pluviometría media, relieve suave	24.122,3	2,43
323		3	Zona cálida, pluviometría media, relieve accidentado <sup>9</sup>	34.617,3	3,49
<b>TOTAL</b>				<b>990.593,2</b>	<b>99,73</b>

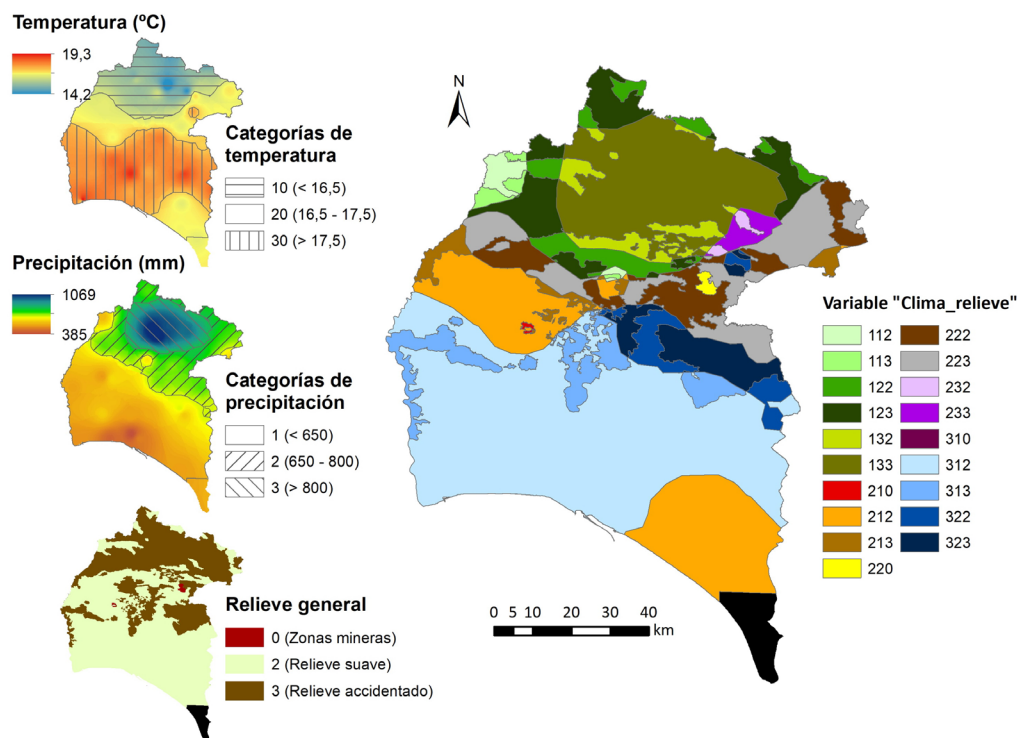


Figura 5. Distribución de las unidades de clima y relieve en la provincia de Huelva. En la parte izquierda se aprecian los mapas de temperaturas, precipitación (en ambos casos, tanto continuas, como categorizadas) y tipos de relieve. En el mapa de la derecha se ven las unidades resultantes de la superposición de los tres tipos de categorías. El extremo sur de la provincia (E.N. Doñana, en color negro) se encuentra excluido de este trabajo.

## 2.2.6 Unidades cartográficas

Los recintos a los que se asignan características edafológicas, que hemos denominado unidades cartográficas de suelo (UC), quedan definidos

por la superposición de los mapas de LtS (con sus variantes de GL), de tipos simplificados de relieve y de los tipos termopluviométricos.

# 2.3 Información edafológica

## 2.3.1 Introducción

Para la localización de los puntos de muestreo se buscaron zonas tipo dentro de cada clase de unidad cartográfica, siguiendo un método razonado o “dirigido” (Domingo-Santos, 2002; Legros, 1996). Se ha priorizado la observación de las UC más representadas dentro de la zona de estudio, por lo que se ha realizado un mayor número de observaciones en las UC de gran

extensión.

La excavación de los perfiles fue manual o mecánica, según se describe a continuación. En la mayor parte de los casos estos perfiles se abrieron dentro de un transecto de ladera, asociados a otros en zonas superiores, inferiores o ambos, constituyendo catenas edafológicas.

## 2.3.2 Levantamiento de información en campo

La adquisición de datos de campo debe ser sistemática y codificada, para facilitar el posterior tratamiento informático de las grandes masas de datos que se generan (Legros, 1996). Esto no impide que en el campo se hagan cuantas aclaraciones y observaciones se crean convenientes, que puedan ayudar a la clasificación del perfil o a la comprensión de su dinámica.

Se presentan en el Anejo 4 los modelos de estadillos de campo utilizados, que responden a los dos niveles de adquisición de información que se van a describir a continuación: la parcela y el perfil.

Se tomaron también fotografías de cada perfil muestreado y de su parcela circundante, para facilitar la observación complementaria y evitar confusión de muestras.

### 2.3.2.1 Nivel 1: Parcela

Siguiendo la metodología descrita por Gandullo (1994), alrededor del punto de muestreo de suelos se delimitó, de forma aproximada, una parcela cuadrada de unos 20 m de lado. Se anotaron de forma sistemática las características físicas y bióticas de la

parcela, incluyendo también cualquier aspecto complementario que pudiera influir sobre la dinámica del suelo. Se prestó especial atención a la correcta localización del punto, tanto de forma cartesiana, con la ayuda de un GPS, como describiendo la ruta de acceso.

### 2.3.2.2 Nivel 2: Perfil

En el centro de la parcela se procedió a la apertura del punto de muestreo, para lo cual se establecieron dos modalidades:

#### Muestreo tipo 1: calicata

---

Apertura de una zanja de muestreo y observación del perfil edáfico según se describe en la bibliografía general existente (Gandullo, 1994; Porta Casanellas et al., 2003). Las calicatas permiten la observación de una longitud de perfil cercana a los 2 m, con lo que la toma de muestras tiene una buena representatividad.

Las calicatas se abrieron, en general, por medios

mecánicos, hasta alcanzar roca consolidada o hasta que no se observó presencia significativa de raíces; en este último caso se detuvo la excavación a profundidades entre 1,15m y 1,5m. En zonas inaccesibles o ambientalmente sensibles la apertura de los muestreos fue manual.



**Fotografía 1. Ejemplo de calicatas abiertas por medios manuales (arriba) y mecánicos (abajo), ambas sobre suelos someros. En general, las calicatas abiertas por medios mecánicos precisan un mayor trabajo de preparación del perfil para su observación.**

## Muestreo tipo 2: sondeos o muestreos sin observación completa del perfil

El sondeo consiste en la obtención de una muestra de suelo sin apertura completa de zanja. Las mediciones que se realicen en los sondeos son menos representativas que las muestras tomadas en el perfil de una zanja.

Los sondeos se efectúan para confirmar las hipótesis que se establezcan sobre la distribución de suelos, así como para evaluar la variación espacial de algunas propiedades en el

levantamiento de transectos (pH, potencia de horizontes, profundidad total del suelo).

El procedimiento de muestreo es similar al de las calicatas, con apertura siempre manual. El tamaño del hoyo es menor, lo que no permite alcanzar profundidades superiores a los 70 cm; en caso de suelos más profundos, el sondeo no se considera un buen método de observación de esta propiedad.

### 2.3.2.3 Levantamiento de perfiles sobre catenas

La búsqueda de relaciones del suelo con los factores ecológicos, los fisiográficos en particular, aconsejan la realización de muestreos contiguos sobre una misma línea o

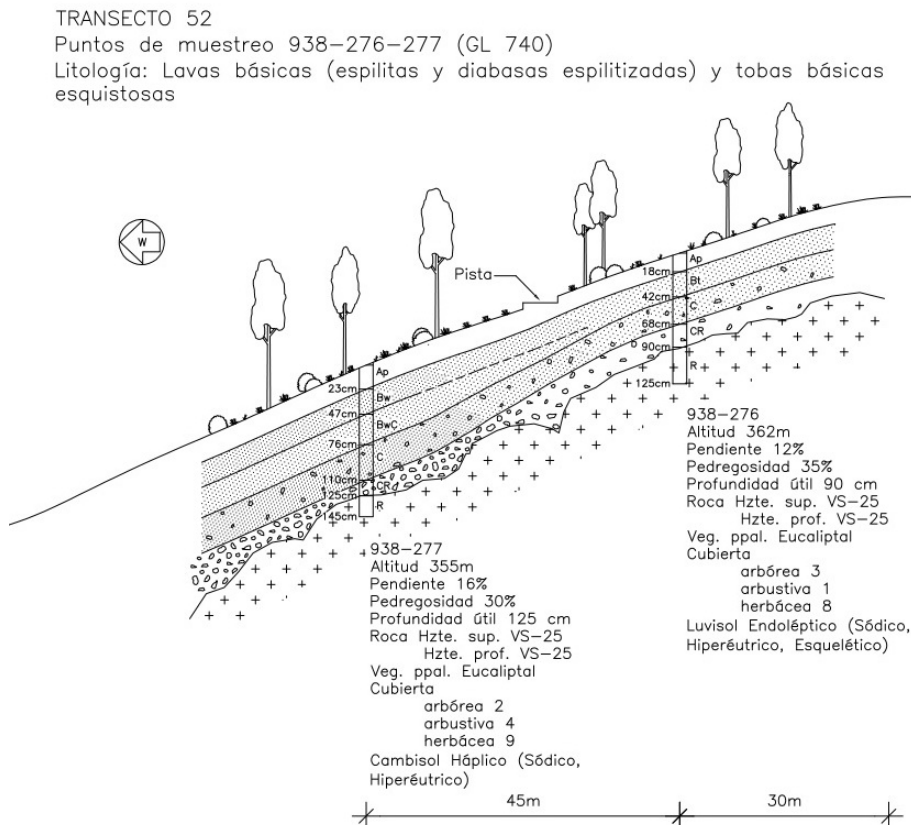
transecto de ladera, lo que permite identificar las sucesiones de suelos debidas al relieve, denominadas catenas.

El estudio de catenas se llevó a cabo mediante

la apertura de varios perfiles sobre una misma línea de descenso del agua en una ladera (Figura 6). El número de perfiles depende de la longitud de la propia ladera y del grado de variación que pueda apreciarse *a priori*, oscilando este número entre 2 y 5 muestreos.

Puede decirse que el análisis de las catenas constituyó el eslabón de unión entre geomorfología y edafología, pues de

forma tradicional estaba establecido que la geomorfología se ocupaba, preferentemente, de los procesos de denudación y la edafología de los procesos de transformación. La edafogénesis, mediante una acción vertical, altera y descompone el material geológico, mientras que la morfogénesis, por acción lateral y superficial, erosiona y acumula (Gallardo et al., 1988).



**Figura 6.** Ejemplo de representación de catena de suelos en una de las zonas de estudio del presente trabajo.

En ciertas áreas, cualquier estudio sobre los procesos formadores de suelo debe basarse sobre el concepto de catena:

Es imposible comprender la formación de perfiles en la parte baja de las laderas, a menos que se entienda la formación de suelo en las partes altas, y se valore la importancia de factores como el drenaje lateral y el movimiento de reptación del suelo (soil creep) (Conacher & Dalrymple, 1977).

Sin embargo, según los mismos autores, las catenas de ladera no son el marco para la descripción e interpretación de las variaciones de las propiedades edáficas relacionadas con los factores ambientales distintos de los topográficos (litología, vegetación, microclimas, usos de la tierra, etc.), salvo en la medida que sus variaciones afecten a la geomorfología.

### 2.3.3 Métodos analíticos de laboratorio

El trabajo del proyecto de investigación se centra principalmente en la caracterización física de los suelos, por lo que los trabajos de laboratorio se encaminan hacia la realización detallada de análisis físicos. Sin embargo, resulta difícil

realizar una clasificación taxonómica correcta sin disponer de un conjunto básico de análisis químicos y, por otro lado, esta información química resulta de gran utilidad para identificar relaciones del suelo con la roca madre.

Para la analítica de las muestras se ha seguido la metodología estándar oficial (Vallejo & Autores, 1994), excepto en el caso de los carbonatos (Gutián & Carballas, 1976) y para el coeficiente de extensión lineal (COLE) (IUSS Working Group

WRB, 2007). Estas metodologías se exponen brevemente a continuación.

### 2.3.3.1 Metodología de análisis físicos

#### Preparación de la muestra

La fase de laboratorio comienza con la preparación de la muestra, consistente en el secado al aire, molienda y tamizado. Este último se realiza con un tamiz de 2 mm de luz,

que separa la fracción gruesa de la muestra, obteniéndose así el porcentaje de tierra fina seca al aire (TFSA).

#### Humedad residual

Una cantidad suficiente de muestra (no menos de 25 g) es secada a 105 °C durante 24 horas. La diferencia de peso antes y después del

proceso de secado proporciona el porcentaje de humedad residual relativa de la muestra secada al aire.

#### Densidad real

La densidad real de un suelo se refiere a la densidad de las partículas sólidas, expresadas como la relación de la masa total de las partículas sólidas a su volumen total.

La masa de las partículas se determina pesándolas y su volumen se calcula a partir de la masa y densidad del agua que es desplazada por la muestra de suelo.

#### Textura

El análisis granulométrico se ha realizado por el método de medición indirecta con densímetro (Bouyoucos, 1936). El fundamento de este método es el fenómeno físico descrito en la ley de Stokes, que relaciona el tamaño de las partículas con su velocidad de caída dentro de un determinado fluido.

Para completar la información de la curva granulométrica se procede también a realizar un tamizado con un tamiz de 100 µm de luz, valor que corresponde al porcentaje de arena muy fina (según el sistema de clasificación del USDA).

#### Coeficiente de extensibilidad lineal (COLE)

Medido como el porcentaje de incremento entre la longitud húmeda y la longitud seca de un terrón, con relación a la longitud seca.

Este coeficiente únicamente se determina en los casos en que el porcentaje de arcilla es superior al 30% (posibles características vérticas).

#### Color

Aparte de su determinación en el campo, también se define en el laboratorio el color de cada horizonte según el código Munsell, tanto para muestras secas como húmedas, tomando estas antes de su molienda y tamizado.

Esta determinación es más sistemática que la realizada en campo y, además, ayuda a descubrir posibles errores de identificación de muestras.

#### Análisis de los gruesos (>2 mm)

A partir de las muestras de gruesos de los suelos se ha establecido un catálogo de rocas (Anejo 5), en el que se describen las propiedades de las rocas obtenidas en la zona de estudio y se

les asigna un código.

Así, para cada muestra se determina la distribución por tamaños de su fracción gruesa, en porcentaje de peso, según cuatro intervalos,

empleando tamices de 6,3, 31,5 y 80 mm. Estos gruesos también se describen físicamente, en cuanto a propiedades como la dureza, friabilidad, forma y color, identificando el tipo

de rocas según la codificación establecida dentro del catálogo de rocas de la zona.

### 2.3.3.2 Metodología de análisis químicos

#### pH

---

Se determina el pH en agua y el pH de intercambio en KCl 0,1 M, en una proporción tierra / agua (o KCl 0,1 M) de 1/2,5, realizándose la medida con pH-metro.

#### Materia orgánica

---

Se utiliza un analizador elemental carbono-azufre marca LECO. El uso de este equipo permite mejorar la precisión acerca del contenido en materia orgánica respecto de la técnica de Tyurin que establecen los métodos oficiales de análisis, además de resultar mucho más eficiente, con resultados similares.

Cuando las muestras carecen de carbonatos, la

lectura que proporciona el equipo corresponde directamente al carbono orgánico. En caso contrario, para obtener el carbono orgánico es necesario restar al carbono total medido el carbono correspondiente a los carbonatos, previamente evaluados con el calcímetro de Bernard, según se describe en el siguiente subepígrafe.

#### Carbonatos

---

La determinación de carbonatos se realiza por volumetría de gases, haciendo reaccionar cada muestra con HCl 1:1 y utilizando, para la medida del volumen de gas desprendido, el calcímetro de Bernard.

Antes de realizar este análisis se hace una prueba previa de contenido mínimo en carbonatos añadiendo a la muestra de tierra unas gotas de HCl 1:1; si no se observa ninguna reacción no se hace la calcimetría.

#### Conductividad eléctrica

---

Se determinó en extracto acuoso de suelo, en relación suelo/agua de 1/5, mediante conductímetro.

#### Análisis de los cationes de cambio

---

Se determina la concentración, en ppm, de los cationes intercambiables adsorbidos al complejo de cambio (realmente los cationes intercambiables más los solubles en agua), en concreto del Ca, Mg, Na y K. Para ello se hace una extracción previa de los cationes con una solución neutra 1N de acetato amónico. Este extracto, una vez filtrado, se analiza

cuantitativamente con un fotómetro de llama de baja temperatura, para determinar el Na y el K, y con un espectrofotómetro de absorción atómica, para el Ca y el Mg.

En caso de que el suelo contenga sales solubles hay que realizar previamente, antes de la extracción, un lavado de sales con etanol al 95%.

#### Capacidad de cambio catiónico

---

El procedimiento para su determinación consiste en la saturación del suelo con sodio mediante lavados sucesivos con acetato sódico 1N a pH 8,2. A continuación, se elimina el exceso de sal del suelo lavándolo con etanol y, por último, se desplaza el Na adsorbido por la muestra tratándola con acetato amónico 1 N.

En esta solución extraída, previamente filtrada, se determina la concentración de Na por fotometría de llama, expresando el resultado en meq/100 g.

# Definición y caracterización de unidades taxonómicas de suelos **2.4**

Los perfiles levantados en la fase de muestreo se caracterizan, describen y clasifican taxonómicamente, obteniéndose un catálogo de perfiles, que incluye las características ambientales que acompañan a esos suelos.

Para la clasificación de los perfiles y con el fin de dar acceso al mayor número posible de personas interesadas, se han adoptado tres tipos de clasificación taxonómica:

## Clasificación FAO- WRB

Se utiliza la versión publicada de forma conjunta por IUSS Working Group WRB (2007):

- FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
- ISRIC: Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos
- SICS-AISS-IBG: Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo (acrónimo inglés ISSS)

Se utiliza la clasificación FAO-WRB por su gran difusión a nivel mundial y su uso específico en cartografía a escalas medias y pequeñas, como el Atlas de Suelos Europeos (Jones et al., 2005). Se trata, además, del método de clasificación más utilizado, en sus versiones anteriores, para

la cartografía realizada en la región andaluza (Delgado et al., 1988; González et al., 1989).

Esta clasificación establece un primer nivel de grupos principales de suelos cuyas características se completan añadiendo un sufijo calificador principal y sufijos secundarios, en número que no se encuentra limitado *a priori*. Para cada unidad cartográfica de suelos se establecerá la frecuencia de los distintos grupos de suelos, así como la ocurrencia de sufijos principales y secundarios. Se indicará también la probable sucesión evolutiva entre unos taxones de suelos y otros.

## Clasificación “Soil Taxonomy”

Se trata de una clasificación (Soil Survey Staff, 1999) con una metodología de base morfométrica, al igual que la clasificación FAO, que también cuenta con una importante difusión a nivel mundial y que se utiliza en el Mapa de Suelos de España E. 1:1.000.000 (CEC,

1985), por lo que se ha considerado importante su inclusión.

Dado que algunos de los datos que precisa no han sido obtenidos en este trabajo, esta clasificación sólo puede considerarse

## Clasificación básica forestal de los suelos españoles

Esta adaptación de la clasificación francesa, realizada por Gandullo (1994) para las condiciones edafoclimáticas españolas, se basa en la génesis y evolución edáfica. Es una clasificación sencilla e intuitiva, muy usada por

técnicos e investigadores de formación forestal, por lo que se ha considerado conveniente su inclusión. Es una buena referencia para la cartografía de suelos a escalas medias o pequeñas.

# 2.5 Elección y definición de las variables de trabajo

## 2.5.1 Variables objetivo

A la taxonomía de suelos se le acompaña una caracterización de parámetros relevantes para los suelos forestales. El trabajo ofrece información sobre todas las variables del suelo, pero se han tomado como variables objetivo, para el análisis de su distribución territorial, las siguientes:

- Prof\_Util: Profundidad útil (cm)
- CRAMU: Capacidad de retención de agua total útil (mm)
- CRADU: Capacidad de retención de agua disponible útil (mm)

### Profundidad útil

Se considera como profundidad útil la distancia en centímetros entre la parte superficial del suelo, por debajo de la capa de hojarasca, y su límite inferior, marcado por la aparición de roca dura o, si la roca no se presenta a menos de 125cm, por la ausencia de actividad pedogénica.

Se le aplica el adjetivo útil para diferenciar de la profundidad total del muestreo, que puede ser mayor cuando la calicata se abre con maquinaria, dado que la fuerza mecánica puede superar la capacidad de prospección de las raíces de las plantas.

La profundidad del suelo presenta un efecto indudable sobre la capacidad de acogida biológica de un ecosistema en general (Domingo-Santos, 2002), tanto para el desarrollo del pasto y la vegetación herbácea (p.e. Pulido et al., 2017) y como para su uso forestal arbolado (Sabaté et al., 2002). Dada la vinculación de esta variable con la capacidad hídrica y nutritiva del suelo, resulta también de gran importancia su conocimiento para determinar la resiliencia de los ecosistemas forestales frente al cambio climático (p.e. González-Zamora et al., 2023).

### Capacidad de retención de agua total útil (CRAMU)

El agua que es capaz de almacenar el suelo es un factor ecológico limitante en las zonas mediterráneas, por lo que resulta fundamental determinar los volúmenes que el suelo puede contener, así como qué proporción de esta agua se encuentra disponible para las plantas.

Como indica Gandullo (1985), la fuerza de retención del agua en el suelo se relaciona con su potencial hídrico, que se define como la energía necesaria para llevar el agua a un estado de referencia de lámina de agua libre en un depósito. Cuando el agua sale de forma natural del suelo hacia el estado de referencia se le atribuye un potencial positivo, mientras que si hemos de ejercer una fuerza para extraerla el agua tiene un potencial negativo. Según este planteamiento en el suelo nos podemos encontrar tres niveles de potencial hídrico:

- Agua gravitacional: presenta un potencial hídrico positivo o se encuentra retenida con poca fuerza, de forma que va percolando

progresivamente a través de los poros grandes del suelo. Mientras se encuentra en el suelo su aprovechamiento por parte de las raíces de las plantas es fácil.

- Agua capilar: presenta un potencial hídrico significativamente negativo, en general por debajo de 33 kPa. Queda retenida en los poros pequeños del suelo y está disponible para su extracción por las raíces, salvo aquellos poros muy pequeños en los que está retenida con potenciales inferiores a 1500 kPa.
- Agua higroscópica: se encuentra retenida por fuerzas de adhesión de las estructuras moleculares de los componentes sólidos del suelo, por lo cual no está disponible para la vegetación.

El parámetro CRAMU es un estimador de la máxima cantidad de agua que un determinado perfil edáfico puede suministrar. Se basa en el parámetro CRA ideado por Gandullo (1985) y fue revisado y modificado por Domingo-

Santos et al. (2006). Para cada horizonte del suelo calcula su capacidad de retención de agua, en mm de agua por cada metro de suelo, teniendo en cuenta que una parte importante del agua gravitacional puede ser aprovechada por las plantas, en especial en condiciones

de baja pendiente, escorrentía lenta y cuando la capacidad de drenaje de los horizontes inferiores es más lenta que la de los superiores. Una vez conocida la CRAM de cada horizonte se obtiene por suma ponderada por los espesores la CRAM total del suelo.

### Capacidad de retención de agua disponible útil (CRADU)

Este parámetro también proviene de la revisión realizada por Domingo-Santos et al. (2006). Se trata de una minoración del parámetro CRAMU, que se obtiene de la aplicación de un coeficiente proporcional a la relación entre agua disponible y agua total en el suelo. Se considera un estimador más real del agua disponible para la vegetación. Se utilizan los dos parámetros porque ambos presentan relaciones estadísticas significativas con el desarrollo de la vegetación forestal, según ha quedado de manifiesto en trabajos que han utilizado estos parámetros (p.e. López-Senespleda et al., 2023; Pérez-Cruzado et al., 2011).

Para llevar a cabo pruebas estadísticas no paramétricas se ha procedido a transformar las variables objetivo en variables categóricas. Los valores categorizados pueden consultarse en el Anejo 1, las variables categorizadas son las siguientes:

- CATEPROF, para las categorías de profundidad útil
- CATECRAMU, para la CRAMU

- CATECRADU, para la CRADU

Como se verá, la dominancia de la roca para determinar la variación de los suelos es muy alta. Esto ha motivado que, siguiendo el trabajo realizado por Domingo-Santos (2002), se haya hecho una tipificación de las principales variables edafológicas según la media de las litofacies simplificadas y grupos litoedáficos sobre los que se asientan.

- Las variables tipificadas según LtS se han afectado del sufijo “tipo” para las tres variables objetivo, que se convierten en: Prof\_TIPO, CRADu\_TIPO y CRAMu\_TIPO.
- Las variables tipificadas según GL se han afectado del sufijo “tipo\_GL” para las tres variables objetivo: Prof\_tipo\_GL, CRADu\_TIPO\_GL y CRAMu\_TIPO\_GL.

Los valores medios que toman las variables dentro de cada LtS y cada GL se han almacenado en las variables que se señalan en la Tabla 8.

**Tabla 8. Variables edafológicas medias de las LtS y los GL, utilizadas para la obtención de las variables tipificadas de las dos tablas anteriores.**

VARIABLES DE GRUPO	CÓDIGO
Profundidad media de cada litofacies	Lito_Prof
Capacidad de retención de agua disponible media de la litofacies simplificada	Lito_CRADu
Capacidad de retención de agua total media de la litofacies simplificada	Lito_CRAMu
Profundidad media de cada grupo litoedáfico	GL_Prof
Capacidad de retención de agua disponible media del grupo litoedáfico	GL_CRADu
Capacidad de retención de agua total media del grupo litoedáfico	GL_CRAMu

## 2.5.2 Variables independientes

Las variables objetivo de los suelos se han analizado estadísticamente frente a un amplio conjunto de variables ambientales, para el establecimiento de relaciones suelo-paisaje. Para facilitar el análisis no paramétrico de la información se ha procedido a la categorización de las variables cuantitativas, que se han unido a otras variables que ya tienen un carácter

categórico, como las litofacies o el tipo de relieve. En la Tabla 9 se presentan las variables ambientales categorizadas. Las categorías establecidas pueden consultarse en el Anejo 1. En la Tabla 10 se presentan las variables ambientales que han mantenido para su análisis un valor numérico continuo

**Tabla 9. Variables por categorías. Esta tabla incluye variables de tipo cualitativo a las que se ha asignado un código numérico. También incluye las variables transformadas a cualitativas (categorizadas) a partir de variables cuantitativas.**

VARIABLES POR CATEGORÍAS	CÓDIGO
Altura de relieve según unidades de paisaje	Alt_Rel
Categorías de precipitación	CAT_Precip
Categorías de precipitación según el modelo de distribución de precipitaciones de la Junta de Andalucía ( <i>Red de Información Ambiental de Andalucía, n.d.</i> )	CAT_PrecipREDIAM
Categorías de temperatura media	CAT_Temp
Categorías de temperatura media según el modelo de distribución de temperaturas de la Junta de Andalucía ( <i>Red de Información Ambiental de Andalucía, n.d.</i> )	CAT_TempREDIAM
Categorías de temperatura y precipitación agrupadas	CAT_tempo_precip
Categorías agrupadas de temperatura y precipitación, según los modelos de distribución de la Junta de Andalucía ( <i>Red de Información Ambiental de Andalucía, n.d.</i> )	CAT_temp_precREDIAM
Categorías de temperatura y precipitación agrupadas	CAT_temp_prec
Variable combinada de CAT_temp_precREDIAM y RelieveMod_simpl	ClimaREDIAM_relieve
Tipo de concentración de flujo	Cod_Concentrac
Tipo de pendiente	Cod_Tipo Pend
Tipo de vegetación dominante	Cod_vegDom
Grupo litoedáfico (GL)	GL
Litofacies simplificada (Lts)	Lts
Tipo de curvatura vertical (concavidad-convexidad) del terreno	TipoMicrotop
Categorías combinadas de altura y tipo de relieve	Relieve
Clases de longitud de ladera	Tipo_Long_lad
Clases de pedregosidad superficial	Tipo_Ped_sup
Tipo de relieve	TipoRel
Tipos de posición en la ladera	Cat_topo_local
Categorías de índice de humedad modificado	CAT_WI
Índice combinado de longitud de ladera; corregida según la pendiente y tipo de convergencia del flujo hídrico por la ladera	Topo_J

**Tabla 10. Variables ambientales cuantitativas que toman valores numéricos continuos.**

VARIABLES CONTINUAS	CÓDIGO
Área de drenaje específico correspondiente a la longitud de ladera modificada	ADrj_mdf
Cobertura arbórea sobre el terreno (1 a 10)*	Cub_arbo
Cobertura arbustiva sobre el terreno (1 a 10)*	Cub_arbus
Cobertura herbácea sobre el terreno (1 a 10)*	Cub_herb
Longitud de ladera modificada	L_lad_mdf
Factor LS (USLE)	LS
Suma ponderada de las cubiertas vegetales: [Cub_arbo*5+ Cub_arbus*3+ Cub_herb*2]	mixto_veg
Pedregosidad superficial	Ped_Sup
Precipitación	Precip
Precipitación, según el modelo de distribución de precipitaciones de la Junta de Andalucía ( <i>Red de Información Ambiental de Andalucía, n.d.</i> )	Precip_REDIAM
Pendiente (%)	Pte
Transformación de la variable relieve a valores continuos proporcionales a una estimación de dificultad del relieve para la formación de suelo (a mayor valor, mayor dificultad)	Rel_Mod
Temperatura media anual	Temp_media

VARIABLES CONTINUAS	CÓDIGO
Temperatura media anual, según el modelo de distribución de temperaturas de la Junta de Andalucía ( <i>Red de Información Ambiental de Andalucía, n.d.</i> )	Temp_REDIAM
Valor del radio de curvatura vertical (se ha simplificado en 5 valores)	Curv_vertic
Valor del radio de curvatura horizontal (se ha simplificado en 5 valores)	Curvat_horiz
Índice de Humedad modificado	WI_mdf

\*Los valores de estas variables son números enteros.

## 2.5.3 Otras variables del suelo

Además de la taxonomía y las variables objetivo, este trabajo suministra un gran conjunto de variables edafológicas ya elaboradas para facilitar futuros análisis estadísticos o para completar la información de perfiles individuales o conjuntos de perfiles.

En el Anejo 2 se presenta la descripción de la Geodatabase asociada al presente trabajo, con todas las variables que contiene. Se listan a continuación las variables del suelo agrupadas en distintas tablas según sus características.

### Variables de perfil completo

Estas variables son valores únicos medidos realmente sobre cada perfil, es decir, no provienen de cálculos obtenidos mediante combinación de valores de varios horizontes. En

la Tabla 11 se presentan variables categorizadas (valores de categorización en el Anejo 1). En la Tabla 12 se presentan variables cuantitativas referidas a todo el perfil.

**Tabla 11. Variables edafológicas referidas a características reales del perfil, de tipo cualitativo, a las que se ha asignado un código numérico. También incluye las variables transformadas a cualitativas (categorizadas) a partir de variables cuantitativas.**

VARIABLES POR CATEGORÍAS	CÓDIGO
Categorías de espesor del horizonte A	CAT_ESP_A
Categorías de contenido en materia orgánica en los 10 cm superficiales	CAT_MO_10
Categorías de capacidad de retención de agua disponible útil	CATECRADU
Categorías de capacidad de retención de agua total útil	CATECRAMU
Categorías de profundidad útil	CATEPROF
Cantidad de raíces a 25 cm	Cod_CantRaice
Compactación a 25 cm	Cod_compac_25
Presencia de características que hagan el perfil exceptuable para el análisis estadístico	Excluible_Lito
Grupo taxonómico FAO	FAO_res
Grupo hidrológico de suelo (en valor entero)	ghs_perfil
Grupo hidrológico de suelos en valor entero según Brakensiek	ghs_perfil_brak
Presencia de horizonte árgico	H_argico
Número de observación	n_observacion
Factor K de la USLE categorizado según el valor medio general provincial	Tipo_FactorK
Valor redondeado a un número entero del índice textural a 10 cm de profundidad	tipo_ltex_ln_10

**Tabla 12. Variables edafológicas referidas a características reales del perfil, de tipo cuantitativo (toman valores numéricos continuos).**

VARIABLES CONTINUAS	CÓDIGO
Arena muy fina a profundidad 10 cm (%)	amf_10
Cantidad de arcilla a profundidad 10 cm (%)	arci_10
Cantidad de arena a profundidad 10 cm (%)	arena_10
Desviación típica del contenido de arcilla en el perfil	desvStd_arcilla
Espesor del horizonte A	Espesor_A

VARIABLES CONTINUAS	CÓDIGO
Factor K (USLE)	FactorK
Índice textural logarítmico del horizonte localizado a 10 cm de profundidad	Ind_text_10
Índice de arrastre de arcilla	IndiceArcilla
Cantidad de limo a profundidad 10 cm (%)	limo_10
Porcentaje de materia orgánica en la fracción de tierra fina en los 10 cm superficiales	MO_10
pH al agua en los 10 cm superficiales	pHagua_10
pH-KCl en los 10 cm superficiales	pHKCl_10
Tierra fina (%) en los 10 cm superficiales	tf_10

## Variables de perfil obtenidas como valores medios de los horizontes

Los valores que toman las variables que se indican a continuación han sido obtenidos como medias ponderadas de los valores del conjunto de horizontes de cada perfil edafológico. La ponderación de las características químicas se ha hecho en general mediante la fórmula de Rusell-Moore (véase sección 2.6.1), mientras

que las características físicas se han ponderado según el espesor de cada horizonte, teniendo en cuenta también el contenido en tierra fina. La Tabla 13 contiene variables categorizadas, mientras que la Tabla 14 son variables cuantitativas obtenidas directamente.

**Tabla 13. Variables edafológicas referidas a características medias del perfil que han sido transformadas a cualitativas (categorizadas).**

VARIABLES POR CATEGORÍAS	CÓDIGO
Categorías del nivel de riqueza en catión calcio	CAT_Ca
Categorías del nivel de riqueza en catión potasio	CAT_K
Categorías del nivel de riqueza en catión magnesio	CAT_Mg
Categorías del nivel de riqueza en catión sodio	CAT_Na
Categorías de pH en la solución del suelo (al agua). Media del perfil ponderada según Rusell-Moore	CAT_pHagua
Categorías de pH de cambio (extracción por KCl). Media del perfil ponderada según Rusell-Moore	CAT_pHKCl
Categorías USDA de conductividad hidráulica según Saxton (USDA, 1951)	CATE_K_Saxton
Categorías Almorox conductividad hidráulica según Saxton (Almorox et al., 1994)	CATE_K_Saxton_Alm
Clases texturales USDA de la textura media del perfil	Clase_text
Índice textural logarítmico entero	tipo_Itex_In
Categorías de contenido medio de gruesos en el perfil	Tipo_Gruesos

**Tabla 14. Variables edafológicas cuantitativas referidas a características medias del perfil (toman valores numéricos continuos).**

VARIABLES CONTINUAS	CÓDIGO
Índice textural logarítmico continuo	Itex_In_Pf
Media de arena muy fina ponderada por espesor de horizontes	M_AMF
Media de arcilla ponderada por espesor de horizontes	M_arcilla
Media de arena ponderada por espesor de horizontes	M_arena
Media conductividad hidráulica según Saxton ponderada Rusell-Moore	M_K_Saxton_RM
Media de limo ponderada por espesor de horizontes	M_limo
Media Ca cambiante ponderada Rusell-Moore	M_RM_Ca
Media capacidad de intercambio catiónico ponderada Rusell-Moore	M_RM_CIC
Media K cambiante ponderada Rusell-Moore	M_RM_K
Media Mg cambiante ponderada Rusell-Moore	M_RM_Mg
Media Na cambiante ponderada Rusell-Moore	M_RM_Na

VARIABLES CONTINUAS	CÓDIGO
Media pH al agua ponderada Rusell-Moore	M_RM_pHagua
Media pH-KCl ponderada Rusell-Moore	M_RM_pHKCl
Media saturación en bases ponderada Rusell-Moore	M_RM_V
Media de tierra fina ponderada por espesor de horizontes	M_TF
Diámetro medio cuadrático de los tamaños de partículas en tierra fina en todo el perfil	DgPf_TF
Desviación típica geométrica de la distribución de tamaños de partículas en tierra fina en todo el perfil	SigmatPf_TF

## 2.5.4 Variables tipificadas

También se han utilizado en el análisis estadístico variables ambientales y edafológicas tipificadas en proporción a la media de sus litofacies simplificadas (LtS) y de sus grupos litodérficos (GL):

- Las variables tipificadas según LtS se han afectado del sufijo “red” y se presentan en la Tabla 15.
- Las variables tipificadas según GL se han afectado del sufijo “red\_GL” y aparecen en la Tabla 16.

**Tabla 15. Variables ambientales y edafológicas cuantitativas tipificadas según sus medias por litofacies simplificadas (LtS).**

VARIABLES TIPIFICADAS POR LtS	CÓDIGO
Área de drenaje tipificada según la litofacies simplificada	Adrj_red
Cobertura arbórea tipificada por litofacies	arbol_red
Cobertura arbustiva tipificada por litofacies	arbu_red
Cantidad de arcilla a profundidad 10 cm (%) tipificado por litofacies	arc10_red
Cantidad de arena a profundidad 10 cm (%) tipificado por litofacies	are10_red
Nivel de riqueza en catión calcio tipificado por litofacies	Ca_red
Factor K (USLE) tipificado por litofacies	Fct_K_red
Cobertura herbácea tipificada por litofacies	herba_red
Índice textural logarítmico continuo tipificado por litofacies	ltext_red
Nivel de riqueza en catión potasio tipificado por litofacies	K_red
Conductividad hidráulica según Saxton tipificada por litofacies	K_Saxton_tipo
Longitud de ladera tipificada por litofacies	lglad_red
Cantidad de limo a profundidad 10 cm (%) tipificado por litofacies	lim10_red
Factor LS (USLE) tipificado por litofacies	LS_red
Nivel de riqueza en catión magnesio tipificado por litofacies	Mg_red
Materia orgánica a profundidad 10 cm tipificado por litofacies	mo10_red
Suma ponderada de las cubiertas vegetales tipificada por litofacies	mxtovg_red
Nivel de riqueza en catión sodio tipificado por litofacies	Na_red
pH al agua a profundidad 10 cm tipificado por litofacies	pHA10red
pH-KCl a profundidad 10 cm tipificado por litofacies	pHK10red
Pedregosidad superficial tipificada por litofacies	piedr_red
Pendiente tipificada por litofacies	Pte_red
Tierra fina (%) tipificada por litofacies	TF_red
Tierra fina (%) a profundidad 10 cm tipificado por litofacies	tf10_red
Saturación en bases tipificada por litofacies	V_red
Índice de humedad tipificado por litofacies	WI_red

**Tabla 16. Variables ambientales y edafológicas cuantitativas tipificadas según sus medias por grupos litoedáficos (GL).**

VARIABLES TIPIFICADAS POR GL	CÓDIGO
Área de drenaje tipificada según el grupo litoedáfico	Adrj_red_GL
Cobertura arbórea tipificada por grupo litoedáfico	arbol_red_GL
Cobertura arbustiva tipificada por grupo litoedáfico	arbu_red_GL
Cantidad de arcilla a profundidad 10 cm (%) tipificado por grupo litoedáfico	arci10_red_GL
Cantidad de arena a profundidad 10 cm (%) tipificado por grupo litoedáfico	are10_red_GL
Nivel de riqueza en catión calcio tipificado por grupo litoedáfico	Ca_red_GL
Factor K (USLE) tipificado por grupo litoedáfico	Fct_K_red_GL
Cobertura herbácea tipificada por grupo litoedáfico	herba_red_GL
Índice textural logarítmico continuo tipificado por grupo litoedáfico	ltext_red_GL
Nivel de riqueza en catión potasio tipificado por grupo litoedáfico	K_red_GL
Conductividad hidráulica según Saxton tipificada por grupo litoedáfico	K_Saxton_tipo_GL
Longitud de ladera tipificada por grupo litoedáfico	LongLad_red_GL
Cantidad de limo a profundidad 10 cm (%) tipificado por grupo litoedáfico	limo10_red_GL
Factor LS (USLE) tipificado por grupo litoedáfico	LS_red_GL
Nivel de riqueza en catión magnesio tipificado por grupo litoedáfico	Mg_red_GL
Materia orgánica a profundidad 10 cm tipificado por grupo litoedáfico	MO10_red_GL
Suma ponderada de las cubiertas vegetales tipificada por grupo litoedáfico	mxtovg_red_GL
Nivel de riqueza en catión sodio tipificado por grupo litoedáfico	pHA10_red_GL
pH al agua a profundidad 10 cm tipificado por grupo litoedáfico	pHK10_red_GL
Pedregosidad superficial tipificada por grupo litoedáfico	piedr_red_GL
Pendiente tipificada por grupo litoedáfico	Pte_red_GL
Tierra fina (%) tipificada por grupo litoedáfico	TF_red_GL
Tierra fina (%) a profundidad 10 cm tipificado por grupo litoedáfico	tf10_red_GL
Saturación en bases tipificada por grupo litoedáfico	V_red_GL
Índice de humedad tipificado por grupo litoedáfico	WI_red_GL

# Análisis estadístico 2.6

## 2.6.1 Visión, preparación y organización de los datos

La asignación de valores de las características edáficas a cada GL se ha basado en el tratamiento estadístico de la información de los perfiles edáficos existentes sobre estos GL, valores a los que se han aplicado un conjunto de correcciones en función de las zonas de clima y relieve donde se encontraran.

El número de muestreos de suelo disponibles para la realización del análisis estadístico supera los 400, si bien se han excluido algunos perfiles por encontrarse en ubicaciones inadecuadas o poco representativas, por falta o pérdida de algunos datos, o por falta de correspondencia de su material parental con la información que facilitaban los mapas geológicos. Finalmente, la base de trabajo para el análisis estadístico han sido 368 muestreos, realizados dentro de la provincia de Huelva.<sup>1</sup>

Esta masa de datos obtenida se ha organizado en una tabla para su análisis estadístico, con la ayuda del programa IBM-SPSS (versión 15). Los aspectos reseñables de esta organización de datos son:

- Cada punto de muestreo u observación constituirá un caso (fila) en la tabla estadística.
- Cada característica del punto de muestreo será considerada como una variable.
- Las variables características de horizontes deben transformarse para poderlas considerar variables de perfil; esto puede hacerse por dos vías:

Para la definición de las relaciones suelo-paisaje que caractericen adecuadamente cada una de las unidades cartográficas de suelo se utiliza un conjunto de herramientas estadísticas básicas.

Se realiza, en primer lugar, una estadística descriptiva sobre la base de las variables

- Obtención de los valores medios ponderados de los valores de cada horizonte. Se utilizan ponderaciones por espesores y por el método Rusell-Moore (Gandullo, 1994); este último aplica un mayor peso a los horizontes superiores, elaborando los coeficientes de ponderación mediante la siguiente fórmula exponencial.

$$w_i = e^{-0,02 \cdot l_s} - e^{-0,02 \cdot l_i}$$

Donde:  $w_i$ : peso ponderal que se asigna al horizonte  $i$  dentro del perfil del suelo

$l_s$ : profundidad en cm a la que se localiza el límite superior del horizonte  $i$

$l_i$ : profundidad en cm a la que se localiza el límite inferior del horizonte  $i$

- Obtención de valores característicos a profundidades fijas, que dejan así de ser atributos de horizonte y pasan a serlo del perfil. Los intervalos de profundidad escogidos han sido de 15 cm, salvo en superficie, que se toman dos intervalos de 5 cm. Las profundidades, en cm, serán: 5-10-25-40-55-70-85-100-115. Todas estas variables aparecen en la geodatabase, si bien sólo se exponen en los resultados aquellas que han dado resultados de interés.

## 2.6.2 Métodos estadísticos

ecológicas principales utilizadas para la delimitación de unidades cartográficas (UC), esto es, los grandes tipos de clima y relieve, y las litofacies simplificadas. La información obtenida permite la caracterización definitiva de estas UC, al unirse a la información taxonómica.

---

1 Algunos de los muestreos realizados en la Hoja 939 se localizan sobre la provincia de Sevilla de forma limítrofe con Huelva, por lo que, a efectos prácticos se han considerado incorporables a la base de datos para el estudio estadístico.

A través de la estadística descriptiva se buscan también otras relaciones simples, siguiendo las orientaciones dadas por la bibliografía, como pueden ser las relaciones entre parámetros del relieve y del suelo (Conacher & Dalrymple, 1977; Ovalles & Collins, 1986).

El presente trabajo se ha orientado a la obtención de relaciones del medio respecto a dos variables edáficas de tipo numérico (profundidad y capacidad hídrica), por lo que se considera que los métodos paramétricos resultan adecuados para el estudio, aunque también se utilizarán enfoques no paramétricos muy adecuados para el análisis de variables categóricas. No se han incorporado en este trabajo técnicas de cartografía semiautomática que se han venido utilizando especialmente en la última década (Sanchez et al., 2009), combinando información de teledetección o análisis más complejos mediante árboles de decisión (Vaysse & Lagacherie, 2017). La aplicación de estas técnicas queda para el futuro, pues el tiempo necesario para ello mantendría a los usuarios sin poder utilizar la información de utilidad de este trabajo.

Además de las leyes basadas en las relaciones entre las unidades de suelo y el resto de los elementos del medio natural, existen también relaciones de proximidad y contigüidad entre unidades de suelo (Lagacherie & McBratney, 2006). Estas relaciones entre unidades de suelo están generadas principalmente por el relieve y por la disposición de las coberturas litológicas, y su análisis estadístico precisa, a nuestro entender, escalas de trabajo de gran detalle que obtengan una gran cantidad de puntos de muestreo. Aún disponiendo de un número de puntos insuficiente para este tipo de análisis, la descripción de catenas sí puede indicar tendencias interesantes, que se tratarán de poner de manifiesto en la descripción de cada unidad cartográfica.

A propósito de los métodos estadísticos, se debe aclarar que el presente trabajo tiene un enfoque más sintético que analítico o sistemático, puesto que la capacidad de muestreo y la escala del trabajo hacen difícil el estudio con un diseño experimental de mayor rigor estadístico. Se debe recordar que el uso de metodologías cartográficas “razonadas” plantea ciertos problemas para la elección y aplicación de métodos de análisis estadístico,

son destacables:

- Las muestras escogidas no son aleatorias, puesto que se han elegido previamente las zonas de muestreo, aunque dentro de la zona se haya procurado escoger al azar el punto de muestreo.
- La cantidad de muestras es pequeña, por lo que resulta difícil establecer intervalos de error con un nivel de confianza adecuado.
- La distribución de las variables muestrales presenta un importante sesgo respecto de las distribuciones poblacionales, puesto que el muestreo razonado busca, de forma intencionada, la observación de casos extremos.

Por lo tanto, la información obtenida del análisis estadístico debe ser considerada a la vista de las limitaciones que presenta.

El procedimiento analítico ha seguido los siguientes pasos:

- Análisis de relaciones entre variables categóricas mediante tablas de contingencia, realizando pruebas de independencia chi cuadrado y de razón de verosimilitud.
- Tipificación de valores según las medias de cada litofacies o grupo litoedáfico.
- Análisis de correlaciones de las variables del medio físico frente a las variables edafológicas tipificadas y no tipificadas.
- Análisis de correlaciones de los casos en los cuales se considera que puede existir influencia del relieve u otros agrupamientos.
- Análisis de regresión lineal multivariante, tanto de conjunto total de datos como de los posibles subconjuntos.
- Análisis de varianza para identificar si los conjuntos establecidos a partir del análisis estadístico pueden considerarse diferentes.
- Caracterización de las UC en cuanto a los parámetros edáficos: profundidad, CRAMU y CRADU, ya definidos en la sección 2.5.1.

Estos procedimientos se describen brevemente a continuación:

## Análisis de relaciones entre variables categóricas mediante tablas de contingencia

La variable más importante para el estudio de los suelos, la roca, es de tipo cualitativo, por lo que la primera fase del análisis es de tipo cualitativo. Entre las variables de suelo respecto de las que se ha comparado existen algunas cualitativas, pero la mayor parte son cuantitativas, por lo que sus valores se han clasificado en categorías (véase sección 2.5). Las dos herramientas de análisis cualitativo serán (Calvo Gómez, 2006):

- Tablas de contingencia: ponen de manifiesto las coincidencias entre los valores que toman dos variables supuestamente relacionadas.
- Prueba de chi-cuadrado: indica el nivel de confianza que tiene la hipótesis de que

los valores que toman las variables sean aleatorios y no exista relación entre ambas (hipótesis nula).

En todos los casos, a la vista de la complejidad del medio natural, se ha considerado que los valores de Chi-cuadrado de Pearson y de Razón de verosimilitud obtenidas pueden ser tenidas en cuenta cuando han aparecido con niveles de confianza iguales o superiores al 70% (significación  $< 0,3$ ), si bien para los resultados finales sólo se han destacado aquellas que presentan niveles de confianza superiores al 95% (significación  $< 0,05$ ).

Niveles de significación utilizados: muy alta  $< 0,01$ ; alta 0,01 a 0,05; media 0,05 a 0,10; baja 0,10 a 0,30; no significativa  $> 0,30$ .

## Tipificación de valores según las medias de cada litofacies o grupo litoedáfico

La dominancia de la roca para determinar la variación de los suelos es muy alta. Esto ha motivado que, siguiendo el trabajo realizado por Domingo-Santos (2002), se haya hecho una tipificación de las principales variables edafológicas según la media de las LtS y GL sobre los que se asientan. La nomenclatura de

las variables tipificadas se expone en la sección 2.5.4.

Las variables tipificadas facilitarán el análisis de la influencia de otros factores sobre la formación de los suelos.

## Análisis de correlaciones

Análisis de correlaciones entre variables cuantitativas del suelo y del medio físico tomadas de dos en dos. Este análisis se ha realizado para variables en bruto, así como para las variables tipificadas, según se explica en el punto anterior.

Se analizarán, asimismo, subconjuntos de datos, como grupos de litofacies, grupos de tipos de relieve o grupos clima-relieve, buscando mejores correlaciones que las encontradas de forma general.

## Análisis de regresión lineal multivariante

Para las variables cuantitativas del suelo se han realizado análisis de regresión lineal multivariante, tanto de conjunto total de datos como de diversos subconjuntos. No

se presentarán los resultados pues, aunque muestran tendencias interesantes, se aprecia que la complejidad de la formación de los suelos no se adapta a modelos sencillos.

## Comparación de medias- Análisis de varianza

Para identificar si los conjuntos establecidos a partir del análisis estadístico presentan valores medios distintos entre ellos se ha empleado el test ANOVA o de análisis de la varianza, que

resulta de gran robustez cuando se trabaja con datos cuantitativos.

### 2.6.3 Caracterización de parámetros edáficos objetivo de las unidades cartográficas

La información recogida estadísticamente permite establecer los valores característicos que se asignan a cada tipo de UC. Estos valores serán la media muestral y el intervalo más probable de variación de la media, para las variables objetivo Prof\_Util, CRADU y CRAMU.

Una vez demostrado que las unidades de clima-relieve se diferencian unas de otras en sus valores medios tipificados según los valores centrales del GL, se han utilizado coeficientes correctores generados según la pertenencia de cada perfil a cada termopluviometría y cada relieve, según quedará expuesto en los resultados. Se trata, por lo tanto, de un enfoque

discreto, que asigna valores únicos a cada UC, incorporando una sobrecarga que informa de los rangos de variación más probables para cada unidad.

Como ya se indicó en la sección anterior, el uso de funciones que den una mejor lectura del territorio, incorporando información de teledetección u otras, es una labor que se espera desarrollar en el futuro. Por el momento, la aproximación de recintos de unidades cartográficas de litofacies, clima y relieve es una mejora muy notable sobre la situación preexistente.

# Presentación de la información 2.7

## 2.7.1 Unidades taxonómicas de suelos

De forma previa a la descripción de unidades cartográficas de suelos se presenta una reseña taxonómica en la que se describen los principales grupos de suelos que han aparecido en las zonas

forestales de la provincia de Huelva, con el fin de hacer más comprensible la descripción y clasificación de suelos que se hace al hablar de unidades cartográficas de suelos.

## 2.7.2 Memoria general de suelos

Para la descripción de las unidades cartográficas de suelos estas se han agrupado en secciones según litofacies simplificadas y sus grupos litoedáficos (GL), dado que la litología es una variable cualitativa y de gran peso. Dentro de cada una de estas secciones se hace su caracterización taxonómica asignando la taxonomía o asociación de taxonomías principales, señalando las inclusiones existentes y la posible evolución de unos taxones a otros. Se indica la ocurrencia de los distintos grupos de suelos, así como los sufijos principales y complementarios

Asímismo, se indicarán las principales características de los suelos según los GL y las tendencias observadas en función del clima y el relieve. En esta memoria se dan valores característicos de las variables objetivo tratando de que tengan la máxima generalidad posible. Por ello se utilizarán los valores de perfiles tipo<sup>2</sup> como valores medios del GL en las UC, estableciendo el resto de perfiles el rango de

variabilidad.

La memoria general se completará con la geodatabase que, además de una gran cantidad de tablas de datos (véase Anejo 2), tiene varias salidas cartográficas:

- Mapa general de taxonomía de suelos: La leyenda gráfica del mapa hará referencia a las taxonomías FAO-WRB.
- Mapas paramétricos del suelo: caracterizados en cuanto a valores medios e intervalos más probables de variación de la media, para las tres variables objetivo.

Cuando exista interés en profundizar en el estudio de una UC o de una zona geográfica concreta, se puede acceder al catálogo de suelos que se acompaña en el Anejo 8, con la descripción completa de cada perfil, incluidos otros sistemas de clasificación.

---

2 En función de los datos disponibles para cada unidad, se ha tomado como perfil tipo un muestreo real, considerado de gran representatividad, o un perfil teórico de características medias respecto a los muestreos de la unidad.

# 3.

---



# RESULTADOS

---

# 3.1 Unidades taxonómicas de suelos

## 3.1.1 Introducción

En este punto se presentan, de forma comentada, las características de los grandes grupos taxonómicos de suelos que aparecen en la zona de estudio (Tabla 17), así como las distintas unidades o taxones edáficos que los forman. La base de esta jerarquización ha sido la clasificación FAO (IUSS Working Group WRB, 2007).

Para cada uno de los grandes grupos se desarrolla un breve comentario descriptivo de

sus principales características (véase Anejo 1 para la categorización de estas características), resaltando aquellas que puedan separar estos suelos del resto, y se listan las distintas unidades que han aparecido

Los valores de cada una de las fracciones texturales que se dan para los perfiles han sido obtenidos mediante el cálculo de la media ponderada por espesores y por contenido en tierra fina de cada horizonte.

**Tabla 17. Resumen del número de pedones identificados en cada gran grupo FAO. Sólo se indican los muestreos en calicatas que han podido ser completamente descritos y clasificados.**

Grupo FAO	Recuento	% del total
Acrisol	39	12,1
Alisol	40	12,4
Arenosol	6	1,9
Calcisol	1	0,3
Cambisol	34	10,6
Fluvisol	1	0,3
Leptosol	13	4
Lixisol	19	5,9
Luvisol	108	33,5
Phaeozem	2	0,6
Plintisol	1	0,3
Regosol	57	17,7
Solonetz	1	0,3
<b>Total</b>	<b>322</b>	<b>100</b>

## 3.1.2 Acrisoles

Son suelos evolucionados, con presencia de un horizonte iluvial de arcilla mineralógica, elevada acidez, escasa capacidad de intercambio catiónico y un contenido en cationes muy bajo. Son raros en el clima mediterráneo y pueden haberse formado en condiciones paleoclimáticas más cálidas y húmedas, aunque no se puede descartar su formación actual sobre determinados tipos de rocas muy ácidas.

Se localizan sobre rocas ácidas, principalmente de la serie PQ (Devónico-LtS-1300), formada por "Pizarras, grawacas y cuarcitas", y sobre materiales arenosos pliocuaternarios. La fuerte acidez de estos suelos se traduce en contenidos

en Ca extremadamente pobres y muy pobres, y contenidos en Mg muy pobres y pobres, valores muy por debajo de la media muestral general; los porcentajes de saturación en bases son muy bajos.

Aparecen sobre todo tipo de relieves, las pendientes que predominan son fuertes y aparecen en cualquier posición de ladera; hay algún caso que se desarrolla sobre terreno llano.

Son suelos en su mayoría muy profundos y en ocasiones profundos, apareciendo algún perfil medianamente profundo, y con un contenido muy variable de gruesos en el perfil, que abarca todo el posible rango.

La capacidad de retención de agua que presentan estos perfiles es muy variable, con tendencia a ser alta y muy alta, aunque aparecen perfiles con capacidad baja. La tasa de infiltración está entre moderadamente rápida y rápida.

Prefijos más frecuentes: Háplico, de características típicas; Endoléptico, propio de suelos profundos, pero con roca dura continua a menos de 1 m de la superficie.

Son suelos evolucionados, con presencia de un horizonte iluvial de arcilla mineralógica, elevada acidez, alta capacidad de intercambio catiónico y un contenido en cationes bajo. No se encuentran citados en la bibliografía consultada sobre la provincia de Huelva. Al igual que para los acrisoles, bajo pluviometrías similares o superiores son citados por (Sánchez & Carretero, 1997) en el Parque Natural de Los Alcornocales.

Se localizan sobre rocas ácidas, principalmente de la serie PQ (Devónico), formada por "Pizarras, grauwas y cuarcitas" (5 de los 16 perfiles). Aparecen también sobre otros tipos de pizarras y son el taxón principal de los materiales de metamorfismo local sobre grauwas y pizarras.

La fuerte acidez de estos suelos se encuentra muy relacionada con el escaso contenido en bases de la roca originaria. Presentan contenidos en Ca extremadamente pobres y muy pobres, y en Mg muy pobres y pobres, valores muy por debajo de la media muestral general. Los porcentajes de saturación son muy bajos.

Aparecen principalmente sobre relieves agudamente recortados y colinados, pero son también muy frecuentes en zonas de relieves

Son suelos condicionados en su existencia por el material parental, que tiene que ser arenas no consolidadas, en general de origen fluvial, lacustre o eólico. A estas arenas deben su carácter diagnóstico principal, ya que la textura debe ser arenosa o arenoso-franca hasta una profundidad de más de un metro.

Sufijos más frecuentes: Hiperdístico, evidenciando bajísimos niveles de saturación en bases y Esquelético, por su elevada pedregosidad. También aparecen los prefijos Crómico, que indica coloración rojiza; Endostágnico, por la hidromorfía originada por agua subsuperficial, que se traduce en horizontes moteados o jaspeados, indicio de alternativas de oxidación reducción, y Síltico, por un predominio de texturas limosas.

### 3.1.3 Alisoles

suaves y ondulados. Las pendientes son de predominio moderado y fuerte, en cualquier posición de ladera.

Son suelos en su mayoría muy profundos y en ocasiones profundos o medianamente profundos, con un contenido en gruesos en el perfil de frecuente a abundante.

La capacidad de retención de agua que presentan estos perfiles es muy variable, desde valores bajos a extremadamente altos. La tasa de infiltración es moderadamente rápida en todos los casos.

Prefijos más frecuentes: Háplico, de características típicas; Endoléptico, propio de suelos profundos, pero con roca dura continua a menos de 1 m de la superficie; Endostágnico, por la hidromorfía originada por agua subsuperficial, que se traduce en horizontes moteados o jaspeados, indicio de alternativas de oxidación reducción.

Sufijos más frecuentes: Hiperdístico, evidenciando bajísimos niveles de saturación en bases; Crómico, indica coloración rojiza de estos perfiles; Húmico, altos contenidos en MO en superficie; Esquelético, por su elevada pedregosidad; Síltico, por la abundancia de limo.

### 3.1.4 Arenosoles

La presencia de arenosoles es frecuente en las cuencas terciarias cercanas a la costa (Domingo-Santos, 2002), aunque menos de lo que cabría esperar sobre litologías tan arenosas. También debe señalarse que otras taxonomías, como los luvisoles, presentan con gran frecuencia la unidad "Arénico".

Aparecen sobre pendientes suaves o llanas, principalmente sobre las litofacies de la "Formación roja" del Pliocuatnario, aunque también aparecen sobre otras formaciones arenosas.

Son suelos muy profundos, sin embargo, su textura arenosa coloca las propiedades hídricas ligeramente por debajo de la media, pues dominan las capacidades intermedias, aunque pueden llegar a ser muy altas.

La permeabilidad estimada es notablemente superior a la media y también lo es su resistencia a la erosión, al menos en la información que aporta el factor K.

Son suelos con una capacidad de cambio muy pequeña, sin apenas arcillas ni materia orgánica,

que presentan un gran salto entre la acidez actual (de neutra a fuertemente ácida) y la de cambio (de fuertemente a extremadamente ácida). En consonancia, los contenidos en cationes son muy bajos, extremadamente pobres para Ca y Na, muy pobres para Mg y K.

Prefijos más frecuentes: Hipolúvico, con horizontes de acumulación de su escasa cantidad de arcilla; Rúbico, por color rojizo, y Brúnico, por el color rojizo que diferencie algún horizonte de profundidad.

Sufijos más frecuentes: Étrico, por alta saturación en cationes, aunque ya se ha explicado que no es un sufijo muy indicativo, ya que la CIC es muy baja y se produce saturación con muy escasos contenidos catiónicos; Brúnico, de nuevo por el color rojizo.

### 3.1.5 Calcisoles

Estos suelos se encuentran vinculados a la existencia de sustratos ricos en carbonato cálcico bajo climas secos o bajo cualquier tipo de clima cuando el perfil es joven. Su característica definitoria es la presencia de un horizonte de acumulación de carbonatos.

Son suelos de gran estabilidad estructural, ricos en bases, muy adecuados para algunos cultivos agrícolas como melocotón y aceituna, que carecen de importancia forestal en la provincia de Huelva, por lo que sólo se ha realizado un muestreo, buscando una caracterización

aproximada. En esta zona los calcisoles aparecen vinculados a las litofacies que presentan rocas margosas o calizas.

De la única muestra obtenida se puede resaltar lo siguiente: se trata de un Calcisol Háptico Síptico, muy profundo, poco pedregoso, franco-arcillolimoso, de reacción básica, permeabilidad lenta (la más baja de todas las muestras) y elevada erosionabilidad. Su capacidad hídrica es muy alta. Este suelo se encuentra taxonómicamente cerca de los vertisoles, con los que puede aparecer asociado.

### 3.1.6 Cambisoles

Suelos con un grado de evolución medio-bajo, presentan escasa diferenciación textural de horizontes, y caracterizados por la presencia de un horizonte cámbico. Son perfiles abundantemente citados en toda Andalucía, tanto en los macizos calcáreos orientales (Delgado et al., 1988), como en las montañas silíceas de Sierra Morena (D. F. González & VV.AA., 1989; Moreira, 1995). En la provincia de Huelva son también muy frecuentes.

Se localizan sobre litologías variadas, con menos frecuencia en rocas muy pobres en cationes.

Son suelos de profundidad muy diversa, pero raramente someros, con frecuentes o abundantes gruesos en general y pedregosidad

superficial variable. Su capacidad hídrica cubre casi todo el rango, salvo capacidades muy bajas, y es raro que sea extremadamente alta. La reacción de la solución del suelo no adopta en general valores extremos, ni extremadamente ácidos, ni básicos o alcalinos, mientras que la reacción de cambio tiende a acidificarse notablemente y aparecen abundantes casos extremadamente ácidos. No se observan pautas generales en cuanto al contenido en cationes, ni la capacidad de cambio o la saturación en bases, ya que se presentan todos los posibles valores de los rangos de variación.

Los prefijos más frecuentes en cambisoles son: Háptico, típico del taxón; Endoléptico, propio de suelos profundos, pero con roca dura continua a

menos de 1 m de la superficie; menos frecuente es el prefijo Epiléptico, para suelos someros; también aparece Stágnico, por la hidromorfía originada por agua subsuperficial, que se traduce en horizontes moteados o jaspeados, indicio de alternativas de oxidación reducción.

Los fluvisoles son los suelos que se forman sobre los sedimentos aluviales de los ríos. Las propiedades flúvicas, que los caracterizan, se definen principalmente por una distribución anormal de la materia orgánica en el perfil, que puede consistir en que aparezcan en profundidad horizontes más orgánicos que otros más cercanos a la superficie. También pueden apreciarse en ocasiones variaciones texturales bruscas, debidas a las diversas avenidas del río.

Al localizarse cerca del agua y presentar abundancia de arcillas y limos muy fértiles, estos suelos han tenido un uso muy intenso en agricultura (Bridges, 1997), por lo que, frecuentemente, pierden sus características

Perfiles muy poco evolucionados, colocados sobre roca dura continua o con escasísimo contenido en tierra fina. Es un taxón poco frecuente, que aparece sobre las formaciones con rocas pizarrosas ("Pizarras, grauwacas y cuarcitas"). Su aparición se relaciona con la proximidad de afloramientos rocosos, o sobre zonas de desgaste erosivo, como lomas, laderas convexas, o por un manejo inadecuado durante siglos.

Son suelos someros, siendo éste un carácter de gran grupo, junto con la pedregosidad, que es abundante en superficie y con gruesos frecuentes a abundantes dentro del perfil.

La capacidad de retención de agua es muy baja, aspecto deducible de la escasez de tierra fina y escasa profundidad. La tasa de infiltración es moderadamente rápida, valor muy próximo a la media del conjunto de los perfiles.

El índice de humedad es inferior a la media,

Los sufijos más frecuentes son: Hiperéutrico, para perfiles netamente saturados en bases; Esquelético, por su elevada pedregosidad; Sódico, por los altos contenidos en Mg y Na; Crómico, indica coloración rojiza de estos perfiles; Húmico, altos contenidos en MO en superficie; Síltico, por la abundancia de limo.

### 3.1.7 Fluvisoles

diagnóstico y pasan al grupo de los antrosoles.

Dada la posición topográfica que habitualmente ocupan, en las zonas de reunión de aguas, no es raro que puedan tener condiciones de drenaje deficiente y formen turberas o suelos hidromórficos (como ocurre en el perfil levantado en la Hoja 981). No se descarta, sin embargo, que puedan existir otros fluvisoles bien drenados en los que sean menos patentes los rasgos hidromórficos.

No existe suficiente información sobre estos suelos para una caracterización general, si bien es evidente que tendrán una notable similitud con otros suelos sobre terrenos arenosos de aluvión, como los arenosoles.

### 3.1.8 Leptosoles

denotando las desfavorables condiciones hídricas padecidas por estos suelos.

La reacción de la solución del suelo es variada, sin valores extremos y de tendencia a la acidez; la reacción de cambio tiende a acidificarse notablemente, haciéndose muy fuertemente ácida o extremadamente ácida en casi todos los perfiles. El contenido en cationes es variable, de tendencia a intermedio, la capacidad de cambio es baja o intermedia, y la saturación en bases presenta también valores intermedios.

El único prefijo asignado ha sido Háplico, típico del taxón.

Los sufijos más frecuentes son: Esquelético, por su elevada pedregosidad; Éutrico, para perfiles netamente saturados en bases; Dístrico, para los perfiles con baja saturación en bases; Sódico, por los altos contenidos en Mg y Na; Húmico, altos contenidos en MO en superficie.

### 3.1.9 Lixisoles

Son suelos evolucionados, con presencia de un horizonte iluvial de arcilla mineralógica en el cual la capacidad de intercambio catiónico es muy baja, con una saturación en bases media o alta. Estas características son indicativas de unas condiciones de formación bajo climas más cálidos y húmedos que el actual, por lo que se pueden considerar como paleosuelos.

La mayor presencia de estos suelos se da sobre las litofacies de pizarras PQ y otros materiales pizarrosos, sobre lavas ácidas y sobre arenas y gravas.

Son en su mayoría suelos muy profundos, aunque esta es una cualidad muy variable, pues aparecen incluso algunos perfiles someros. También es muy variable la pedregosidad superficial y los gruesos en el perfil, como resultado de las variadas litofacies que originan estos suelos.

La capacidad de retención de agua también es muy variable, con dominancia de alta, en consonancia con la profundidad.

La reacción de la solución del suelo toma valores entre neutros y muy fuertemente ácidos, mientras que la reacción de cambio es, en general, extremadamente ácida. Esta fuerte variación está vinculada a la debilidad indicada del complejo de cambio.

El contenido en cationes varía. Casi siempre son extremadamente pobres o muy pobres en Ca,

mientras que los contenidos en Mg varían desde intermedios hasta muy pobres y los contenidos en K y Na varían en casi todo el rango, salvo el excesivamente rico.

Ya se ha indicado que este grupo de suelos tiene un horizonte bastante arcilloso con escasa capacidad de cambio, por lo que, a pesar del escaso contenido de cationes, pueden resultar ser suelos relativamente saturados, aunque en otros horizontes pueden estar insaturados o muy insaturados.

No se detectan preferencias relativas al relieve, apareciendo los lixisoles sobre pendientes que varían de medias a muy fuertes y en cualquier posición de ladera.

Prefijos más frecuentes: Háplico, de características típicas; Epilépticos, por presencia de roca dura a menos de 50 cm de profundidad; Endoléptico, propio de suelos profundos, pero con roca dura continua a menos de 1 m de la superficie.

Sufijos más frecuentes: Epidístrico, indica bajos niveles de saturación en bases en horizontes de superficie o subsuperficiales; Crómico, indica coloración rojiza de estos perfiles; Abrúptico, indicativo de salto textural brusco al aparecer el horizonte de acumulación de arcilla; Esquelético, por su elevada pedregosidad; Síltico, por la abundancia de limo.

### 3.1.10 Luvisoles

Son suelos evolucionados, con presencia de un horizonte iluvial de arcilla mineralógica de elevada capacidad de cambio y acidez no excesiva. En la bibliografía consultada se citan en zonas cercanas (Bellinfante et al., 2000; D. F. González & VV.AA., 1989; Moreira, 1995), asociados a pendientes suaves y medias, con usos de pastos o agricultura, en general como grupo acompañante de uno principal, que suele corresponder a cambisoles.

A partir de los muestreos realizados se puede afirmar que su abundancia es mayor de lo atribuido en la bibliografía, de hecho, es el taxón más frecuentemente identificado en la provincia, presentándose sobre casi todas las

litologías. Resulta infrecuente sobre arenas y gravas pliocuaternarias y, probablemente, está ausente sobre materiales carbonatados.

Dominan los suelos profundos y muy profundos, aunque incluso pueden presentarse perfiles someros. El contenido en gruesos en el perfil suele ser abundante y muy abundante, con una pedregosidad superficial muy variada. La capacidad de retención de agua se distribuye de forma regular entre baja y muy alta.

La reacción de la solución de suelo toma valores desde neutros hasta fuertemente ácidos, rara vez fuera de ese rango. La reacción de cambio se acidifica notablemente, siendo las más frecuentes extremadamente y muy fuertemente

ácido.

El contenido en cationes viene determinado por el tipo de litofacies sobre la que se encuentran, por lo que varía en el rango completo, aunque son escasos los suelos excesivamente ricos o extremadamente pobres en algún catión.

La mayoría se localizan sobre relieves suavemente recortados ondulados, con pendientes de suaves a moderadas y con un predominio de posiciones en media ladera. Hay también perfiles en relieves agudamente recortados colinados, en este caso con pendientes de moderadas a fuertes, donde también predominan las posiciones de media ladera.

Los prefijos más frecuentes son: Háptico, esto es, típico; Endoléptico y Epiléptico, por presencia de roca dura a profundidad inferior a un metro

y 50 cm respectivamente. Aparecen también, con menos frecuencia, los prefijos Endostágnico, que indica condiciones de encharcamiento temporal en profundidad, manifestado en forma de manchas rojas; Escálico, por la existencia de terrazas; Cutánico, cuando en el horizonte árgico se pueden distinguir recubrimientos de arcilla sobre los poros.

En cuanto a los sufijos, los más frecuentes son: Hiperéutrico, por la saturación elevada; Sódico, por la elevada proporción de Mg y Na en el complejo de cambio; Esquelético, por la elevada pedregosidad. También aparecen los sufijos Crómico, por las coloraciones rojizas; Endoesquelético, pedregoso en profundidad; Abrúptico, por fuerte cambio textural al alcanzarse el horizonte árgico; Epidístrico, por lavado de cationes en la parte superficial; Húmico, por alto contenido en materia orgánica.

### 3.1.11 Phaeozems

Son suelos con un horizonte de superficie espeso, oscuro y bien estructurado, gracias a su riqueza en materia orgánica, denominado horizonte de diagnóstico móllico. La existencia de este horizonte bajo clima mediterráneo parece ir asociada a la presencia de bosque denso estable, en el momento actual o en otras etapas de uso recientes. En Andalucía este grupo de suelos sólo se encuentra citado en zonas de montaña (D. F. González & VV.AA., 1989). La aparición de estos perfiles es probable en zonas bien cubiertas de vegetación, húmedas y sobre rocas de tendencia neutra.

La organización interna del perfil es similar a la de los luvisoles, presentando horizontes de acumulación de arcillas.

Litológicamente se asocia a suelos sobre materiales silíceos ricos en bases, aunque su factor formador principal es la vegetación de bosque denso, que proporcione aportes regulares de despojos orgánicos, unido a la existencia de procesos de mineralización lenta, más habituales en zonas húmedas y frescas de

umbría.

Son suelos profundos a muy profundos. Su pedregosidad en superficie y en el interior del perfil es variable, pero nunca muy baja. Su capacidad de retención de agua es de intermedia a alta, gracias a las buenas condiciones de profundidad que presentan.

Su reacción es de tendencia neutra para la solución del suelo y entre ligeramente y muy fuertemente ácida para la reacción de cambio. El contenido catiónico es muy variable, pero nunca de valores extremos, salvo el Mg, que llega a ser excesivamente rico. La CIC tiene valores intermedios o altos, y el complejo de cambio está entre ligeramente saturado y saturado.

Los prefijos que aparecen son: Háptico, esto es, típico; Endoléptico, por presencia de roca dura a profundidad inferior a un metro.

En cuanto a los sufijos, el único identificado es Sódico, por la elevada proporción de Mg y Na en el complejo de cambio.

### 3.1.12 Plintosoles

Los plintosoles son sustratos formados bajo climas cálidos en condiciones de gran humedad o encharcamiento que alternan con periodos

secos (Bridges, 1997). Se produce entonces la alteración de la mayor parte de los minerales de las rocas; los minerales alterados y depositados

en superficie continúan sufriendo intensa meteorización, formándose plintita, que es una mezcla de óxidos de Fe con cuarzo y con arcillas del grupo de la caolinita. Apenas subsisten restos de otros minerales y el contenido en materia orgánica es muy bajo. La plintita se endurece irreversiblemente al secarse en contacto con el aire, formando corazas de gran resistencia (“ironstone”, ferricreta).

En el clima actual de Huelva los plintosoles sólo pueden ser restos paleoedáficos de condiciones climáticas más húmedas y cálidas. Al respecto, existen referencias a frentes de alteración edáfica de varios millones de años

de antigüedad (Gallardo et al., 1988).

Son suelos que aparecen en los materiales pliocuaternarios de la franja costera, especialmente sobre las arenas y gravas de la “Formación roja”, sobre los que se pueden apreciar estas costras de coloraciones rojas abigarradas sobre matriz blanquecina o amarillenta. Puede considerarse que la plintita funciona en la actualidad como una roca, más que como una parte del perfil, y es frecuente que se pierdan por erosión los horizontes superficiales, aflorando la coraza de gran resistencia y bajísima fertilidad, sobre la que apenas se instala la vegetación.



**Fotografía 2. Plintosoles; (izda.) aspecto superficial de una coraza plíntica que resiste a la erosión; (dcha.), probables restos de horizontes plínticos en la zona de estudio.**

La presencia de un horizonte cementado “plíntico” se ha detectado en varios perfiles, aunque sólo uno cumple la condición de encontrarse a menos de 50 cm de profundidad, necesaria para pertenecer al grupo plintosoles.

Son suelos profundos, aunque el horizonte plíntico puede constituir una barrera difícil de prospectar para las raíces de los árboles. Muy pocos gruesos dentro del perfil y en superficie pedregosidad escasa o moderada (pueden aparecer gravas de cuarzo). Su capacidad hídrica es entre alta e intermedia.

La reacción del suelo pasa de ligeramente ácido,

para la solución del suelo, a muy fuertemente o extremadamente ácido, para la reacción de cambio. El contenido en cationes tiende a ser muy pobre, salvo el Na, que es rico o muy rico. La CIC es baja y, en consonancia con el contraste de la reacción del suelo, el escaso complejo de cambio se encuentra ligeramente saturado.

El contenido en materia orgánica es muy bajo; en general son suelos erosionables.

El único prefijo aplicado ha sido Háptico, por presentar las características típicas. Como sufijo se ha aplicado Éutrico, por riqueza relativa en bases.

### 3.1.13 Regosoles

Suelos poco evolucionados en los que apenas puede apreciarse una diferenciación de horizontes. Esto puede deberse a dos motivos principales:

- Las características del medio impiden una mayor evolución: fuertes pendientes o actuaciones sobre el suelo o la vegetación que provocan la pérdida de los horizontes de superficie o evitan directamente su formación, por la acción erosiva del agua (Duchaufour, 1984).
- Actuaciones antrópicas de mezcla profunda de horizontes por movimientos de tierras en la construcción de aterrazamientos o acaballonados profundos.

La presencia de regosoles por perturbación profunda de los perfiles es muy abundante en la provincia de Huelva, ya que las terrazas ocupan una parte significativa de su superficie. Sus cualidades de profundidad y textura suelen estar muy relacionadas con las que poseía el perfil original; suelen presentar una mejora de la infiltración y almacenamiento de agua en el perfil; la fertilidad química puede verse disminuida por el enterramiento del horizonte de superficie. En general, el balance de estas actuaciones sobre la productividad forestal se puede considerar positivo, siempre que las terrazas estén adecuadamente ejecutadas y se mantenga la vegetación y protección naturales en las líneas de evacuación de las aguas.

Los regosoles ocasionados por las características desfavorables del medio, con o sin colaboración del hombre, son también muy abundantes. Aparecen en zonas de arranque erosivo, sobre rocas resistentes a la alteración, principalmente las pizarras y otros materiales de facies Culm, pizarras y materiales de facies PQ, rocas ácidas del complejo vulcano-sedimentario y filitas, principalmente.

Los solonetz son suelos salinos cuya presencia va asociada a la existencia de carbonato sódico, carbonato magnésico o, incluso, algunos silicatos sódicos. El complejo de cambio debe aparecer saturado en sodio en alguna zona dentro del primer metro de perfil.

Aparecen tanto en relieves agudamente recortados colinados como en suavemente recortados ondulados, con pendientes de moderadas a fuertes, sobre todo. Presentan ciertas preferencias respecto a su localización topográfica, ya que son más abundantes en posiciones de media ladera.

Las profundidades son de todo tipo, pero dominan los suelos someros y, sobre todo, intermedios. La pedregosidad superficial suele ser abundante y dentro del perfil los gruesos son también abundantes en general, en consonancia con el tipo de rocas pizarrosas sobre las que aparecen la mayor parte de estos suelos. Las capacidades hídricas más representadas van de muy baja a intermedia, aunque aparecen de todos los tipos.

La reacción de la solución del suelo toma predominantemente valores de ligeramente a fuertemente ácido, mientras que en la reacción de cambio se acidifican notablemente, pues los valores más frecuentes son extremadamente ácidos. Los contenidos en bases son muy variables, en función de la roca madre. Lo mismo ocurre con la capacidad de cambio, aunque ésta tiende a ser baja o intermedia, con un complejo de cambio en el que domina la insaturación.

Los prefijos más frecuentes son Endoléptico y Epiléptico, que indican la presencia de la roca dura a menos de 1 m y de 0,5 m de profundidad respectivamente, y Háptico, taxón típico.

Los sufijos más frecuentes son: Esquelético, por la gran abundancia de fragmentos gruesos; Hiperdístrico, por baja saturación en bases; Éutrico e Hiperéutrico, cuando la saturación en bases es alta; Sódico, por la elevada proporción de Mg y Na en el complejo de cambio; Húmico, en suelos con alto contenido en materia orgánica; Síltico por la abundancia de limo; Escálico, suelos sobre aterrazamientos, ya comentados.

### 3.1.14 Solonetz

Estos suelos presentan reacciones alcalinas y esta alcalinidad provoca la dispersión de los coloides edáficos, generándose problemas de drenaje.

Son suelos infrecuentes en zonas forestales,

asociados a terrenos margosos cuya composición calcosódica puede producir la salinidad, aunque también es probable que sean las aguas freáticas quienes aporten estas sales.

El único Solonetz muestreado e identificado no presenta una influencia salina muy intensa,

dado que el horizonte nátrico se encuentra a 95 cm de profundidad; ello permite la existencia de vegetación herbácea, de enraizamiento superficial.

No se pueden describir características generales de este grupo de suelos, dada su escasa presencia en los muestreos.

## 3.2 Análisis estadístico de relaciones suelo-paisaje

### 3.2.1 Preparación de los datos

En coincidencia con trabajos previos desarrollados en la provincia de Huelva sobre superficies menos extensas, se va a constatar que la litología es la variable de mayor influencia sobre las características generales de los suelos y uno de los pilares básicos del análisis estadístico. Por ello, con el fin de acercarse lo más posible a las características de los perfiles tipo de cada litología, se han separado del análisis algunos perfiles cuyas características se distancian notablemente de las que corresponderían a la litología que los asienta; las razones de esto pueden ser:

- Presencia de depósitos de aluvión o coluvios, que han enterrado la roca autóctona.
- Posiciones de ladera muy desfavorables o con usos antrópicos que han favorecido especialmente la erosión, que presentan una cantidad de afloramientos excesiva o anormal.

- Zonas de transición litológica.
- Coincidencia de la calicata con una grieta de la roca u otra situación anormal.

Aunque la información de estos perfiles se considera válida, fruto de la diversidad natural, resulta conveniente poder separarlos para obtener valores medios más cercanos a las medias reales en cuanto a profundidad, textura, capacidad de retención de agua, etc. En el Anejo 9 se presentan los perfiles excluidos del estudio estadístico y la causa de exclusión. El número de perfiles separado ha sido de 9.

Así mismo, hay perfiles con datos incompletos, por haberse obtenido en proyectos con sistemática distinta, o no son perfiles completos, por lo que también se han excluido.

En consecuencia, de los 368 perfiles disponibles inicialmente, se ha trabajado con un número que ha oscilado entre 321 y 315, según la disponibilidad de algunos datos.

### 3.2.2 Análisis cualitativo

El tipo de roca o litofacies sobre la que se asienta un suelo es una variable cualitativa, como también lo son los grupos litoedáficos y los tipos de relieve. Por esta razón se ha procedido, en primer lugar, a la realización de un análisis cualitativo mediante tablas de contingencia. Las

principales variables edafológicas y ecológicas cuantitativas se han agrupado por tipos, de forma que pasan a ser “cualitativas” para facilitar el análisis. Los resultados se resumen a continuación en la Tabla 18.

**Tabla 18. Niveles de significación entre variables edafológicas categorizadas y variables ambientales cualitativas o categorizadas, obtenidos mediante análisis de contingencia. Las pruebas de significación se han obtenido para el test de chi cuadrado y test de razón de verosimilitud, asignando un mayor peso al test de chi cuadrado.**

Variable ambiental	CATEPROF	CATECRAMU	CATECRADU	CATE_K_Saxton_Alm	CATE_K_Saxton	CAT_ESP_A	CAT_MO_10	CAT_pHagua	CAT_pHKCl	Cod_compac_25	Cod_CantRaice	CAT_Ca	CAT_Mg	CAT_K	CAT_Na	H_argico	Tipo_Ped_sup	Tipo_Gruesos	tipo_Itex_In	tipo_Itex_In_10	ghs_perfil_brak	Tipo_FactorK
GL	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
LtS	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Relieve	Verde	Verde	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde
TipifRelieve_mod	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Alt_Rel	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado
Cod_Concentrac	Verde	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
CAT_Precip	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
CAT_Temp	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
CAT_temp_prec	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado
Cod_Tipo Pend	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Tipo_Long_lad	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado
Cub_arbo	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde
Cub_arbus	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde
Cod_vegDom	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Cat_topo_local	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Clima_relieve	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde
Topo_J	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde
CAT_WI	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde
Curv_vertic	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Verde	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Anaranjado	Verde	Anaranjado	Verde	Verde	Verde

LEYENDA DE COLORES

- (verde) Relación muy significativa Sig.<0,01
- (amarillo) Relación significativa Sig. de 0,01 a 0,05
- (anaranjado) Relación de significación media Sig. de 0,05 a 0,10
- (blanco) Cruce no significativo o de baja significación Sig.>0,1

Las pruebas de significación se han obtenido para el test de chi cuadrado y test de razón de verosimilitud, asignando un mayor peso al test de chi cuadrado. Las pruebas estadísticas realizadas muestran una estrecha relación entre las variables de la roca y las del suelo, especialmente la variable grupo litoedáfico (GL) muestra relaciones muy significativas con casi todas las variables edafológicas.

En cuanto al relieve general, las relaciones son menos significativas, aunque cabe destacar la existencia de relaciones con la conductividad hidráulica (CATE\_K\_Saxton), la compactación, la textura y el contenido en cationes. Dentro de las características particulares del relieve también se puede destacar la longitud de ladera (Tipo\_Long\_lad), que presenta relaciones significativas con los parámetros de profundidad y capacidad de retención de agua,

así como con la pedregosidad y el contenido en Mg.

Se aprecia también que las categorías de temperaturas y precipitaciones presentan una influencia significativa sobre las tres variables edáficas principales, en especial sobre la profundidad, así como otras variables de gran interés, como el contenido en materia orgánica en superficie, la textura, la reacción del suelo y el contenido en cationes Ca y Mg. Una parte de esta influencia podría deberse a que la distribución de las litofacies tiene una marcada componente geográfica, al igual que los factores climáticos. La variable combinada de clima y relieve se muestra significativa para la mayor parte de variables edáficas.

Otra variable interesante es el tipo de cubierta forestal (Cod\_vegDom), que podría estar

ligada a la roca y la precipitación, pero que probablemente tiene una importancia propia relacionada con el manejo llevado a cabo por el hombre, como, por ejemplo, las repoblaciones

de pinar ejecutadas en terrenos fuertemente degradados por la erosión.

### 3.2.3 Análisis de correlaciones entre variables cuantitativas

Este análisis tiene como objetivo encontrar las variables ambientales de carácter cuantitativo que más influyen sobre las variables edáficas objeto de este estudio, profundidad y

capacidad hídrica. Se indican a continuación, de forma tabulada, las correlaciones más importantes halladas (Tabla 19).

**Tabla 19. Correlaciones principales que aparecen para las variables objetivo, calculadas sobre el total de las muestras. Sólo aparecen las variables ambientales que presentan alguna correlación significativa con las variables edafológicas objetivo.**

Variable ambiental	CRADU	CRAMU	Prof_Util	Prof_tipo_GL	CRADu_TIPO_GL	CRAMu_TIPO_GL
Pedregosidad	-0,3394	-0,3086	-0,3613	-0,1156	-0,1432	-0,1530
Pte	-0,2939	-0,2723	-0,2576	-0,0592	-0,1310	-0,1173
L_lad_mdf	0,2556	0,2390	0,2433	0,1431	0,1569	0,1542
ADrj_mdf	0,1439	0,1261	0,1347	0,0963	0,1185	0,1059
WI_mdf	0,3481	0,3331	0,2821	0,1683	0,2345	0,2225
Precip	0,1505	0,1319	0,1277	0,1252	0,1009	0,0998
Iglad_red	0,0963	0,0865	0,0901	0,2113	0,2642	0,2639
Adrj_red	0,1117	0,0911	0,0774	0,1860	0,2466	0,2333
WI_red	0,1613	0,1473	0,0819	0,1949	0,2947	0,2902
pieдр_red	-0,1514	-0,1225	-0,1473	-0,1125	-0,1534	-0,1651
Pte_red_GL	-0,0425	-0,0312	0,0658	-0,0426	-0,1460	-0,1399
LongLad_red_GL	0,1323	0,1220	0,0917	0,2293	0,3010	0,3012
Adrj_red_GL	0,1269	0,1064	0,0910	0,2012	0,2615	0,2495
WI_red_GL	0,1891	0,1730	0,1071	0,2326	0,3427	0,3411
Curv_vertic	0,1999	0,2017	0,2212	0,1807	0,1680	0,1709
Cod_Tipo Pend	0,3029	0,2809	0,2829	0,0585	0,1186	0,1105
Tipo_Long_lad	0,2452	0,2301	0,2146	0,1289	0,1548	0,1550
CAT_Precip	0,2069	0,1827	0,2003	0,1415	0,0912	0,0835
CAT_temp_prec REDIAM	-0,1588	-0,1472	-0,1382	-0,0834	-0,0496	-0,0555
Cat_topo_local	0,2711	0,2679	0,2468	0,1386	0,1674	0,1746
CAT_WI	0,3567	0,3480	0,3038	0,1956	0,2344	0,2266
Clima_relieve	-0,1443	-0,1257	-0,1458	0,0064	-0,0161	0,0749

#### LEYENDA DE COLORES

- (verde) Relación muy significativa Sig.<0,01
- (amarillo) Relación significativa Sig. de 0,01 a 0,05
- (anaranjado) Relación de significación media Sig. de 0,05 a 0,10
- (blanco) Cruce no significativo o de baja significación Sig.>0,1

En la tabla de análisis de correlaciones se puede apreciar, para las variables edafológicas tipificadas según su grupo litoedáfico, que las variables de relieve relacionadas con la longitud de ladera y el índice de humedad (WI) son las que presentan mayor influencia.

Para las variables no tipificadas aparece la pedregosidad superficial como variable de elevada influencia, cuestión lógica si se tiene en

cuenta que el contenido en materiales gruesos minora el cálculo de la capacidad de retención de agua.

Para las variables edafológicas no tipificadas resultan importantes variables como la pedregosidad y la pendiente, además de mantener su importancia las variables topográficas de ladera. Sin embargo, la pedregosidad y la pendiente presentan elevadas

covarianzas con el tipo de roca, por lo que se consideran variables de escasa capacidad de definición de los suelos.

El índice de humedad y la pendiente también presentan altas correlaciones con otras variables edafológicas como la textura, el contenido en tierra fina y la reacción del suelo.

La distribución de precipitaciones y temperaturas presentan también correlaciones interesantes, pero se considera que, para un mejor análisis, se deben ver por separado los suelos formados sobre materiales coherentes (roca dura) por un lado y los formados sobre arenas y otros materiales de sedimentación reciente de escasa consolidación (LtS-3100 a LtS-3900).

En relación a los materiales incoherentes, el análisis de correlaciones de las variables de suelo frente a las de relieve no tiene mucho sentido, pues dominan netamente los relieves planos. Los poquísimos puntos sobre laderas con pendiente toman en este caso una importancia que no deben tener, por lo que se han desechado las variables de relieve. Hecho esto, las variables con mayores correlaciones significativas respecto de las variables objetivo y las variables edafológicas son las de vegetación, principalmente la que alude al tipo de vegetación dominante, la cubierta herbácea y la cubierta arbórea. La cubierta arbórea

presenta una importante correlación negativa con la capacidad hídrica; la razón probable de este fenómeno es que los pinares, que son la cubierta arbórea densa más frecuente en esta zona, ocupan sustratos preferentemente arenosos. Por otro lado, el pinar denso reduce notablemente la cobertura herbácea del suelo y, además, las herbáceas se ven beneficiadas por los suelos de drenaje algo más lento (menos arenosos).

El análisis de correlaciones relativo a los suelos sobre materiales coherentes (Tabla 20), esto es, todas las unidades excepto las LtS de la serie 3000, muestra de nuevo que la mayor relación se produce para las variables de ladera (longitud de ladera e índice de humedad), especialmente para las variables tipificadas.

Para las variables edáficas no tipificadas las características climáticas aparecen con una importante y muy significativa correlación, que se debilita para las variables tipificadas. No tiene mucho sentido pensar que la roca madre influya sobre la meteorología o viceversa, pero sí es cierto que existe una cierta coincidencia geográfica entre el gradiente termopluviométrico de la provincia y la distribución de las distintas coberturas litológicas, que hacen que se reduzca la influencia de las variables climáticas cuando se tipifican los valores según la roca madre.

**Tabla 20. Correlaciones principales que aparecen para las variables objetivo, calculadas para los muestreos sobre materiales coherentes. Sólo aparecen las variables ambientales que presentan alguna correlación significativa con las variables edafológicas objetivo.**

Variable ambiental	CRADU	CRAMU	Prof_Util	Prof_tipo_GL	CRADu_TIPO_GL	CRAMu_TIPO_GL
Pedregosidad	-0,2734	-0,2646	-0,2341	-0,1321	-0,1690	-0,1800
Pte	-0,2264	-0,2217	-0,1195	-0,0665	-0,1515	-0,1352
L_lad_mdf	0,2695	0,2569	0,2576	0,1417	0,1573	0,1556
WI_mdf	0,3592	0,3476	0,2759	0,1548	0,2307	0,2205
Precip	0,2787	0,2319	0,3237	0,1274	0,0975	0,0972
Precip_REDIAm	0,2715	0,2200	0,3274	0,1254	0,0821	0,0833
Temp_media	-0,2624	-0,2289	-0,2824	-0,0734	-0,0578	-0,0695
Temp_REDIAm	-0,2728	-0,2366	-0,3010	-0,0608	-0,0293	-0,0320
LongLad_red_GL	0,1507	0,1437	0,1064	0,2329	0,3060	0,3065
Adrj_red_GL	0,1278	0,1068	0,0928	0,2040	0,2633	0,2509
WI_red_GL	0,1882	0,1715	0,1061	0,2313	0,3422	0,3400
Cod_Tipo Pend	0,2232	0,2223	0,1239	0,0710	0,1502	0,1377
Tipo_Long_lad	0,2582	0,2473	0,2264	0,1263	0,1547	0,1558
CAT_Precip	0,3294	0,2785	0,3831	0,1425	0,0874	0,0799
CAT_PrecipREDIAm	0,1584	0,1139	0,1788	0,0641	0,0509	0,0558
CAT_TempREDIAm	0,3029	-0,2408	-0,3228	-0,0893	-0,0502	-0,0564
CAT_temp_precREDIAm	-0,2835	-0,2456	-0,3265	-0,0888	-0,0484	-0,0544

Variable ambiental	CRADU	CRAMU	Prof_Util	Prof_tipo_GL	CRADu_TIPO_GL	CRAMu_TIPO_GL
Cat_topo_local	0,2482	0,2571	0,2081	0,1442	0,1802	0,1882
CAT_WI	0,3663	0,3601	0,3117	0,1936	0,2345	0,2277

### 3.2.4 Modelos de regresión lineal multivariante

Los modelos de regresión han sido obtenidos mediante el método de introducción de variables paso a paso. Se ha fraccionado el conjunto de casos en distintos subconjuntos para tratar de aislar la influencia de variables difícilmente cuantificables, como el tipo de roca madre o el tipo de relieve.

Cuando se han analizado conjuntos de casos con distintas rocas madre se ha introducido como variable correctora el valor medio que la

variable objetivo toma dentro de cada litofacies simplificada o grupo litoedáfico.

Aunque algunos de los modelos obtenidos son de indudable interés, se ha decidido no incluirlos en el documento, pues no se han considerado aplicables en la caracterización de las unidades cartográficas de suelo a la escala del presente trabajo. Las variables significativas obtenidas son muy similares a las que han dado los análisis de correlación y contingencia.

### 3.2.5 Análisis de varianza y definición de variaciones edafológicas cartografiables

Una vez identificadas las distintas relaciones de las variables ambientales con las variables edafológicas, se ha profundizado para definir de forma más precisa la influencia de aquellas variables que pueden ser trasladadas a la cartografía. La identificación de diferencias significativas entre distintas zonas geográficas se ha llevado a cabo mediante el método de comparación de medias por análisis de la varianza (véase p.e. Box et al., 2005).

También en este análisis, con el fin de minimizar, en la medida de lo posible, la influencia litológica sobre el resto de variables geográficas, se han utilizado, además de las variables objetivo Prof\_Util, CRADU y CRAMU, las variables tipificadas según la media del grupo litoedáfico sobre el que se asientan, denominadas Prof\_tipo\_GL, CRADu\_TIPO\_GL y CRAMu\_TIPO\_GL.

#### 3.2.5.1 Resultados del análisis de la varianza

A la vista de los resultados de los análisis estadísticos previos, se ha escogido un conjunto de variables ambientales que se han presentado como de importante influencia sobre los suelos y que pueden ser cartografiadas. Muchas de estas variables son difícilmente representables a la escala del presente trabajo, pero algunas se han mantenido, pues pueden resultar útiles para una mejor aproximación a las variaciones del suelo debidas a los efectos de ladera.

El análisis de la varianza (ANOVA) define la probabilidad de que los subconjuntos definidos por distintos valores de una variable ambiental, en este caso, tengan valores medios diferentes. Por lo tanto, para realizar el análisis de la varianza ha sido necesario utilizar las versiones categorizadas de las variables ambientales, buscando la existencia de diferencias

significativas en la profundidad del suelo o en la capacidad de retención de agua entre las distintas categorías de la variable ambiental.

Ya se ha expuesto en el análisis de correlaciones que las variables que mejor se relacionaban con la profundidad y la capacidad de retención de agua son las variables topográficas locales. También se ha explicado que estas variables no pueden utilizarse a la escala del presente trabajo cartográfico. El siguiente grupo de variables que también presenta buenas correlaciones con las características del suelo ha sido el de las variables climáticas, la temperatura y la precipitación "tipificadas", combinadas con una variable general de relieve, todas ellas ya explicadas. Estas variables han presentado buena capacidad discriminante para los parámetros edafológicos buscados, para la mayor parte de las LtS. A

este respecto cabe realizar las siguientes matizaciones:

- Las LtS 400, 700, 800, 1100, 1200, 1300, 1500, 1800, 2000, 2100, 2400 y 4100 son sensibles a variables de ladera y a variables de clima y tipo de relieve general. Hay que destacar que la distribución de las variables responde mejor al modelo climático elaborado en años anteriores en el marco del presente trabajo (Domingo-Santos, 2002) que al modelo elaborado en 2008 por la Junta de Andalucía (*Red de Información Ambiental de Andalucía*, n.d.), sin que esto pretenda tomarse como un indicador de la calidad de cada modelo. Este conjunto de litofacies representa cerca del 66% de la superficie provincial y un porcentaje mayor aún de la superficie forestal.
- La LtS-100 no presenta variaciones significativas con respecto de ninguna de las variables utilizadas, en especial las climáticas. Este hecho puede estar relacionado por la concentración de las zonas graníticas en el norte de la provincia, por lo que el gradiente climático existente sobre ellas es pequeño.
- Algo similar ocurre con las litofacies simplificadas LtS 300, 2200, 2300, 2500 y 8400. Son zonas de escasa extensión superficial, con distribuciones espaciales de poca variación climática y, además, se encuentran poco muestreadas, por lo que no se considera ni adecuado, ni especialmente interesante, establecer subconjuntos de clima y relieve para estas LtS.
- Los materiales sedimentarios incoherentes (LtS de la serie 3000) tampoco presentan una buena diferenciación vinculada al clima y relieve. Esta circunstancia resulta también normal, puesto que son materiales que se concentran sobre la costa y la campiña, zonas de relieves casi planos y de escasos gradientes climáticos.
- El conjunto general de muestreos responde, principalmente, a las variables topográficas CAT\_WI y Curv\_vertic. Los valores de estas variables se podrán utilizar para aconsejar algunas correcciones locales de los valores estimados de profundidad y capacidad de retención de agua.

### 3.2.5.2 Definición de variaciones edafológicas según unidades de clima y relieve

La variable Clima\_relieve ya se ha utilizado en trabajos anteriores (Domingo-Santos et al., 2011; 2010 a; 2010 b), tanto por sus buenos resultados en la discriminación de conjuntos de suelos distintos como por su facilidad de traslado a una cartografía a la escala del presente trabajo. En consecuencia, la variable Clima\_relieve se va a utilizar para mejorar la precisión cartográfica de las características de los suelos en las litofacies simplificadas LtS 400, 700, 800, 1100, 1200, 1300, 1500, 1800, 2000, 2100, 2400 y 4100, que ocupan aproximadamente el 66% de la superficie provincial, con 240 puntos de muestreo.

Para el resto de litofacies, principalmente rocas ígneas plutónicas y materiales sedimentarios poco consolidados, sus cualidades edafológicas parecen sensibles únicamente a variaciones en la topografía local. En consecuencia, a estas litofacies se les asignará el mismo valor en todas las unidades de Clima\_relieve.

En la Tabla 21, Tabla 22 y Tabla 23 se presentan las

diferencias encontradas, dentro de las litofacies con influencia de la variable Clima\_relieve, para las variables edafológicas tipificadas según la media del grupo litoedáfico. En el análisis de la varianza de estos subconjuntos se ha obtenido que presentan valores medios distintos con un nivel de significación muy alto (99,8% para Prof\_tipo\_GL, 99,6% para CRADu\_TIPO\_GL y 99,1% para CRAMu\_TIPO\_GL).

**Tabla 21 Distribución de valores tipificados de la profundidad del suelo (variable Prof\_tipo\_GL) según las zonas de la variable Clima\_relieve en las litofacies LtS-400, 700, 800, 1100, 1200, 1300, 1500, 1800, 2000, 2100, 2400 y 4100.**

Clima_relieve	Media Prof_tipo_GL	Diferencia%	Nº casos	Mínimo	Máximo
122	1,103	10,5%	4	0,94	1,45
123	0,886	-11,3%	11	0,62	1,17
132	0,772	-22,7%	3	0,65	0,95
133	1,207	20,8%	15	0,69	1,95
212	0,948	-5,1%	49	0,29	2,03
213	0,734	-26,5%	8	0,42	1,20
222	1,196	19,7%	26	0,58	2,13
223	0,923	-7,5%	24	0,26	2,02
233	1,000	0,1%	4	0,89	1,13
312	0,923	-7,5%	56	0,39	1,78
313	1,056	5,7%	20	0,52	1,50
322	1,019	2,1%	13	0,50	1,31
323	1,353	35,4%	7	0,83	1,56
<b>Total</b>	<b>0,999</b>	<b>0,0%</b>	<b>240</b>	<b>0,26</b>	<b>2,13</b>

**Tabla 22 Distribución de valores tipificados de la capacidad de retención de agua disponible del suelo (variable CRADu\_TIPO\_GL) según las zonas de la variable Clima\_relieve en las litofacies LtS-400, 700, 800, 1100, 1200, 1300, 1500, 1800, 2000, 2100, 2400 y 4100.**

Clima_relieve	Media CRADu_TIPO_GL	Diferencia%	Nº casos	Mínimo	Máximo
122	1,107	9,4%	4	0,76	1,55
123	0,904	-10,6%	11	0,62	1,40
132	0,758	-25,1%	3	0,46	1,11
133	1,153	14,0%	15	0,79	1,79
212	0,921	-9,0%	49	0,32	2,44
213	0,797	-21,2%	8	0,28	1,75
222	1,430	41,4%	26	0,39	3,20
223	0,855	-15,4%	24	0,26	1,91
233	1,000	-1,1%	4	0,51	1,32
312	0,944	-6,7%	56	0,29	2,51
313	1,051	3,9%	20	0,46	1,69
322	1,093	8,1%	13	0,59	1,52
323	1,075	6,2%	7	0,87	1,25
<b>Total</b>	<b>1,012</b>	<b>0,0%</b>	<b>240</b>	<b>0,26</b>	<b>3,20</b>

**Tabla 23. Distribución de valores tipificados de la capacidad de retención de agua total del suelo (variable CRAMu\_TIPO\_GL) según las zonas de la variable Clima\_relieve en las litofacies LtS-400, 700, 800, 1100, 1200, 1300, 1500, 1800, 2000, 2100, 2400 y 4100.**

Clima_relieve	Media CRADu_TIPO_GL	Diferencia%	Nº casos	Mínimo	Máximo
122	1,216	20,0%	4	0,74	1,96
123	0,894	-11,8%	11	0,65	1,39
132	0,761	-24,9%	3	0,46	1,23
133	1,192	17,6%	15	0,78	1,72
212	0,930	-8,2%	49	0,34	2,50
213	0,872	-14,0%	8	0,27	2,23
222	1,426	40,7%	26	0,40	3,06
223	0,847	-16,4%	24	0,26	1,96
233	1,000	-1,3%	4	0,51	1,40
312	0,939	-7,3%	56	0,26	2,69
313	1,043	3,0%	20	0,40	1,86
322	1,063	4,9%	13	0,56	1,52
323	1,019	0,5%	7	0,79	1,17
<b>Total</b>	<b>1,013</b>	<b>0,0%</b>	<b>240</b>	<b>0,26</b>	<b>3,06</b>

Para poder trasladar las variaciones obtenidas para las variables Prof\_tipo\_GL, CRADu\_TIPO\_GL y CRAMu\_TIPO\_GL a las unidades cartográficas de suelo se tiene el problema de que el número de muestreos en alguna de las tipologías Clima\_relieve es pequeño. Por ejemplo, las tipologías 132 y 133, que son muy parecidas (mismo clima y distinto relieve), presentan valores muy separados fuera de la lógica. Puede advertirse en las tablas anteriores que sólo hay 3 muestreos del tipo 132 y 15 muestreos del tipo 133, por lo que la fiabilidad de los datos es escasa, en especial para el tipo 132. Lo mismo ocurre para los tipos 233, 122 y 323.

Así mismo, se ha observado que algunas tipologías de Clima\_relieve que podrían considerarse suficientemente representadas presentan resultados anómalos. En concreto, el tipo 123, con 11 muestreos, correspondiente a un clima fresco, con precipitación intermedia y relieve accidentado, presenta medias de las variables edafológicas anormalmente por debajo de lo que marca la tendencia general para esos tipos de temperaturas y precipitaciones. Por el contrario, el tipo 313, con 20 muestreos, clima muy cálido, precipitación baja y relieve accidentado, presenta medias edafológicas por

encima de lo esperado. Estas anomalías suelen provenir de valores puntuales muy altos o muy bajos.

En consecuencia, una vez probado que la variable Clima\_relieve presenta una buena correspondencia con los tipos de profundidad y capacidad hídrica del suelo, para evitar errores en las tipologías poco representadas o anómalas, en todas aquellas tipologías Clima\_relieve con 7 o menos muestreos y en las dos tipologías con resultados anómalos, se ha preferido calcular la influencia de las variables CAT\_Precip, CAT\_Temp y RelieveMod\_simpl por separado y establecer posteriormente un coeficiente corrector de cada unidad Clima\_relieve mediante la obtención del producto de los tres coeficientes.

En la Tabla 24 se ven los coeficientes correctores aplicables a las variables edafológicas normalizadas según el tipo de grupo litoedáfico, para cada una de las variables ambientales que forman las clases Clima\_relieve. El producto de estos coeficientes, según las distintas combinaciones de la variable Clima\_relieve, ofrece el coeficiente corrector que se aplicará a las clases de Clima\_relieve poco o nada muestreadas, así como a las clases con resultados anómalos, como puede apreciarse en la Tabla 25.

**Tabla 24. Coeficientes correctores de las variables edafológicas Prof\_tipo\_GL, CRADu\_TIPO\_GL y CRAMu\_TIPO\_GL (normalizadas según el tipo de grupo litoedáfico) según las distintas clases de precipitación, relieve y temperatura.**

VARIABLE	Valor	Nº casos	Prof_tipo_GL	CRADu_TIPO_GL	CRAMu_TIPO_GL
CAT_Precip	alta	19	1,094	1,052	1,066
	media	92	1,073	1,102	1,093
	baja	129	0,934	0,920	0,924
RelieveMod_simpl	accidentado	95	1,023	0,965	0,969
	suave	145	0,985	1,023	1,020
CAT_Temp	fresca	30	1,032	1,008	1,027
	intermedia	119	1,003	1,028	1,033
	cálida	91	0,986	0,961	0,948

**Tabla 25. Coeficientes correctores obtenidos por multiplicación de los coeficiente de la Tabla 24, para las variables edafológicas Prof\_tipo\_GL, CRADu\_TIPO\_GL y CRAMu\_TIPO\_GL. Se han oscurecido en gris las clases de Clima\_relieve a las que no se aplicarán estos coeficientes por presentar suficiente número de muestreos y unas medias de comportamiento normal.**

Clima_relieve	N	CAT_Temp	CAT_Precip	RelieveMod_simpl	Prof_tipo_GL	CRADu_TIPO_GL	CRAMu_TIPO_GL
112	0	fresca	baja	suave	0,9494	0,9482	0,9684
113	0	fresca	baja	accidentado	0,9864	0,8945	0,9193
122	4	fresca	media	suave	1,0896	1,1361	1,1452
123	11	fresca	media	accidentado	1,1321	1,0718	1,0871

Clima_relieve	N	CAT_Temp	CAT_Precip	RelieveMod_simpl	Prof_tipo_GL	CRADu_TIPO_GL	CRAMu_TIPO_GL
132	3	fresca	alta	suave	1,1109	1,0842	1,1167
133	15	fresca	alta	accidentado	1,1543	1,0228	1,0601
212	49	mod.cálida	baja	suave	0,9227	0,9668	0,9740
213	8	mod.cálida	baja	accidentado	0,9587	0,9121	0,9246
222	26	mod.cálida	media	suave	1,0591	1,1585	1,1517
223	24	mod.cálida	media	accidentado	1,1004	1,0929	1,0933
232	0	mod.cálida	alta	suave	1,0798	1,1055	1,1231
233	4	mod.cálida	alta	accidentado	1,1219	1,0429	1,0661
312	56	muy cálida	baja	suave	0,9075	0,9042	0,8943
313	20	muy cálida	baja	accidentado	0,9428	0,8530	0,8490
322	13	muy cálida	media	suave	1,0416	1,0835	1,0575
323	7	muy cálida	media	accidentado	1,0822	1,0221	1,0039

NOTA: Los valores de esta tabla se forman de la siguiente manera: Prof\_tipo\_GL del Clima\_relieve "112" se obtiene de la multiplicación del coeficiente de temperatura "fresca", 1,032, por el coeficiente de precipitación "baja", 0,934, por el coeficiente de relieve suave, 0,985. Resultado 0,9494.

Por otro lado, de la Tabla 24 se puede inferir el comportamiento medio de los suelos respecto de las tres variables ambientales contempladas. Así, los suelos más profundos, de media, aparecen en zonas de precipitación alta o media, y temperaturas frescas. Los suelos con precipitaciones bajas se quedan claramente por debajo de la media general, todo ello con los

pequeños matices que introducen las variables de temperatura y relieve. En lo relativo a la capacidad de retención de agua, los resultados son muy parecidos.

En la Tabla 26 se presentan los coeficientes correctores finalmente usados para cada clase Clima\_relieve.

**Tabla 26. Coeficientes finales utilizados en la corrección de valores paramétricos de suelos, según las distintas clases de Clima\_relieve. Las clases coloreadas en gris corresponden a coeficientes estimados por no existir muestreos en esas zonas o en muy escaso número. Las clases en amarillo sí presentan muestreos, pero con anomalías, por lo que también se han considerado coeficientes estimados. Las clases en verde presentan los coeficientes correctores obtenidos de los muestreos de suelos.**

Clima_relieve	ProfUtil	CRADU	CRAMU
112	0,9494	0,9482	0,9684
113	0,9864	0,8945	0,9193
122	1,0896	1,1361	1,1452
123	1,1321	1,0718	1,0871
132	1,1109	1,0842	1,1167
133	1,2080	1,1400	1,1760
212	0,9490	0,9100	0,9180
213	0,7350	0,7880	0,8600
222	1,1970	1,4140	1,4070
223	0,9250	0,8460	0,8360
232	1,0798	1,1055	1,1231
233	1,1219	1,0429	1,0661
312	0,9250	0,9330	0,9270
313	0,9428	0,8530	0,8490
322	1,0210	1,0810	1,0490
323	1,0822	1,0221	1,0039

### 3.2.5.3 Relaciones con variables topográficas locales

Como se ha visto en los análisis de correlaciones y la comparación de medias mediante ANOVA, las variables topográficas locales CAT\_WI y Curv\_vertic hacen una buena separación de suelos según su profundidad y su capacidad

hídrica. Por su facilidad de cálculo y la excelente significación que presentan, en la Tabla 27 y la Tabla 28 se indican las diferencias obtenidas para ambas variables para el conjunto total de casos estudiados.

**Tabla 27. Variaciones obtenidas en las tres variables edafológicas según los tres valores posibles de categorías de índice de humedad (CAT\_WI).**

	CAT_WI	Media	Diferencia%	Nº casos	Mínimo	Máximo
Prof_tipo_GL	4	0,984	-2,8%	59	0,256	1,765
	5	0,966	-4,5%	109	0,289	2,133
	7	1,120	10,6%	62	0,501	1,948
	<b>Total</b>	<b>1,012</b>		<b>230</b>	<b>0,256</b>	<b>2,133</b>
CRADu_TIPO_GL	4	0,915	-10,0%	59	0,263	1,791
	5	0,964	-5,1%	109	0,289	3,201
	7	1,205	18,5%	62	0,292	2,993
	<b>Total</b>	<b>1,017</b>		<b>230</b>	<b>0,263</b>	<b>3,201</b>
CRAMu_TIPO_GL	4	0,924	-9,2%	59	0,261	2,229
	5	0,961	-5,6%	109	0,284	3,061
	7	1,206	18,5%	62	0,259	2,980
	<b>Total</b>	<b>1,018</b>		<b>230</b>	<b>0,259</b>	<b>3,061</b>

NOTA: La descripción y tipificación de la variable WI y CAT\_WI puede consultarse en el Anejo 1.

**Tabla 28. Variaciones obtenidas en las tres variables edafológicas según los cinco valores posibles de tipos de curvatura vertical (Curv\_vertic).**

	TipoMicrotop	Media	Diferencia%	Nº casos	Mínimo	Máximo
Prof_tipo_GL	1-Convexo	0,845	-15,5%	28	0,385	2,026
	2-Pl.-convexo	0,962	-3,8%	41	0,289	1,792
	3-Plano	1,005	0,5%	90	0,256	2,133
	4-Pl.-cóncavo	1,046	4,6%	55	0,501	1,920
	5- Cóncavo	1,118	11,8%	25	0,390	2,023
	<b>Total</b>	<b>1,000</b>		<b>239</b>	<b>0,256</b>	<b>2,133</b>
CRADu_TIPO_GL	1-Convexo	0,780	-23,1%	28	0,345	2,445
	2-Pl.-convexo	0,941	-7,2%	41	0,322	1,791
	3-Plano	1,032	1,8%	90	0,263	3,201
	4-Pl.-cóncavo	1,064	4,9%	55	0,292	2,748
	5- Cóncavo	1,221	20,4%	25	0,289	2,268
	<b>Total</b>	<b>1,014</b>		<b>239</b>	<b>0,263</b>	<b>3,201</b>
CRAMu_TIPO_GL	1-Convexo	0,771	-24,1%	28	0,314	2,503
	2-Pl.-convexo	0,954	-6,1%	41	0,343	1,724
	3-Plano	1,037	2,1%	90	0,261	3,061
	4-Pl.-cóncavo	1,052	3,5%	55	0,259	2,702
	5- Cóncavo	1,236	21,7%	25	0,284	2,250
	<b>Total</b>	<b>1,016</b>		<b>239</b>	<b>0,259</b>	<b>3,061</b>

En la Tabla 27 se aprecia que los puntos de las laderas con altos valores del índice de humedad presentan, por término medio, valores de profundidad un 10% por encima de la media general y valores de capacidad hídrica de más del 18% por encima de la media general. A medida que disminuye WI las citadas propiedades físicas del suelo presentan un nivel

cuantitativo menor y la capacidad discriminante del parámetro WI pierde calidad.

La microtopografía está vinculada al índice de humedad y presenta resultados consecuentes con ello (véase Tabla 28). Los puntos en los que las laderas toman curvaturas verticales cóncavas (la pendiente descendente disminuye) presentan valores relativamente mayores de profundidad

y capacidad hídrica, mientras que las zonas convexas (la pendiente descendente aumenta) son claramente desfavorables al desarrollo de los perfiles edáficos.

## 3.2.6 Caracterización de las unidades cartográficas

### 3.2.6.1 Resolución de indeterminaciones espaciales entre litofacies simplificadas y grupos litoedáficos

Como se ha visto en la metodología, el último paso de la presente caracterización y cartografía de suelos es convertir los resultados obtenidos en el análisis estadístico en información cartográfica. Esta información reflejada en el mapa se enriquece con las reseñas de cada unidad cartográfica, que informan de manera amplia sobre sus características, rangos de variación, calidad forestal, necesidades de protección, etc. en la sección 3.3.

Ya se ha indicado, en el apartado metodológico y en la introducción, la dominancia neta que la roca madre ejerce sobre las características del suelo. El resto de variables ambientales tienen un papel complementario en un nivel menos importante. Los GL son subconjuntos de tipos de rocas, dentro de cada litofacies del MAGNA, que presentan características homogéneas. En ocasiones un GL coincide con una litofacies completa, pero la complejidad geológica de la zona ha hecho que, en general, una litofacies esté integrada por varias rocas de composición distinta, aunque puedan tener orígenes similares, que generan los distintos GL.

En los análisis estadísticos la mejor variable de agrupación han sido los grupos litoedáficos, ya que los suelos pertenecientes a un mismo GL se han mostrado cercanos entre ellos en la mayor parte de sus propiedades físicas y químicas. Por el contrario, las litofacies simplificadas (LtS), que se obtienen a partir de la información que facilita el MAGNA, no se han mostrado tan eficaces como variables de agrupación,

debido a que la mayor parte de las LtS presentan varios tipos de roca y sobre ellas se han podido diferenciar de uno a tres GL distintos.

Sin embargo, no existe cartografía que separe los GL, ya que la cartografía disponible diferencia únicamente las LtS, y esto ocasiona una importante indeterminación para la confección de la cartografía de los suelos. Las observaciones de campo han permitido que algunas zonas de LtS sí puedan asignarse a un determinado GL, pero en la mayor parte de las LtS la complejidad geológica obligaría a una cartografía litológica de gran detalle. Para resolver esta situación de indeterminación se han adoptado las siguientes soluciones:

- Asignar a cada unidad cartográfica de suelos la información edafológica correspondiente al GL más representado dentro de la LtS, según el juicio del equipo investigador. La información del resto de GL de una LtS estará también disponible, tanto en la geodatabase como en las reseñas de la memoria cartográfica, pero no se visualizará en los mapas de suelos.
- Colocar sobre los mapas de suelos una sobrecarga indicadora del intervalo de variación más probable, para cada variable edafológica.
- En el Anejo 7 se proveen claves y criterios para diferenciar sobre el terreno el tipo de GL donde nos encontremos, sobre la base de la observación de las rocas, la cubierta vegetal o los suelos.

### 3.2.6.2 Caracterización de suelos según sus grupos litoedáficos

Se presentan en este apartado los parámetros estadísticos principales obtenidos para las variables objetivo de profundidad y capacidad de retención de agua, según grupos litoedáficos. Estos valores servirán como base para la caracterización de unidades cartográficas de suelos. Sobre ellos se llevarán a cabo las correcciones correspondientes a los factores de clima y relieve, según ya ha quedado descrito

en el epígrafe anterior.

En consecuencia, para cada variable objetivo se presentan, a continuación, las tablas de datos estadísticos básicos (Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32). En estas tablas aparecen los parámetros que se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29. Descripción de las variables que aparecen en la tabla de información general de unidades cartográficas de suelos.

Variable	Descripción
GL	Grupo litoedáfico
N	Número de muestras
Media	Media aritmética muestral obtenida en el análisis estadístico
Error típ. media	Error típico de la media muestral
Mediana	Valor central de la variable
Desv. típ.	Desviación típica de la distribución
Mínimo	Valor mínimo que toma la variable
Máximo	Valor máximo que toma la variable
Rango	Diferencia entre el valor máximo y el mínimo

## Profundidad útil (variable Prof\_Util)

Tabla 30. Parámetros estadísticos principales de la variable Prof\_Util.

GL	N	Media	Error típ. media	Mediana	Varianza	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Rango
100	14	121,1	6,4	120,0	581,5	24,1	75	160	85
300	2	92,5	7,5	92,5	112,5	10,6	85	100	15
440	4	48,8	1,3	50,0	6,3	2,5	45	50	5
450	1	65,0	.	65,0	.	.	65	65	0
740	16	97,8	5,8	97,5	546,6	23,4	60	140	80
750	3	92,7	9,3	90,0	261,3	16,2	78	110	32
840	4	106,3	6,6	105,0	172,9	13,1	95	120	25
850	2	105,0	15,0	105,0	450,0	21,2	90	120	30
1140	11	87,4	8,1	90,0	719,5	26,8	50	126	76
1150	26	49,7	4,8	45,0	602,7	24,5	15	105	90
1240	8	37,9	5,7	37,5	257,0	16,0	16	62	46
1250	1	50,0	.	50,0	.	.	50	50	0
1340	46	73,3	5,1	70,0	1187,1	34,5	18	150	132
1350	2	117,5	2,5	117,5	12,5	3,5	115	120	5
1570	37	64,2	4,0	60,0	592,9	24,3	25	130	105
1580	8	95,4	10,9	102,5	944,0	30,7	40	125	85
1590	4	113,8	5,5	110,0	122,9	11,1	105	130	25
1840	6	110,8	12,3	107,5	914,2	30,2	70	145	75
1850	2	40,0	0,0	40,0	0,0	0,0	40	40	0
1860	1	130,0	.	130,0	.	.	130	130	0
2040	4	28,8	4,7	32,5	89,6	9,5	15	35	20
2050	22	77,3	5,0	72,5	557,9	23,6	42	125	83
2060	9	103,6	11,2	100,0	1136,3	33,7	52	150	98
2140	16	74,6	6,6	70,0	703,7	26,5	45	130	85
2150	2	80,0	5,0	80,0	50,0	7,1	75	85	10
2160	2	77,5	12,5	77,5	312,5	17,7	65	90	25
2200	2	100,0	0,0	100,0	0,0	0,0	100	100	0
2300	8	96,3	5,9	95,0	276,8	16,6	80	130	50
2400	2	122,5	2,5	122,5	12,5	3,5	120	125	5
2500	4	101,0	8,4	100,0	284,0	16,9	84	120	36
3140	5	101,6	9,1	105,0	415,3	20,4	68	120	52
3150	6	160,8	10,7	155,0	684,2	26,2	125	200	75
3160	11	127,7	6,5	135,0	471,8	21,7	100,0	150,0	50,0
3170	3	100,0	28,4	85,0	2425,0	49,2	60,0	155,0	95,0

GL	N	Media	Error típ. media	Mediana	Varianza	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Rango
3180	5	143,0	13,3	125,0	882,5	29,7	120,0	190,0	70,0
3190	1	100,0	.	100,0	.	.	100,0	100,0	0,0
3200	1	110,0	.	110,0	.	.	110,0	110,0	0,0
3300	4	62,5	11,3	55,0	508,3	22,5	45,0	95,0	50,0
3440	1	120,0	.	120,0	.	.	120,0	120,0	0,0
3450	3	93,3	13,0	95,0	508,3	22,5	70,0	115,0	45,0
3460	1	100,0	.	100,0	.	.	100,0	100,0	0,0
3600	1	125,0	.	125,0	.	.	125,0	125,0	0,0
3840	1	90,0	.	90,0	.	.	90,0	90,0	0,0
3850	1	110,0	.	110,0	.	.	110,0	110,0	0,0
4100	1	110,0	.	110,0	.	.	110,0	110,0	0,0
8400	1	35,0	.	35,0	.	.	35,0	35,0	0,0
<b>Total</b>	<b>315</b>	<b>84,1</b>	<b>2,0</b>	<b>85,0</b>	<b>1306,1</b>	<b>36,1</b>	<b>15,0</b>	<b>200,0</b>	<b>185,0</b>

*Nota: los GLs que sólo presentan la media no presentan variación estadística por existir un solo muestreo o porque todos los muestreos presentan el mismo valor.*

## Capacidad de retención de agua total útil (variable CRAMU)

**Tabla 31. Parámetros estadísticos principales de la variable CRAMU.**

GL	N	Media	Error típ. media	Mediana	Varianza	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Rango
100	14	265,4	22,6	248,7	7182,0	84,7	117,7	403,2	285,5
300	2	240,5	50,0	240,5	4990,5	70,6	190,5	290,4	99,9
440	4	94,9	18,8	89,2	1412,3	37,6	56,1	145,2	89,1
450	1	85,0	.	85,0	.	.	85,0	85,0	0,0
740	16	202,2	14,2	192,2	3214,1	56,7	77,3	301,6	224,4
750	3	221,0	39,5	207,5	4681,7	68,4	160,3	295,1	134,8
840	4	237,9	46,7	248,2	8717,8	93,4	122,5	332,7	210,2
850	2	148,0	16,8	148,0	564,6	23,8	131,2	164,8	33,6
1140	11	226,4	39,4	193,2	17095,4	130,7	84,4	437,0	352,7
1150	26	77,0	9,7	62,3	2462,2	49,6	21,9	239,1	217,2
1240	8	57,0	13,7	44,2	1498,8	38,7	25,9	144,8	118,9
1250	1	146,4	.	146,4	.	.	146,4	146,4	0,0
1340	46	147,6	14,0	125,2	9058,9	95,2	35,5	415,7	380,3
1350	2	337,7	35,1	337,7	2461,1	49,6	302,7	372,8	70,2
1570	37	120,0	10,3	105,0	3961,5	62,9	34,1	322,9	288,9
1580	8	189,7	39,2	163,1	12262,1	110,7	55,4	362,5	307,1
1590	4	280,6	18,6	271,4	1376,7	37,1	248,5	331,3	82,8
1840	6	256,0	35,8	250,2	7694,9	87,7	123,7	390,0	266,3
1850	2	90,0	1,8	90,0	6,4	2,5	88,2	91,7	3,6
1860	1	399,0	.	399,0	.	.	399,0	399,0	0,0
2040	4	56,9	7,0	55,6	196,4	14,0	41,2	75,1	33,9
2050	22	179,8	17,5	173,3	6727,6	82,0	52,5	376,4	323,9
2060	9	174,9	16,7	179,3	2497,4	50,0	100,8	233,1	132,4
2140	16	128,7	13,2	108,4	2774,9	52,7	78,7	237,5	158,8
2150	2	231,7	61,2	231,7	7486,5	86,5	170,6	292,9	122,4
2160	2	153,4	33,7	153,4	2276,0	47,7	119,6	187,1	67,5
2200	2	270,0	42,8	270,0	3655,7	60,5	227,2	312,7	85,5
2300	8	237,3	17,6	233,8	2481,2	49,8	155,4	306,4	151,0
2400	2	270,8	39,0	270,8	3035,7	55,1	231,9	309,8	77,9
2500	4	202,8	27,1	187,4	2936,2	54,2	156,9	279,4	122,5
3140	5	147,2	17,9	148,0	1599,3	40,0	105,8	197,1	91,3

GL	N	Media	Error típ. media	Mediana	Varianza	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Rango
3150	6	221,9	26,0	205,3	4048,9	63,6	170,6	342,7	172,2
3160	11	259,3	12,3	263,0	1664,6	40,8	187,6	338,6	151,0
3170	3	144,4	36,4	138,1	3969,2	63,0	84,7	210,2	125,5
3180	5	204,2	45,9	154,4	0548,4	102,7	98,7	338,6	239,9
3190	1	143,9	.	143,9	.	.	143,9	143,9	0,0
3200	1	418,8	.	418,8	.	.	418,8	418,8	0,0
3300	4	126,1	21,6	115,5	1858,7	43,1	86,1	187,3	101,2
3440	1	342,2	.	342,2	.	.	342,2	342,2	0,0
3450	3	215,4	14,6	229,0	643,8	25,4	186,2	231,1	44,9
3460	1	132,9	.	132,9	.	.	132,9	132,9	0,0
3600	1	529,3	.	529,3	.	.	529,3	529,3	0,0
3840	1	294,8	.	294,8	.	.	294,8	294,8	0,0
3850	1	175,1	.	175,1	.	.	175,1	175,1	0,0
4100	1	255,6	.	255,6	.	.	255,6	255,6	0,0
8400	1	49,2	.	49,2	.	.	49,2	49,2	0,0
<b>Total</b>	<b>315</b>	<b>170,8</b>	<b>5,4</b>	<b>157,8</b>	<b>9307,3</b>	<b>96,5</b>	<b>21,9</b>	<b>529,3</b>	<b>507,4</b>

## Capacidad de retención de agua disponible (variable CRADU)

Tabla 32. Parámetros estadísticos principales de la variable CRADU.

GL	N	Media	Error típ. media	Mediana	Varianza	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Rango
100	14	135,7	10,7	123,6	1591,0	39,9	66,0	196,5	130,5
300	2	119,2	10,5	119,2	220,1	14,8	108,7	129,6	21,0
440	4	52,0	9,5	48,6	359,8	19,0	32,8	78,0	45,3
450	1	47,7	.	47,7	.	.	47,7	47,7	0,0
740	16	99,5	7,4	98,3	874,2	29,6	44,8	150,7	105,9
750	3	119,6	20,9	121,5	1314,4	36,3	82,4	154,9	72,4
840	4	126,9	24,2	137,2	2349,6	48,5	65,1	168,1	103,1
850	2	87,0	12,1	87,0	294,0	17,1	74,9	99,2	24,2
1140	11	106,0	15,4	103,4	2599,6	51,0	40,6	194,5	153,9
1150	26	41,2	5,1	34,9	676,1	26,0	12,0	128,3	116,3
1240	8	31,4	7,2	24,9	415,8	20,4	15,0	76,6	61,5
1250	1	65,6	.	65,6	.	.	65,6	65,6	0,0
1340	46	76,6	7,3	65,6	2437,3	49,4	18,4	223,9	205,5
1350	2	123,8	0,4	123,8	0,4	0,6	123,4	124,2	0,9
1570	37	68,4	5,6	60,1	1167,3	34,2	19,8	171,5	151,7
1580	8	98,9	18,1	89,7	2630,8	51,3	34,5	187,8	153,3
1590	4	129,3	8,6	126,5	294,7	17,2	111,5	152,7	41,2
1840	6	119,1	15,0	119,5	1349,0	36,7	62,1	172,0	109,9
1850	2	51,3	0,6	51,3	0,7	0,8	50,7	51,9	1,2
1860	1	176,8	.	176,8	.	.	176,8	176,8	0,0
2040	4	30,6	5,3	27,5	113,7	10,7	21,3	46,0	24,6
2050	22	88,9	7,5	83,9	1234,7	35,1	28,9	167,4	138,5
2060	9	91,0	8,9	86,1	713,3	26,7	57,6	142,1	84,5
2140	16	67,5	6,1	58,7	599,7	24,5	40,7	116,9	76,2
2150	2	121,7	29,3	121,7	1716,8	41,4	92,4	151,0	58,6
2160	2	84,4	16,2	84,4	527,8	23,0	68,2	100,7	32,5
2200	2	125,6	8,2	125,6	135,1	11,6	117,4	133,8	16,4
2300	8	133,8	10,5	134,1	874,1	29,6	87,2	186,9	99,6
2400	2	134,0	9,9	134,0	196,5	14,0	124,1	143,9	19,8

GL	N	Media	Error típ. media	Mediana	Varianza	Desv. típ.	Mínimo	Máximo	Rango
2500	4	108,8	17,7	96,0	1259,7	35,5	83,6	159,5	75,8
3140	5	81,6	8,3	83,0	347,2	18,6	62,3	104,0	41,8
3150	6	132,7	22,6	114,1	3075,5	55,5	95,1	243,1	148,1
3160	11	125,7	6,2	126,7	422,6	20,6	89,4	158,4	69,0
3170	3	75,6	22,3	68,3	1498,1	38,7	41,0	117,4	76,4
3180	5	133,3	34,9	82,0	6095,5	78,1	68,3	235,3	167,0
3190	1	77,8	.	77,8	.	.	77,8	77,8	0,0
3200	1	203,4	.	203,4	.	.	203,4	203,4	0,0
3300	4	63,6	9,2	54,4	339,6	18,4	54,2	91,2	37,0
3440	1	150,8	.	150,8	.	.	150,8	150,8	0,0
3450	3	126,2	20,5	123,9	1266,2	35,6	91,8	162,9	71,1
3460	1	80,3	.	80,3	.	.	80,3	80,3	0,0
3600	1	249,3	.	249,3	.	.	249,3	249,3	0,0
3840	1	145,3	.	145,3	.	.	145,3	145,3	0,0
3850	1	104,7	.	104,7	.	.	104,7	104,7	0,0
4100	1	105,8	.	105,8	.	.	105,8	105,8	0,0
8400	1	26,7	.	26,7	.	.	26,7	26,7	0,0
<b>Total</b>	<b>315</b>	<b>88,4</b>	<b>2,7</b>	<b>82,4</b>	<b>2240,4</b>	<b>47,3</b>	<b>12,0</b>	<b>249,3</b>	<b>237,3</b>

### 3.2.6.3 Valores corregidos según la variable Clima\_relieve

Para los GL más representados se han obtenido, como factores de variación significativos, la combinación de las zonas termoplumiométricas y una zonificación simplificada del relieve. Estas nuevas variables se han cartografiado en formato vectorial y se han superpuesto con el mapa de litofacies simplificadas, obteniendo un conjunto de recintos en los que la roca, el clima y el relieve se pueden considerar homogéneos, y que son las unidades cartográficas de suelos.

Dado que la media muestral del GL está

integrada solamente por algunas clases Clima\_relieve, si queremos estimar cuál sería esa media si estuvieran representadas todas las clases de Clima-relieve la debemos corregir, tratando de eliminar el sesgo. Para ello hacemos la media ponderada por el número de perfiles de todos los coeficientes correctores de las clases Clima\_relieve presentes en el GL y aplicamos el coeficiente corrector resultante a la media muestral (M), obteniendo la media corregida, MC.

$$MC = \frac{M}{\frac{\sum_{i=112}^{323} c_i \cdot n_i}{\sum_{i=112}^{323} n_i}}$$

Donde: M, media muestral de la variable objetivo. MC, media corregida.  $c_i$ , coeficiente corrector de la unidad Clima\_relieve  $i$ .  $n_i$ , número de muestreos existentes en la unidad Clima\_relieve  $i$ .

Los resultados para cada variable objetivo pueden verse en las tablas Tabla 33, Tabla 35 y Tabla 37.

Asímismo, para hacer una estimación de la posible variación de la media con una probabilidad normal del 80%, se ha hecho una corrección del error estándar de la media (SE\_M), que pasa a llamarse SE\_Mc, con el mismo procedimiento que para la media. A continuación, se han calculado los intervalos de variación (error absoluto de la media) multiplicando SE\_Mc por el coeficiente correspondiente de la distribución normal (1,282).

Para los GL donde hay escasez de datos y han dado valores muy bajos de SE\_M, se ha ajustado el valor de SE\_M para la Prof\_Util a 5 cm. Para la CRADU el ajuste es a 10 mm y para la CRAMU a 20 mm. Para los GL con un solo caso (no existe error muestral) se ha cogido una aproximación entera al segundo error más alto: 10 cm en ProfUtil, 15mm en CRADU y 35mm en CRAMU.

Los valores finales de estos errores absolutos de las medias de cada variable objetivo pueden verse en Tabla 34, Tabla 36 y Tabla 38.

Tabla 33. Valores de Prof\_Util corregidos para las unidades Clima\_relieve, para cada GL. Los GL que aparecen en verde son los únicos para los que se han estimado estas variaciones. Siendo M la media muestral de la variable objetivo, MC la media corregida, SE\_M el error estándar de la media y SE\_Mc el error estándar de la media corregido.

GL	M	MC	Unidades Clima_relieve																SE_M	SE_Mc		
			112	113	122	123	132	133	212	213	222	223	232	233	312	313	322	323				
100	121,1	121,1	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	121	6,4	6,4	
300	92,5	92,5	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	7,5	7,5
440	48,8	52,0	49	51	57	59	58	63	49	38	62	48	56	58	48	49	53	56	56	1,3	5	
450	65,0	68,9	65	68	75	78	77	83	65	51	83	64	74	77	64	65	70	75	75	.	10	
740	97,8	96,3	91	95	105	109	107	116	91	71	115	89	104	108	89	91	98	104	104	5,8	5,8	
750	92,7	77,4	73	76	84	88	86	94	73	57	93	72	84	87	72	73	79	84	84	9,3	7,8	
840	106,3	94,7	90	93	103	107	105	114	90	70	113	88	102	106	88	89	97	102	102	6,6	5,9	
850	105,0	99,0	94	98	108	112	110	120	94	73	118	92	107	111	92	93	101	107	107	15,0	14,1	
1140	87,4	92,3	88	91	101	104	103	111	88	68	110	85	100	104	85	87	94	100	100	8,1	8,5	
1150	49,7	52,4	50	52	57	59	58	63	50	38	63	48	57	59	48	49	53	57	57	4,8	5,1	
1240	37,9	40,7	39	40	44	46	45	49	39	30	49	38	44	46	38	38	42	44	44	5,7	6,1	
1250	50,0	54,1	51	53	59	61	60	65	51	40	65	50	58	61	50	51	55	58	58	.	10,0	
1340	73,3	74,6	71	74	81	84	83	90	71	55	89	69	81	84	69	70	76	81	81	5,1	5,2	
1350	117,5	124,6	118	123	136	141	138	151	118	92	149	115	135	140	115	118	127	135	135	2,5	5,0	
1570	64,2	64,3	61	63	70	73	71	78	61	47	77	60	69	72	60	61	66	70	70	4,0	4,0	
1580	95,4	97,3	92	96	106	110	108	118	92	71	116	90	105	109	90	92	99	105	105	10,9	11,1	
1590	113,8	121,4	115	120	132	137	135	147	115	89	145	112	131	136	112	114	124	131	131	5,5	5,9	
1840	110,8	114,9	109	113	125	130	128	139	109	84	137	106	124	129	106	108	117	124	124	12,3	12,8	
1850	40,0	39,2	37	39	43	44	44	47	37	29	47	36	42	44	36	37	40	42	42	0,0	5,0	
1860	130,0	140,5	133	139	153	159	156	170	133	103	168	130	152	158	130	133	143	152	152	.	10,0	
2040	28,8	30,4	29	30	33	34	34	37	29	22	36	28	33	34	28	29	31	33	33	4,7	5,0	
2050	77,3	82,2	78	81	90	93	91	99	78	60	98	76	89	92	76	77	84	89	89	5,0	5,4	
2060	103,6	93,8	89	93	102	106	104	113	89	69	112	87	101	105	87	88	96	102	102	11,2	10,2	
2140	74,6	65,1	62	64	71	74	72	79	62	48	78	60	70	73	60	61	66	70	70	6,6	5,8	
2150	80,0	73,4	70	72	80	83	82	89	70	54	88	68	79	82	68	69	75	79	79	5,0	5,0	
2160	77,5	64,2	61	63	70	73	71	78	61	47	77	59	69	72	59	60	66	69	69	12,5	10,3	
2200	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0,0	5,0	
2300	96,3	96,3	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	96	5,9	5,9	
2400	122,5	101,4	96	100	110	115	113	123	96	75	121	94	110	114	94	96	104	110	110	2,5	5,0	
2500	101,0	101,0	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	101	8,4	8,4	
3140	101,6	101,6	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	102	9,1	9,1	
3150	160,8	160,8	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	161	10,7	10,7	
3160	127,7	127,7	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	128	6,5	6,5	
3170	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	28,4	28,4	
3180	143,0	143,0	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	143	13,3	13,3	
3190	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	.	10,0	
3200	110,0	110,0	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	.	10,0	
3300	62,5	62,5	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	11,3	11,3	
3440	120,0	120,0	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	.	10,0	
3450	93,3	93,3	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	93	13,0	13,0	
3460	100,0	100,0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	.	10,0	
3600	125,0	125,0	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	125	.	10,0	
3840	90,0	90,0	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90	.	10,0	
3850	110,0	110,0	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	110	.	10,0	
4100	110,0	91,1	86	90	99	103	101	110	86	67	109	84	98	102	84	86	93	99	99	.	10,0	
8400	35,0	35,0	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	10,0	10,0	

Tabla 34. Estimación de la variación más probable de la variable Prof\_Util, para cada unidad Clima\_relieve, según los distintos GL. Siendo SE\_M el error estándar de la media y SE\_Mc el error estándar de la media corregido.

GL	SE_M	SE_Mc	Unidades Clima_relieve															
			112	113	122	123	132	133	212	213	222	223	232	233	312	313	322	323
100	6,4	6,4	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
300	7,5	7,5	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
440	1,3	5	7	7	7	8	8	8	7	5	8	6	7	8	6	7	7	7
450	.	10	13	13	14	15	15	16	13	10	16	12	14	15	12	13	14	14
740	5,8	5,8	8	8	9	9	9	9	8	6	9	7	9	9	7	8	8	9
750	9,3	7,8	10	10	11	12	12	13	10	8	12	10	11	12	10	10	11	11
840	6,6	5,9	8	8	9	9	9	10	8	6	10	7	9	9	7	8	8	9
850	15,0	14,1	18	18	20	21	21	22	18	14	22	17	20	21	17	18	19	20
1140	8,1	8,5	11	11	12	13	13	14	11	9	14	11	12	13	11	11	12	12
1150	4,8	5,1	7	7	8	8	8	8	7	5	8	7	8	8	7	7	7	8
1240	5,7	6,1	8	8	9	9	9	10	8	6	10	8	9	9	8	8	8	9
1250	.	10,0	13	13	14	15	15	16	13	10	16	12	14	15	12	13	14	14
1340	5,1	5,2	7	7	8	8	8	9	7	5	8	7	8	8	7	7	7	8
1350	2,5	5,0	7	7	7	8	8	8	7	5	8	6	7	8	6	7	7	7
1570	4,0	4,0	5	6	6	6	6	7	5	4	7	5	6	6	5	5	6	6
1580	10,9	11,1	14	15	16	17	16	18	14	11	18	14	16	16	14	14	15	16
1590	5,5	5,9	8	8	9	9	9	10	8	6	10	7	9	9	7	8	8	9
1840	12,3	12,8	16	17	18	19	19	20	16	13	20	16	18	19	16	16	17	18
1850	0,0	5,0	7	7	7	8	8	8	7	5	8	6	7	8	6	7	7	7
1860	.	10,0	13	13	14	15	15	16	13	10	16	12	14	15	12	13	14	14
2040	4,7	5,0	7	7	7	8	8	8	7	5	8	6	7	8	6	7	7	7
2050	5,0	5,4	7	7	8	8	8	9	7	6	9	7	8	8	7	7	8	8
2060	11,2	10,2	13	13	15	15	15	16	13	10	16	13	15	15	13	13	14	15
2140	6,6	5,8	8	8	9	9	9	9	8	6	9	7	9	9	7	8	8	9
2150	5,0	5,0	7	7	7	8	8	8	7	5	8	6	7	8	6	7	7	7
2160	12,5	10,3	13	14	15	15	15	16	13	10	16	13	15	15	13	13	14	15
2200	0,0	5,0	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
2300	5,9	5,9	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
2400	2,5	5,0	7	7	7	8	8	8	7	5	8	6	7	8	6	7	7	7
2500	8,4	8,4	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
3140	9,1	9,1	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
3150	10,7	10,7	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
3160	6,5	6,5	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
3170	28,4	28,4	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
3180	13,3	13,3	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
3190	.	10,0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
3200	.	10,0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
3300	11,3	11,3	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
3440	.	10,0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
3450	13,0	13,0	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
3460	.	10,0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
3600	.	10,0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
3840	.	10,0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
3850	.	10,0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
4100	.	10,0	13	13	14	15	15	16	13	10	16	12	14	15	12	13	14	14
8400	10,0	10,0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

Tabla 35. Valores de CRADU corregidos para las unidades Clima\_relieve, para cada GL. Los GL que aparecen en verde son los únicos para los que se han estimado estas variaciones. Siendo *M* la media muestral de la variable objetivo, *MC* la media corregida, *SE\_M* el error estándar de la media y *SE\_Mc* el error estándar de la media corregida.

GL	M	MC	Unidades Clima_relieve																SE_M	SE_Mc
			112	113	122	123	132	133	212	213	222	223	232	233	312	313	322	323		
100	135,7	135,7	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	136	10,7	10,7
300	119,2	119,2	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	119	10,5	10,5
440	52,0	56,4	54	50	64	60	61	64	51	44	80	48	62	59	53	48	61	58	9,5	10,3
450	47,7	55,9	53	50	64	60	61	64	51	44	79	47	62	58	52	48	60	57	.	15,0
740	99,5	91,5	87	82	104	98	99	104	83	72	129	77	101	95	85	78	99	94	7,4	6,8
750	119,6	84,6	80	76	96	91	92	96	77	67	120	72	94	88	79	72	91	86	20,9	14,8
840	126,9	121,7	115	109	138	130	132	139	111	96	172	103	135	127	114	104	132	124	24,2	23,2
850	87,0	77,0	73	69	88	83	84	88	70	61	109	65	85	80	72	66	83	79	12,1	10,7
1140	106,0	112,9	107	101	128	121	122	129	103	89	160	96	125	118	105	96	122	115	15,4	16,4
1150	41,2	42,7	40	38	48	46	46	49	39	34	60	36	47	44	40	36	46	44	5,1	5,3
1240	31,4	34,4	33	31	39	37	37	39	31	27	49	29	38	36	32	29	37	35	7,2	7,9
1250	65,6	70,3	67	63	80	75	76	80	64	55	99	60	78	73	66	60	76	72	.	15
1340	76,6	78,8	75	70	90	84	85	90	72	62	111	67	87	82	74	67	85	81	7,3	7,5
1350	123,8	145,1	138	130	165	156	157	165	132	114	205	123	160	151	135	124	157	148	0,4	10
1570	68,4	69,1	66	62	79	74	75	79	63	54	98	58	76	72	64	59	75	71	5,6	5,7
1580	98,9	97,3	92	87	111	104	106	111	89	77	138	82	108	102	91	83	105	99	18,1	17,8
1590	129,3	147,2	140	132	167	158	160	168	134	116	208	125	163	154	137	126	159	150	8,6	15,0
1840	119,1	122,2	116	109	139	131	132	139	111	96	173	103	135	127	114	104	132	125	15,0	15,4
1850	51,3	47,4	45	42	54	51	51	54	43	37	67	40	52	49	44	40	51	48	0,6	10,0
1860	176,8	189,5	180	169	215	203	205	216	172	149	268	160	209	198	177	162	205	194	.	15,0
2040	30,6	34,7	33	31	39	37	38	40	32	27	49	29	38	36	32	30	37	35	5,3	10,0
2050	88,9	96,6	92	86	110	104	105	110	88	76	137	82	107	101	90	82	104	99	7,5	8,1
2060	91,0	80,5	76	72	91	86	87	92	73	63	114	68	89	84	75	69	87	82	8,9	7,9
2140	67,5	61,6	58	55	70	66	67	70	56	49	87	52	68	64	57	53	67	63	6,1	5,6
2150	121,7	107,1	102	96	122	115	116	122	97	84	151	91	118	112	100	91	116	109	29,3	25,8
2160	84,4	74,1	70	66	84	79	80	84	67	58	105	63	82	77	69	63	80	76	16,2	14,2
2200	125,6	125,6	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	8,2	8,2
2300	133,8	133,8	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	134	10,5	10,5
2400	134,0	117,6	111	105	134	126	127	134	107	93	166	99	130	123	110	100	127	120	9,9	10
2500	108,8	108,8	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	109	17,7	17,7
3140	81,6	81,6	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	82	8,3	8,3
3150	132,7	132,7	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	22,6	22,6
3160	125,7	125,7	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	6,2	6,2
3170	75,6	75,6	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	76	22,3	22,3
3180	133,3	133,3	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	34,9	34,9
3190	77,8	77,8	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	78	.	15,0
3200	203,4	203,4	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	.	15,0
3300	63,6	63,6	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	64	9,2	10,0
3440	150,8	150,8	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	151	.	15,0
3450	126,2	126,2	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	20,5	20,5
3460	80,3	80,3	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	.	15,0
3600	249,3	249,3	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	249	.	15,0
3840	145,3	145,3	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	145	.	15,0
3850	104,7	104,7	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	.	15,0
4100	105,8	92,8	88	83	105	99	101	106	84	73	131	78	103	97	87	79	100	95	.	15,0
8400	26,7	26,7	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	.	15,0

Tabla 36. Estimación de la variación más probable de la variable CRADU, para cada unidad Clima\_relieve, según los distintos GL. Siendo SE\_M el error estándar de la media y SE\_Mc el error estándar de la media corregido.

GL	SE_M	SE_Mc	Unidades Clima_relieve															
			112	113	122	123	132	133	212	213	222	223	232	233	312	313	322	323
100	10,7	10,7	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
300	10,5	10,5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
440	9,5	10,3	13	12	16	15	15	16	13	11	19	12	15	14	13	12	15	14
450	.	15,0	19	18	22	21	21	22	18	16	28	17	22	21	18	17	21	20
740	7,4	6,8	9	8	10	10	10	10	8	7	13	8	10	10	9	8	10	9
750	20,9	14,8	18	17	22	21	21	22	18	15	27	17	21	20	18	17	21	20
840	24,2	23,2	29	27	34	32	33	34	28	24	43	26	33	32	28	26	33	31
850	12,1	10,7	14	13	16	15	15	16	13	11	20	12	16	15	13	12	15	15
1140	15,4	16,4	20	19	24	23	23	24	20	17	30	18	24	22	20	18	23	22
1150	5,1	5,3	7	7	8	8	8	8	7	6	10	6	8	8	7	6	8	7
1240	7,2	7,9	10	10	12	11	11	12	10	8	15	9	12	11	10	9	11	11
1250	.	15	19	18	22	21	21	22	18	16	28	17	22	21	18	17	21	20
1340	7,3	7,5	10	9	11	11	11	11	9	8	14	9	11	11	9	9	11	10
1350	0,4	10	13	12	15	14	14	15	12	11	19	11	15	14	12	11	14	14
1570	5,6	5,7	7	7	9	8	8	9	7	6	11	7	9	8	7	7	8	8
1580	18,1	17,8	22	21	26	25	25	27	21	18	33	20	26	24	22	20	25	24
1590	8,6	15,0	19	18	22	21	21	22	18	16	28	17	22	21	18	17	21	20
1840	15,0	15,4	19	18	23	22	22	23	18	16	28	17	22	21	19	17	22	21
1850	0,6	10,0	13	12	15	14	14	15	12	11	19	11	15	14	12	11	14	14
1860	.	15,0	19	18	22	21	21	22	18	16	28	17	22	21	18	17	21	20
2040	5,3	10,0	13	12	15	14	14	15	12	11	19	11	15	14	12	11	14	14
2050	7,5	8,1	10	10	12	12	12	12	10	9	15	9	12	11	10	9	12	11
2060	8,9	7,9	10	10	12	11	11	12	10	8	15	9	12	11	10	9	11	11
2140	6,1	5,6	7	7	9	8	8	9	7	6	11	7	8	8	7	7	8	8
2150	29,3	25,8	32	30	38	36	36	38	31	27	47	28	37	35	31	29	36	34
2160	16,2	14,2	18	17	21	20	20	21	17	15	26	16	21	19	17	16	20	19
2200	8,2	8,2	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
2300	10,5	10,5	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
2400	9,9	10	13	12	15	14	14	15	12	11	19	11	15	14	12	11	14	14
2500	17,7	17,7	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
3140	8,3	8,3	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
3150	22,6	22,6	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
3160	6,2	6,2	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
3170	22,3	22,3	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
3180	34,9	34,9	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
3190	.	15,0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
3200	.	15,0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
3300	9,2	10,0	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
3440	.	15,0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
3450	20,5	20,5	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
3460	.	15,0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
3600	.	15,0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
3840	.	15,0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
3850	.	15,0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
4100	.	15,0	19	18	22	21	21	22	18	16	28	17	22	21	18	17	21	20
8400	.	15,0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Tabla 37. Valores de CRAMU corregidos para las unidades Clima\_relieve, para cada GL. Los GL que aparecen en verde son los únicos para los que se han estimado estas variaciones. Siendo *M* la media muestral de la variable objetivo, *MC* la media corregida, *SE\_M* el error estándar de la media y *SE\_Mc* el error estándar de la media corregido.

GL	M	MC	Unidades Clima_relieve																SE_M	SE_Mc
			112	113	122	123	132	133	212	213	222	223	232	233	312	313	322	323		
100	265,4	265,4	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	265	22,6	22,6
300	240,5	240,5	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	240	50,0	50,0
440	94,9	102,9	100	95	118	112	115	121	94	88	145	86	116	110	95	87	108	103	18,8	20,4
450	85,0	100,2	97	92	115	109	112	118	92	86	141	84	112	107	93	85	105	101	.	35
740	202,2	186,2	180	171	213	202	208	219	171	160	262	156	209	199	173	158	195	187	14,2	13,1
750	221,0	157,0	152	144	180	171	175	185	144	135	221	131	176	167	146	133	165	158	39,5	28,1
840	237,9	223,1	216	205	255	243	249	262	205	192	314	187	251	238	207	189	234	224	46,7	43,8
850	148,0	132,0	128	121	151	143	147	155	121	113	186	110	148	141	122	112	138	132	16,8	20
1140	226,4	239,3	232	220	274	260	267	281	220	206	337	200	269	255	222	203	251	240	39,4	41,7
1150	77,0	79,0	77	73	90	86	88	93	73	68	111	66	89	84	73	67	83	79	9,7	10
1240	57,0	62,8	61	58	72	68	70	74	58	54	88	52	70	67	58	53	66	63	13,7	15,1
1250	146,4	157,9	153	145	181	172	176	186	145	136	222	132	177	168	146	134	166	159	.	35
1340	147,6	152,7	148	140	175	166	171	180	140	131	215	128	171	163	142	130	160	153	14,0	14,5
1350	337,7	397,8	385	366	456	432	444	468	365	342	560	333	447	424	369	338	417	399	35,1	41,3
1570	120,0	121,2	117	111	139	132	135	142	111	104	170	101	136	129	112	103	127	122	10,3	10,5
1580	189,7	184,9	179	170	212	201	207	217	170	159	260	155	208	197	171	157	194	186	39,2	38,2
1590	280,6	320,0	310	294	366	348	357	376	294	275	450	268	359	341	297	272	336	321	18,6	21,2
1840	256,0	265,3	257	244	304	288	296	312	244	228	373	222	298	283	246	225	278	266	35,8	37,1
1850	90,0	85,8	83	79	98	93	96	101	79	74	121	72	96	91	79	73	90	86	1,8	20
1860	399,0	430,4	417	396	493	468	481	506	395	370	606	360	483	459	399	365	452	432	.	35
2040	56,9	64,4	62	59	74	70	72	76	59	55	91	54	72	69	60	55	68	65	7,0	20
2050	179,8	196,0	190	180	224	213	219	230	180	169	276	164	220	209	182	166	206	197	17,5	19,1
2060	174,9	154,4	150	142	177	168	172	182	142	133	217	129	173	165	143	131	162	155	16,7	14,7
2140	128,7	115,3	112	106	132	125	129	136	106	99	162	96	129	123	107	98	121	116	13,2	11,8
2150	231,7	202,4	196	186	232	220	226	238	186	174	285	169	227	216	188	172	212	203	61,2	53,4
2160	153,4	130,4	126	120	149	142	146	153	120	112	183	109	146	139	121	111	137	131	33,7	28,7
2200	270,0	270,0	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	270	42,8	42,8
2300	237,3	237,3	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	237	17,6	17,6
2400	270,8	230,3	223	212	264	250	257	271	211	198	324	193	259	246	213	196	242	231	39,0	33,1
2500	202,8	202,8	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	203	27,1	27,1
3140	147,2	147,2	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	147	17,9	17,9
3150	221,9	221,9	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222	26,0	26,0
3160	259,3	259,3	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	259	12,3	12,3
3170	144,4	144,4	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	36,4	36,4
3180	204,2	204,2	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	204	45,9	45,9
3190	143,9	143,9	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	144	.	20,0
3200	418,8	418,8	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419	419	.	20,0
3300	126,1	126,1	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	126	21,6	21,6
3440	342,2	342,2	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	342	.	20,0
3450	215,4	215,4	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	215	14,6	14,6
3460	132,9	132,9	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	133	.	20,0
3600	529,3	529,3	529	529	529	529	529	529	529	529	529	529	529	529	529	529	529	529	.	20,0
3840	294,8	294,8	295	295	295	295	295	295	295	295	295	295	295	295	295	295	295	295	.	20,0
3850	175,1	175,1	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	175	.	20,0
4100	255,6	217,4	211	200	249	236	243	256	200	187	306	182	244	232	202	185	228	218	.	35
8400	49,2	49,2	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	.	20,0

Tabla 38. Estimación de la variación más probable de la variable CRAMU, para cada unidad Clima\_relieve, según los distintos GL. Siendo SE\_M el error estándar de la media y SE\_Mc el error estándar de la media corregido.

GL	SE_M	SE_Mc	Unidades Clima_relieve															
			112	113	122	123	132	133	212	213	222	223	232	233	312	313	322	323
100	22,6	22,6	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
300	50,0	50,0	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
440	18,8	20,4	26	25	30	29	30	31	25	23	37	22	30	28	25	23	28	27
450	.	35	44	42	52	49	51	53	42	39	64	38	51	48	42	39	48	46
740	14,2	13,1	17	16	20	19	19	20	16	15	24	15	19	18	16	15	18	17
750	39,5	28,1	35	34	42	40	41	43	34	31	51	31	41	39	34	31	38	37
840	46,7	43,8	55	52	65	62	63	67	52	49	80	47	64	60	53	48	59	57
850	16,8	20	25	24	30	28	29	31	24	23	37	22	29	28	24	22	27	26
1140	39,4	41,7	52	50	62	59	60	63	50	46	76	45	61	57	50	46	57	54
1150	9,7	10	13	12	15	14	15	16	12	12	19	11	15	14	12	11	14	13
1240	13,7	15,1	19	18	23	22	22	23	18	17	28	17	22	21	18	17	21	20
1250	.	35	44	42	52	49	51	53	42	39	64	38	51	48	42	39	48	46
1340	14,0	14,5	19	18	22	21	21	22	18	16	27	16	21	20	18	16	20	19
1350	35,1	41,3	52	49	61	58	60	63	49	46	75	45	60	57	50	45	56	54
1570	10,3	10,5	14	13	16	15	16	16	13	12	19	12	16	15	13	12	15	14
1580	39,2	38,2	48	46	57	54	55	58	45	43	69	41	55	53	46	42	52	50
1590	18,6	21,2	27	25	32	30	31	32	25	24	39	23	31	29	26	24	29	28
1840	35,8	37,1	47	44	55	52	54	56	44	41	67	40	54	51	45	41	50	48
1850	1,8	20	25	24	30	28	29	31	24	23	37	22	29	28	24	22	27	26
1860	.	35	44	42	52	49	51	53	42	39	64	38	51	48	42	39	48	46
2040	7,0	20	25	24	30	28	29	31	24	23	37	22	29	28	24	22	27	26
2050	17,5	19,1	24	23	29	27	28	29	23	22	35	21	28	27	23	21	26	25
2060	16,7	14,7	19	18	22	21	22	23	18	17	27	16	22	21	18	16	20	19
2140	13,2	11,8	15	14	18	17	17	18	14	14	22	13	17	17	15	13	16	16
2150	61,2	53,4	67	63	79	75	77	81	63	59	97	58	77	73	64	59	72	69
2160	33,7	28,7	36	34	43	40	42	44	34	32	52	31	42	40	35	32	39	37
2200	42,8	42,8	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55
2300	17,6	17,6	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
2400	39,0	33,1	42	40	49	47	48	50	39	37	60	36	48	46	40	37	45	43
2500	27,1	27,1	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
3140	17,9	17,9	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
3150	26,0	26,0	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
3160	12,3	12,3	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
3170	36,4	36,4	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
3180	45,9	45,9	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59	59
3190	.	20,0	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
3200	.	20,0	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
3300	21,6	21,6	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
3440	.	20,0	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
3450	14,6	14,6	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
3460	.	20,0	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
3600	.	20,0	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
3840	.	20,0	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
3850	.	20,0	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
4100	.	35	44	42	52	49	51	53	42	39	64	38	51	48	42	39	48	46
8400	.	20,0	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26

# Memoria del mapa general de suelos **3.3**

## 3.3.1 Introducción

En este capítulo se describen las unidades cartográficas de suelos de la provincia de Huelva. Esta descripción debe ser la base informativa fundamental que complementa los mapas de suelos proporcionados en formato electrónico para SIG, pues se explican o matizan, a modo de reseña, todos aquellos aspectos que sobrepasan la capacidad informativa del formato gráfico.

Tal y como se comentó en la sección dedicada a la descripción del método cartográfico, las unidades cartográficas de suelos (UC) se han definido por la superposición de las litofacies simplificadas (LtS) (Tabla 3) y las unidades de clima-relieve (Tabla 7). Las diferencias que más han resaltado en el estudio estadístico son dos:

- Diferenciación clara de los suelos según las rocas que los soportan: Dentro de cada litofacies se ha apreciado la existencia de rocas distintas con las que se han formado los denominados grupos litoedáficos (GL). La mayor parte de la información que se presenta en este capítulo se ha estructurado según estos GL, que pueden aparecer en número de 1 a 3 (excepcionalmente 5) dentro de cada LtS.
- La influencia del binomio clima-relieve en la

distribución de las propiedades edafológicas: Se ha constatado que las zonas más cálidas con pluviometrías bajas y relieves suaves presentan las peores condiciones edafológicas, seguidas por las zonas con clima similar, pero relieve accidentado. Las zonas frescas o de temperatura intermedia, con pluviometrías medias o altas, sobre cualquier relieve, son las que presentan las mejores condiciones edafológicas.

Dado que el factor roca domina en las características de los suelos de forma clara, se ha estructurado la presentación de la información sobre las UC según esta variable, a modo de grandes grupos edafológicos establecidos sobre las litofacies simplificadas. La importancia superficial de cada grupo de unidades cartográficas se puede comprobar en la Tabla 39.

Al ser una LtS una agrupación de litofacies distintas, no todas estas litofacies han sido muestreadas con la misma intensidad. Así, según la localización de los muestreos realizados se ha establecido un nivel de coincidencia de las distintas litofacies que forman parte de una LtS (véase Anejo 3). La importancia superficial de cada nivel de coincidencia según cada LtS se presenta en la Tabla 39.

**Tabla 39. Representatividad de la información edafológica que se da para cada LtS en función del nivel de coincidencia de las características geológicas con las zonas muestreadas.**

LtS	Superf. (ha) según nivel de coincidencia					Superf. total (ha)
	Modelo	Igual	Coincidencia significativa	Algo coincidente	Sin coincidencias	
100	20.696,7	3.246,1	13.624,2	250,2	38,3	37.855,5
300	5.149,4	0,0	1.204,4	14,8	12,6	6.381,2
400	1.856,6	480,5	7.770,1	10.246,8	228,5	20.582,5
700	12.870,7	819,3	6.732,6	933,1	6.626,0	27.981,7
800	6.033,0	0,0	0,0	1.272,4	367,2	7.672,6
1100	81.611,1	40.422,6	26.485,4	352,9	48,4	148.920,4
1200	14.330,4	945,5	3.239,0	0,0	458,7	18.973,6
1300	87.276,0	529,4	43.503,0	30.558,4	14.827,7	176.694,5
1500	32.308,4	0,0	19.724,6	11.986,7	926,0	64.945,7
1800	4.416,8	473,3	846,3	1,0	5,7	5.743,1
2000	16.350,6	0,0	723,3	7.220,1	0,0	24.294,0
2100	30.440,1	9.473,8	47.392,1	18.295,5	2.299,5	107.901,0
2200	1.162,2	223,1	246,2	291,8	0,0	1.923,3

LtS	Superf. (ha) según nivel de coincidencia					Superf. total (ha)
	Modelo	Igual	Coincidencia significativa	Algo coincidente	Sin coincidencias	
2300	2.960,7	1.815,6	384,5	0,0	0,0	5.160,8
2400	2.713,5	3.403,3	3.349,3	0,0	0,0	9.466,1
2500	1.357,5	650,5	72,8	11,2	0,0	2.092,0
3100	97.142,9	9.829,1	75.191,2	1.305,8	753,0	184.222,0
3200	6.019,4	0,0	3.775,7	9,7	0,0	9.804,8
3300	13.543,8	0,0	0,0	2.505,6	301,5	16.350,9
3400	2.027,5	0,0	33.450,6	7,1	0,0	35.485,2
3500	0,0	811,7	0,0	0,0	0,0	811,7
3600	1.522,2	0,0	0,0	4.024,2	0,0	5.546,4
3800	32.146,5	4.026,4	14.972,1	1.900,5	2.179,5	55.225,0
4100	838,5	497,5	0,0	8.047,3	2,2	9.385,5
8400	89,1	55,0	146,5	0,0	0,0	290,6
8500	0,0	0,0	0,0	0,0	84,0	84,0
9000	0,0	0,0	89,6	0,0	1.467,0	1.556,6
9100	0,0	0,0	0,0	0,0	62,1	62,1
<b>TOTAL</b>	<b>474.863,6</b>	<b>77.702,7</b>	<b>302.923,5</b>	<b>99.235,1</b>	<b>30.687,9</b>	<b>985.412,8</b>

**Leyenda:** *Modelo*: se ha muestreado en esa litofacies; *Igual*: se ha muestreado en una litofacies de la misma formación y periodo, con las mismas rocas; *Coincidencia significativa*: no se ha muestreado esta litofacies pero se tienen muestras en litofacies muy similares en periodo y composición de rocas; *Algo coincidente*: litofacies no muestreada que difiere en periodo o tipos de roca, pero se le han encontrado ciertas similitudes; *Sin coincidencias*: estas litofacies se han asignado a una determinada LtS por considerarlas las más cercanas, si bien pueden presentar diferencias importantes en cuanto al tipo de formación, las rocas o el periodo geológico.

Debido a su escasísima extensión, la LtS 8500 no se describirá. Lo mismo ocurrirá con los usos del suelo 9000 y 9100, que corresponden a usos antrópicos (urbano e industrial) sin interés edafológico.

Para cada litofacies simplificada se dan, en esta descripción de las unidades cartográficas de suelos, las siguientes características:

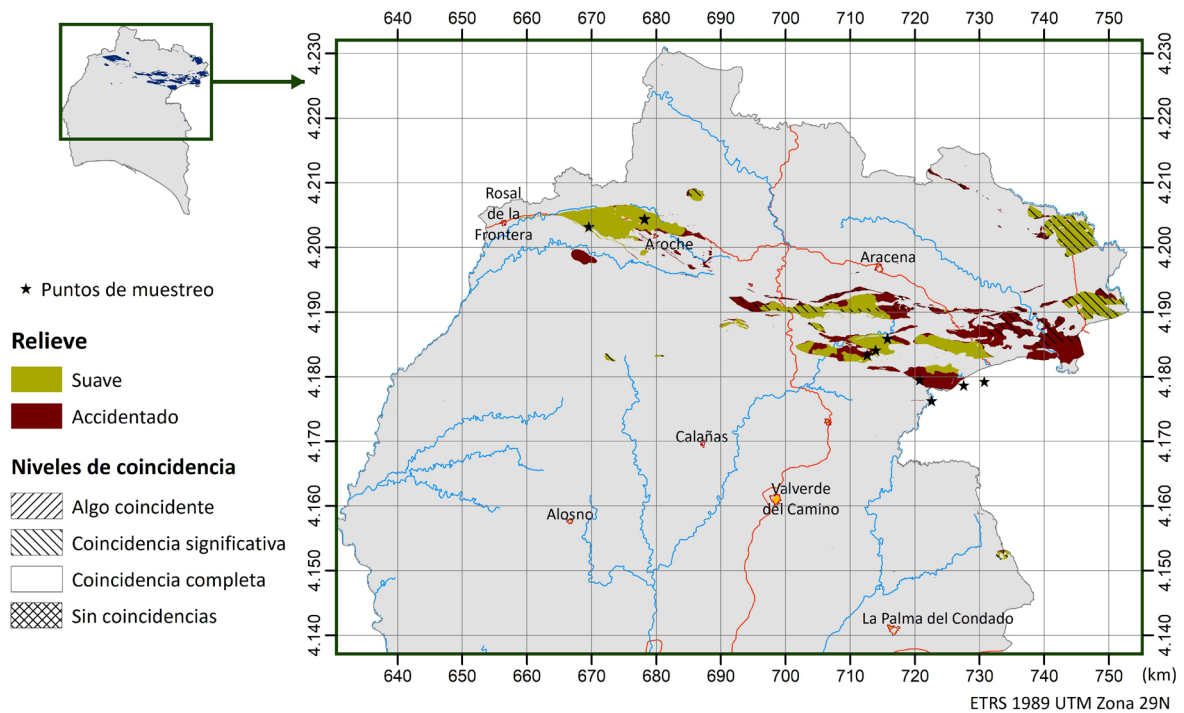
- Situación: se localizan las manchas, se indican las rocas que las componen y se evalúa su superficie total e importancia relativa.
- Clima y relieve: se cuantifica la presencia de los dos tipos básicos de relieve y las distintas clases de la variable Clima\_relieve que aparecen, con su superficie correspondiente.
- Descripción edafológica de cada GL dentro de la unidad, con los siguientes ítems:

- Tablas de cuantificación de la profundidad y capacidades hídricas.
- Descripción tipificada de: tipos de roca característicos, pedregosidad, textura, profundidad, capacidades hídricas, compactación, reacción, contenidos en nutrientes, capacidad de intercambio catiónico, porcentaje de saturación en bases (las tipificaciones de todas estas variables se describen en el Anejo 1).
- Descripción de horizontes de diagnóstico y taxones FAO, con diagramas de flujo que muestran su probable evolución.
- Aptitud forestal general de los suelos, indicando las principales limitaciones ambientales.
- Los valores del conjunto de variables edafológicas de cada GL pueden consultarse en el Anejo 6, además de en la geodatabase.

### 3.3.2 Suelos sobre rocas graníticas: granitos, cuarzodioritas, granodioritas. Unidad LtS-100

Se integran en esta unidad las litofacies MAGNA que contienen granitos, granodioritas, tonalitas y otras rocas plutónicas ácidas. Su importancia relativa en la provincia es intermedia, pues ocupa el 3,8% de la superficie, si bien son rocas dominantes en algunas zonas de sierra (batolitos graníticos). Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-100 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 7. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 40. Como ya se indicó en la sección 3.2.5, esta LtS y su GL único se encuentran muy localizados en el norte de la provincia, con poca variación de clima o relieve, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.



**Figura 7. Localización de la unidad LtS-100 en la provincia de Huelva. Se ha representado también la distribución del relieve, así como el nivel de coincidencia en la asignación de las coberturas geológicas a las LtS.**

**Tabla 40. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-100.**

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	21.167,47	55,92	112	52,69	0,139
			122	2.774,81	7,33
			132	8.763,58	23,15
			212	2,01	0,005
			222	8.194,51	21,647
			232	966,59	2,553
			312	0,49	0,001
			322	412,79	1,09
Accidentado	16.687,99	44,08	113	2,85	0,008
			123	1.027,44	2,714
			133	4.116,10	10,873
			213	2.597,62	6,862

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
			223	6.896,34	18,218
			233	1.257,17	3,321
			313	3,38	0,009
			323	787,09	2,079
<b>TOTAL</b>	<b>37.855,46</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>37.855,46</b>	<b>100</b>

En la unidad se ha establecido un único grupo litoedáfico, GL 100, que se describe a continuación.

**Tabla 41. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
<b>GL 100</b>	<b>Prof_Util (cm)</b>	119,7	75,0	160,0	111,4	128,0
	<b>CRAMU (mm)</b>	265,7	117,7	403,2	237,3	294,1
	<b>CRADU (mm)</b>	134,3	66,0	196,5	120,8	147,8

*Nota: el valor de la media difiere ligeramente con el que se da para las UC en la sección anterior, porque se ha obtenido sin excluir los perfiles atípicos.*

## GL-100

La roca típica de la litofacies es IG-01, granito, junto con IG-02, también roca granítica.

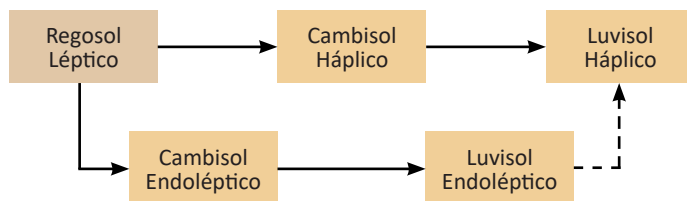
Es muy frecuente en estos suelos la presencia de un horizonte árgico, lo que provoca en ocasiones una fuerte compactación. En general son suelos muy poco y poco pedregosos en el interior del perfil, con una pedregosidad superficial que varía entre escasa y moderada.

Son suelos muy profundos, con predominio de texturas medias a gruesas (franco-arenosa), con unas capacidades de retención de agua que varían entre altas y muy altas, e, incluso, extremadamente altas.

La reacción de cambio se tipifica como variable, de extremadamente a medianamente ácida, y la solución del suelo es, en la mayoría de los casos, de reacción neutra. Por lo general presentan valores medios de Ca y un contenido en Mg de intermedio a rico; la riqueza en Na es variable y la

presencia de K es pobre. Tienen capacidades de intercambio catiónico intermedias y el complejo de cambio se encuentra normalmente cercano a la saturación.

Son suelos con un importante desarrollo en profundidad, con formación de horizonte árgico, con arcillas de alta actividad (alta capacidad de cambio) y alta saturación en bases, por lo que los taxones característicos son los luvisoles háplicos. Son frecuentes los sufijos abruptico, haciendo referencia a la fuerte acumulación de arcilla que ocurre en capas subyacentes; hiperéutrico, por la alta saturación del complejo de cambio; sódico, por la elevada proporción de Na y Mg en el complejo de cambio; crómico, por la coloración rojiza. De forma menos frecuentes aparecen Cambisoles háplicos o endolépticos, con sufijos hiperéutrico y crómico (Tabla 42, Figura 8).



**Figura 8. Evolución probable de los suelos del GL-100; el perfil considerado como típico es el Luvisol Háptico. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

Tabla 42. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la zona. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.

LtS	GL	FAO_resumida	FAO_Prefijo	N_perfiles	Abruptico	Crómico	Endosódico	Esquelético	Éutrico	Hiperéutrico	Profúndico	Sódico
100	100	Cambisol	Endoléptico	1					1			
			Háplico	1	1				1	1		
		Luvisol	Cutánico	1	1			1		1	1	
			Endoléptico	1	1					1	1	
			Endostágnico	1						1	1	
			Háplico	10	4	3	3			9	1	7
<b>Total</b>				<b>15</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>11</b>

El análisis estadístico de los perfiles de este GL no muestra relaciones de alta significación con ninguna variable ambiental distinta de la misma roca madre. Sin embargo, de la observación de las catenas se advierte que las partes medias-bajas de las laderas presentan mayores desarrollos en profundidad, tierra fina y formación de horizontes Bt.

Como se ha visto, en general son suelos con características muy adecuadas para la vegetación

forestal. En ocasiones se ha apreciado que esta excelente aptitud forestal puede verse mermada por problemas locales de encharcamiento, en zonas de drenaje lento, cuando los horizontes árgicos presentan altos contenidos en arcilla. También, cuando las granodioritas presentan elevadas riquezas en bases, se puede presentar alguna limitación para especies poco tolerantes a la abundancia de Ca-Mg, ya que en algunos perfiles alcanzan valores altos.

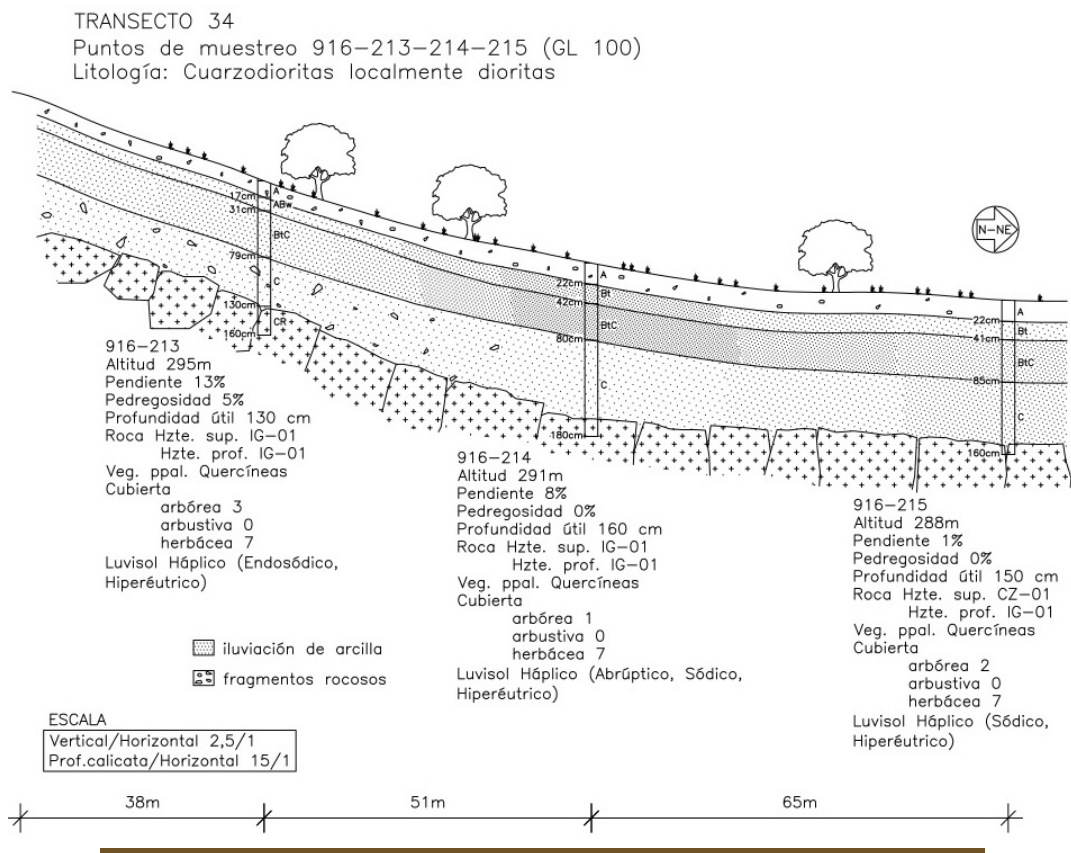


Figura 9. El efecto de ladera queda muy patente en esta litofacies, donde la iluvación de arcilla es mayor en las partes bajas, tanto por una mayor disponibilidad de agua (argillización in situ) como por un mayor arrastre subsuperficial de finos a estas zonas bajas (iluvación real).



Fotografía 3. Zona de muestreo perfil 916-215, con la formación vegetal más representativa de la unidad: Zonas adhesionadas.

TRANSECTO 64  
 Puntos de muestreo 938-308-309 (GL 100)  
 Litología: Granitos y granodioritas

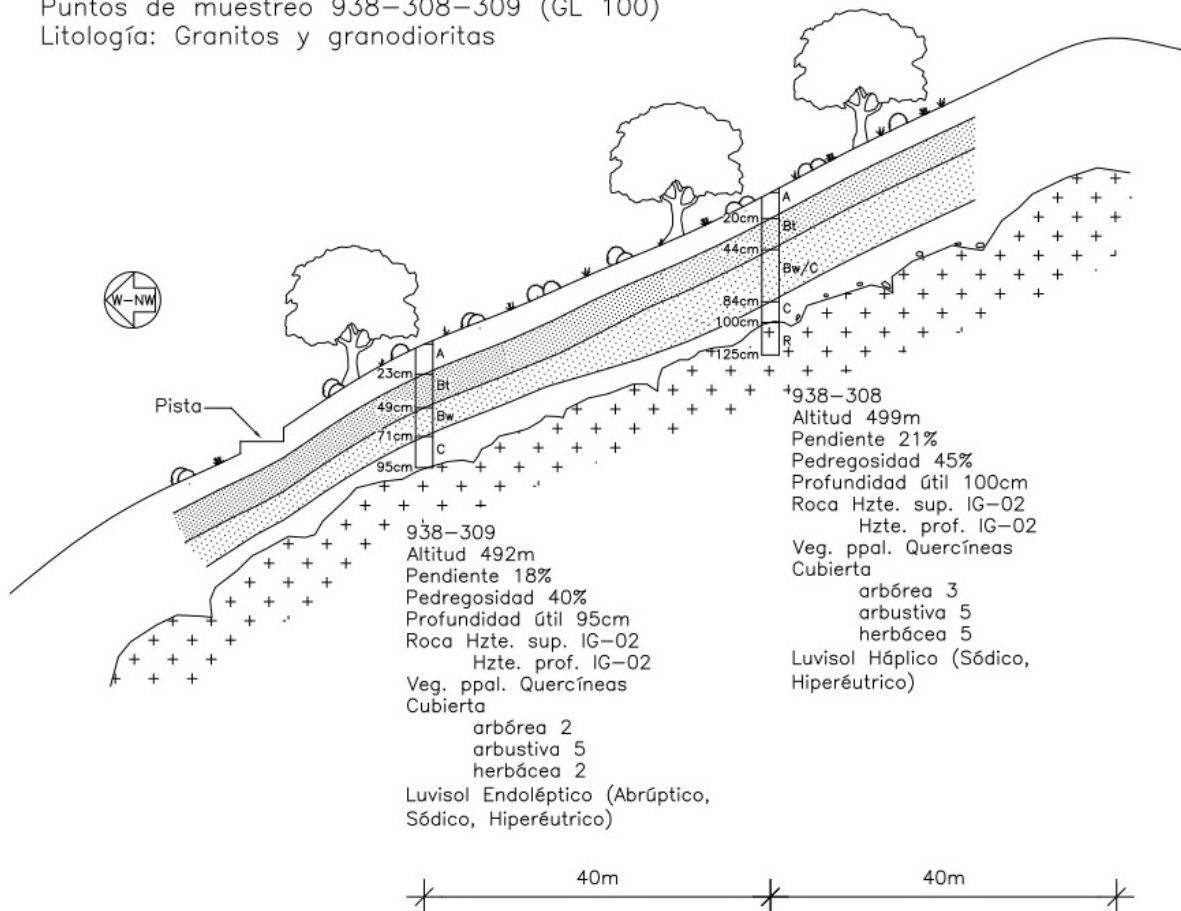


Figura 10. Transecto 64. El efecto de ladera no se hace patente en la profundidad del suelo a lo largo de este transecto, si bien la mayor disponibilidad de agua en la parte baja de la ladera se ha traducido en un mayor contenido en tierra fina, salvo en superficie, donde puede haber un efecto erosivo laminar.

Fotografía 4. Zona de muestreo correspondiente al transecto 64, con la formación vegetal más representativa de la unidad, los *Quercus*.



TRANSECTO 65  
Puntos de muestreo 938-310-311 (GL 100)  
Litología: Granitos y granodioritas

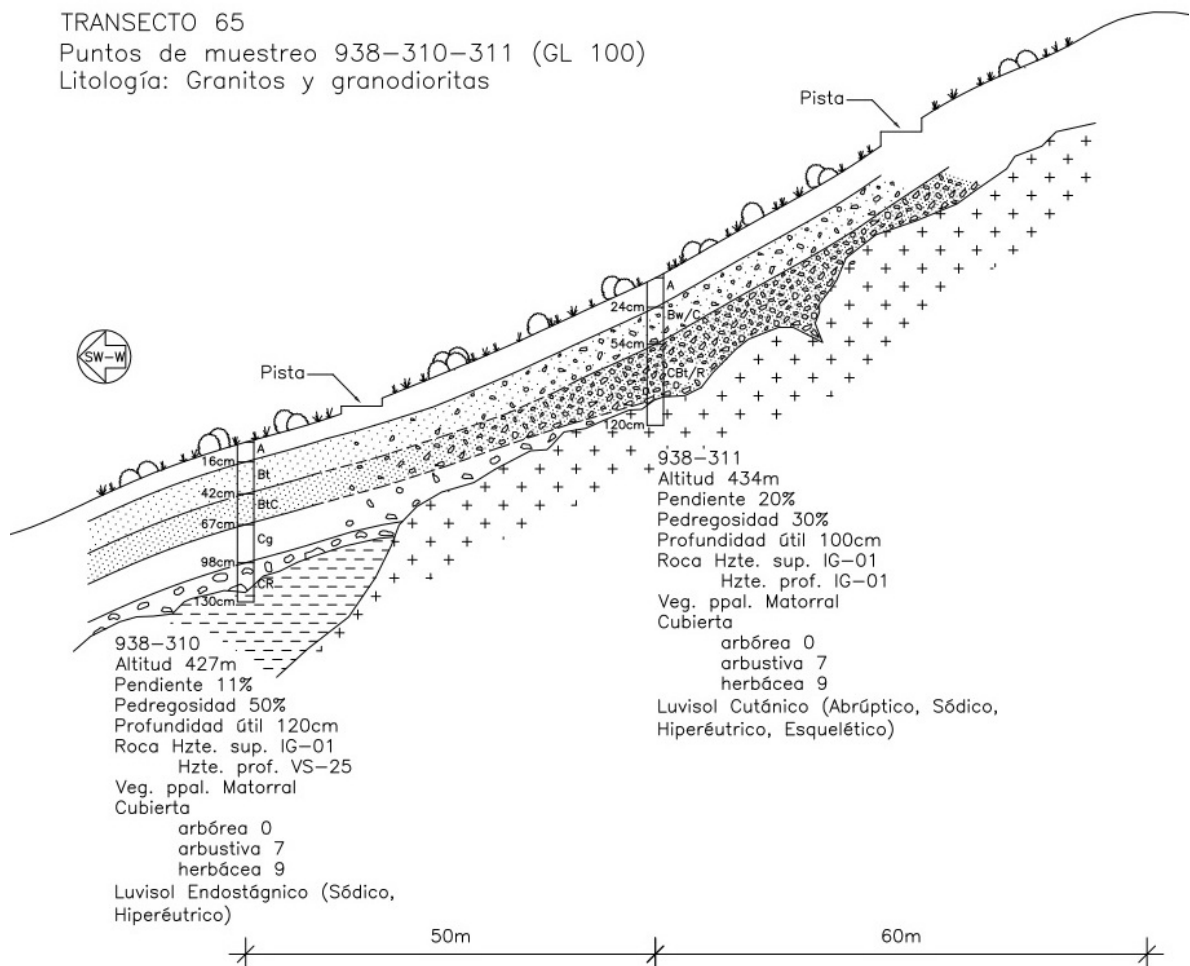


Figura 11. Transecto 65. El efecto de acumulación de agua en la parte baja de la ladera queda muy patente en esta catena. Además del mayor desarrollo en profundidad y el mayor contenido en finos, se aprecian indicios de encharcamiento en las partes profundas del perfil 938-310.



Fotografía 5. Perfil correspondiente al punto de muestreo 938-310.

TRANSECTO 69  
 Puntos de muestreo 938-320-321 (GL 100)  
 Litología: Cuarzodioritas y tonalitas

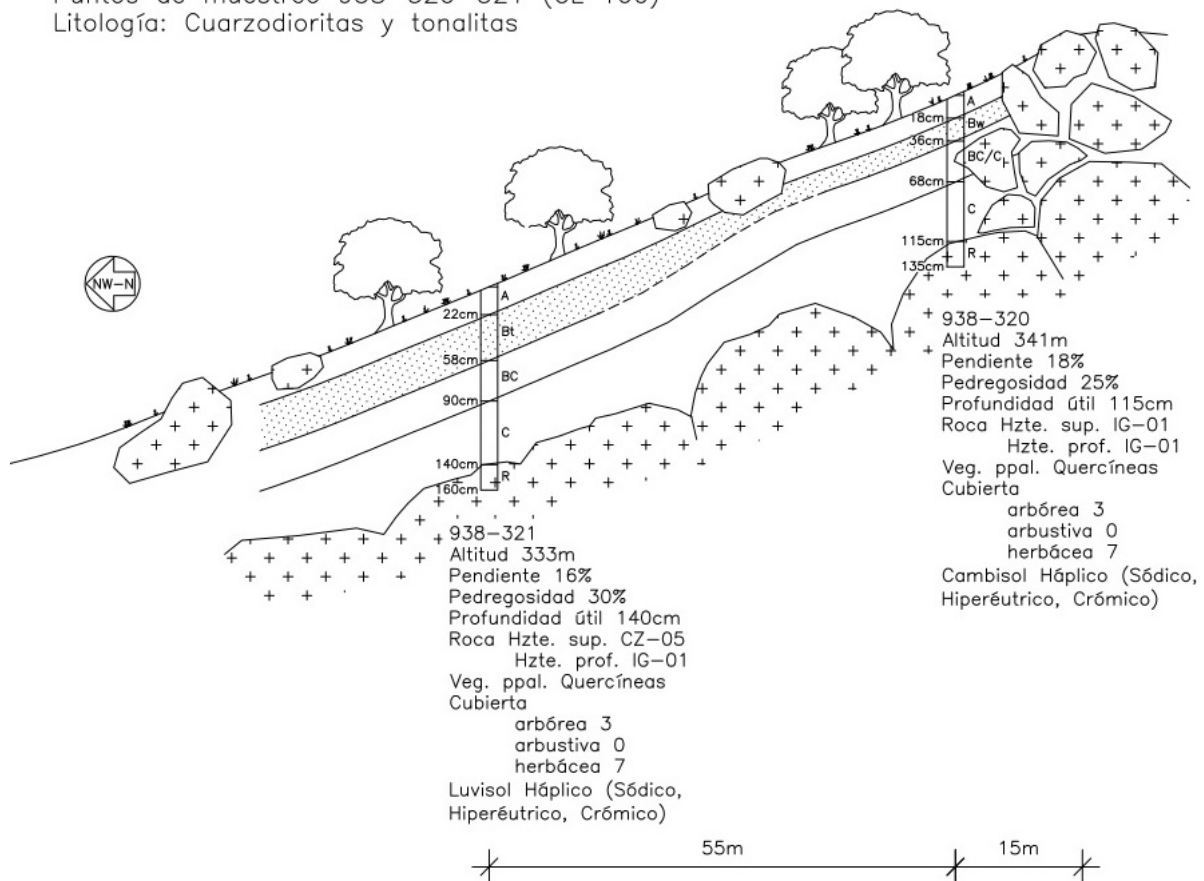


Figura 12. Transecto 69. Catena con efecto de ladera muy marcado, tanto por el desarrollo en profundidad como por la formación del horizonte árgico. La aparición de afloramiento de grandes rocas (berruecos) parece deberse principalmente a materiales que han ido rodando por la ladera.

Fotografía 6.  
Vista general del  
transecto 69.



### 3.3.3 Suelos sobre rocas intrusivas básicas e intermedias. Unidad LtS-300

Esta unidad está compuesta por rocas plutónicas básicas, gabros principalmente. Su importancia superficial es escasa, pues sólo ocupa el 0,64% de la superficie provincial. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 43. Como ya se indicó en la sección 3.2.5, esta LtS y su GL único se encuentran muy localizados en el norte de la provincia, con poca variación de clima o relieve, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad en relación a los suelos.

La localización de la unidad LtS-300 en la provincia de Huelva se presenta en la Figura 13.

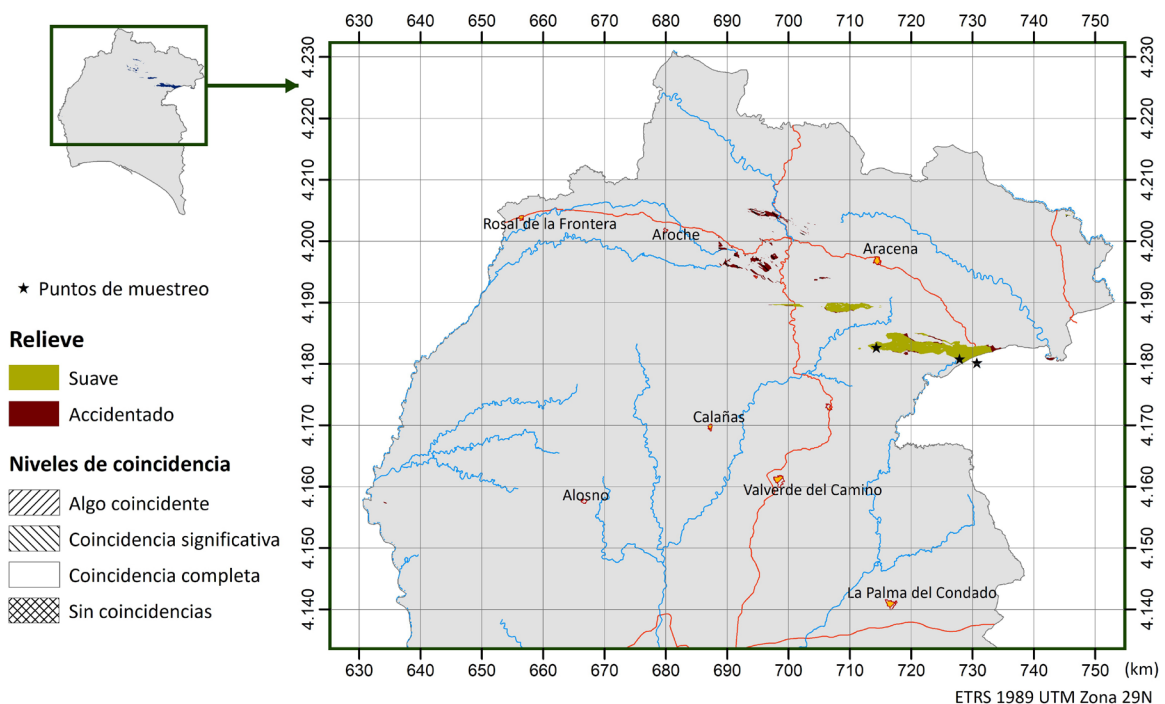


Figura 13. Localización de la unidad LtS-300 en la provincia de Huelva.

**Tabla 43. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-300.**

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	4.841,46	75,87	132	944,28	14,798
			222	2.319,79	36,354
			232	33,35	0,523
			322	1.544,05	24,197
Accidentado	1.539,69	24,13	133	1.244,77	19,507
			213	40,41	0,633
			223	142,23	2,229
			313	8,85	0,139
			323	103,42	1,621
<b>TOTAL</b>	<b>6.381,15</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>6.381,15</b>	<b>100</b>

En la unidad sólo se ha establecido un grupo litoedáfico, GL 300, que se describe a continuación.

**Tabla 44. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
<b>GL 300</b>	<b>Prof_Util (cm)</b>	98,3	85,0	110,0	84,6	112,0
	<b>CRAMU (mm)</b>	225,2	190,5	290,4	163,6	286,7
	<b>CRADU (mm)</b>	115,4	107,9	129,6	102,0	128,8

*Nota: el valor de la media difiere ligeramente con el que se da para las UC en la sección anterior, porque se ha obtenido sin excluir los perfiles atípicos.*

## GL-300

La roca típica de la litofacies es IG-05, un gabro microgranular.

En general son suelos con muy pocos gruesos en el interior del perfil y con una pedregosidad superficial escasa. Es frecuente la presencia de un horizonte árgico.

Son suelos profundos, con texturas de tendencia algo pesada (franco-arcillosa) y con unas capacidades de retención de agua muy altas. En zonas de mezcla con granitos la textura se hace algo más gruesa y la capacidad hídrica puede disminuir algo.

Los suelos sobre gabros sin mezclas presentan valores de la reacción de cambio fuertemente ácidos y la reacción de la solución del suelo toma

valores neutros. Son ricos en Ca, muy ricos en Mg y pobres en K. La capacidad de intercambio catiónico es elevada y el complejo de cambio se encuentra siempre saturado.

La presencia de bases dificulta el movimiento de las arcillas, por lo que con frecuencia los horizontes de profundidad serán cámbicos y darán lugar a cambisoles háplicos. Cuando las condiciones de humedad sean suficientemente favorables se puede producir argillización *in-situ*, con más frecuencia que argiluvación, que podrán dar lugar a horizontes árgicos que normalmente se encontrarán saturados en bases, dando lugar a luvisoles háplicos. En perfiles muy antiguos se puede producir un lavado de bases que haga evolucionar los luvisoles hacia alisoles háplicos.



**Figura 14. Evolución probable de los suelos del GL-300.**

**Tabla 45. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-300. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO_resumida	FAO_Prefijo	N_perfiles	Epiéutrico	Hiperéutrico	Sódico
300	300	Alisol	Háplico	1	1		
		Cambisol	Háplico	1		1	1
		Luvisol	Háplico	1		1	1
<b>Total</b>				<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

Se consideran suelos de una aptitud forestal alta o media-alta, puntualmente pueden presentar algunas limitaciones por drenaje lento. Los suelos en los que se mezclan los granitos tienen características intermedias entre los reseñados aquí y los indicados para el GL-100.

**Fotografía 7. Perfil en GL-300 sobre rocas plutónicas intermedias (o menos básicas), pues hay presencia de cuarzo y las texturas son gruesas.**



### 3.3.4 Suelos sobre rocas sedimentarias-volcánicas formadas entre episodios volcánicos. Unidad LtS-400

Suelos sobre pizarras grises, pizarras verdosas y pizarras moradas, violáceas y vinosas, con otras rocas acompañantes de formación sedimentaria entre episodios volcánicos, con lo cual también presentan materiales finos de origen vulcano-clástico. Aunque se trata de una formación muy característica y vistosa, por el colorido de sus rocas, su importancia superficial sólo alcanza el 2% de la provincia de Huelva. Las litofacies

MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-400 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 15. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 46. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.

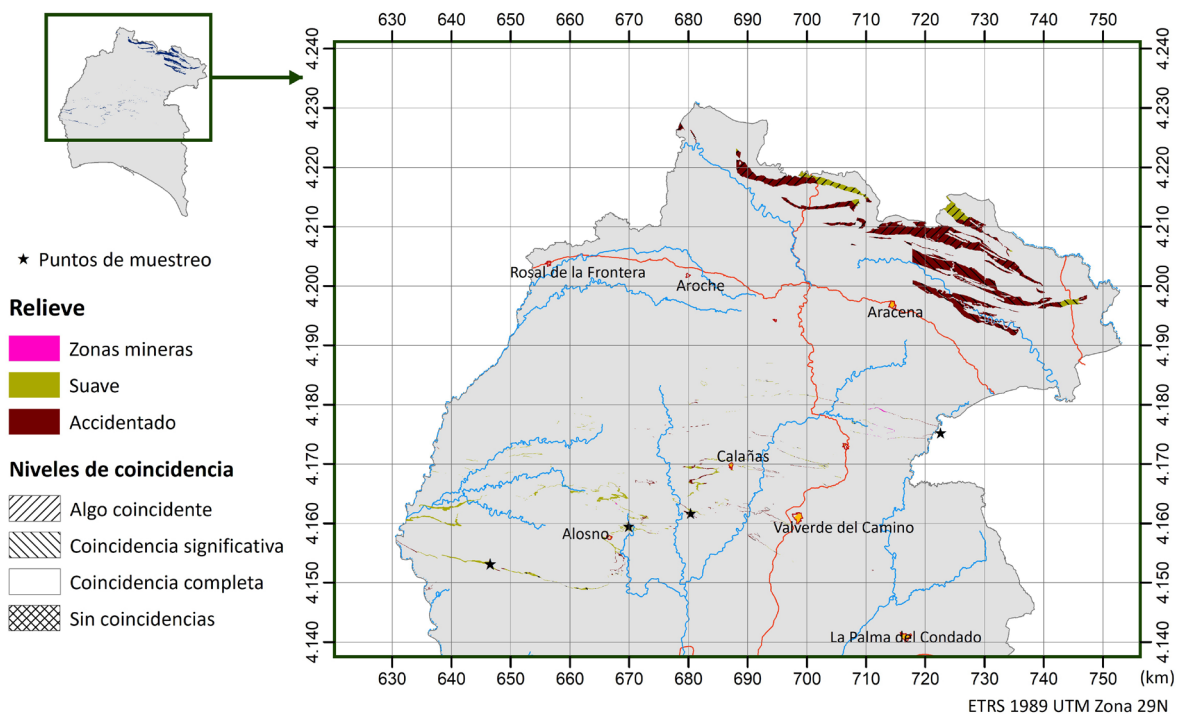


Figura 15. Localización de la unidad LtS-400 en la provincia de Huelva.

**Tabla 46. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-400.**

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	4.229,8	20,55	112	3,09	0,015
			122	1.539,6	7,48
			132	201,73	0,98
			212	873,86	4,246
			222	466,21	2,265
			312	1.117,12	5,428
			322	28,19	0,137
Accidentado	16.297,99	79,184	123	4.217,16	20,489
			133	9.492,06	46,117
			213	186,49	0,906
			223	1.812,08	8,804
			233	222,11	1,079
			313	256,01	1,244
			323	112,08	0,545
Zonas mineras	54,69	0,266	210	5,07	0,025
			220	49,62	0,241
<b>TOTAL</b>	<b>20.582,48</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>20.582,48</b>	<b>100</b>

Se han establecido dos grupos litoedáficos, GL-440 y GL-450. El grupo GL-440 es el dominante, mientras que el otro se considera como caso poco frecuente.

**Tabla 47. Resumen de variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 440	Prof_Util (cm)	48,8	45,0	50,0	46,7	50,8
	CRAMU (mm)	94,9	56,1	145,2	64,1	125,7
	CRADU (mm)	52,0	32,8	78,0	36,5	67,5
GL 450	Prof_Util (cm)	65	65	65	58	72
	CRAMU (mm)	85	85	85	59	111
	CRADU (mm)	48	48	48	34	61

*Nota: existe un perfil con propiedades flúvicas que se ha excluido de todos los estadísticos.*

**Tabla 48. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la zona. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO resumida	FAO_Prefijo	N_perfiles	Epidístrico	Epiesquelético	Esquelético	Rúptico	Sódico
400	440	Alisol	Háplico	1				1	
		Lixisol	Epiléptico	1	1				
		Luvisol	Epiléptico	3	3	2	1		2
	450	Regosol	Endoléptico	1			1		
<b>Total</b>				<b>6</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>

## GL-440

Se trata del grupo dominante dentro de la litofacies. Sus rocas características son PZ-05 (pizarra morada) y PZ-07 (pizarra limolítica vercosa).

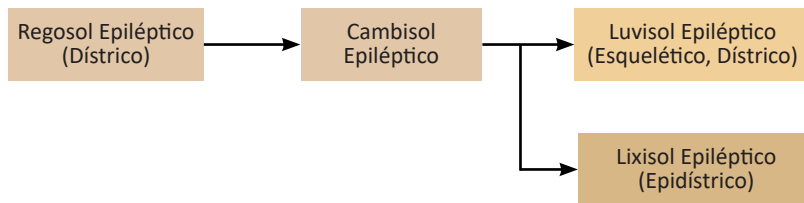
Los suelos tienen, en general, pedregosidad

abundante, tanto en superficie como dentro del perfil, con texturas en las que abundan los limos. Son suelos de profundidad intermedia. La capacidad de retención de agua es de baja a intermedia.

La reacción de cambio es extremadamente ácida, incluso con valores por debajo de 4, atenuándose su valor en lo que se refiere a la solución del suelo (pH al agua), encontrando suelos que van de muy fuertemente ácidos a medianamente ácidos. Se muestran muy pobres y pobres en Ca y Mg respectivamente, y varían de pobre a rico en cuanto al K. Tienen capacidades de intercambio catiónico bajas y el complejo de cambio se encuentra, en general, insaturado.

Se trata de suelos pedregosos con lenta

meteorización de sus materiales que, en condiciones de desprotección, no pasarán de una etapa de baja organización (regosoles). Los materiales finos que se van formando se mueven fácilmente, dado el carácter dístrico de la roca, y forman horizontes árgicos, que constituirán luvisoles o, con arcillas de baja actividad, acrisoles. Cuando alcanzan suficiente profundidad su fuerte acidez los clasificará como Alisoles y Lixisoles, este último caso con arcillas de baja actividad.



**Figura 16. Evolución probable de los suelos del GL-440. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

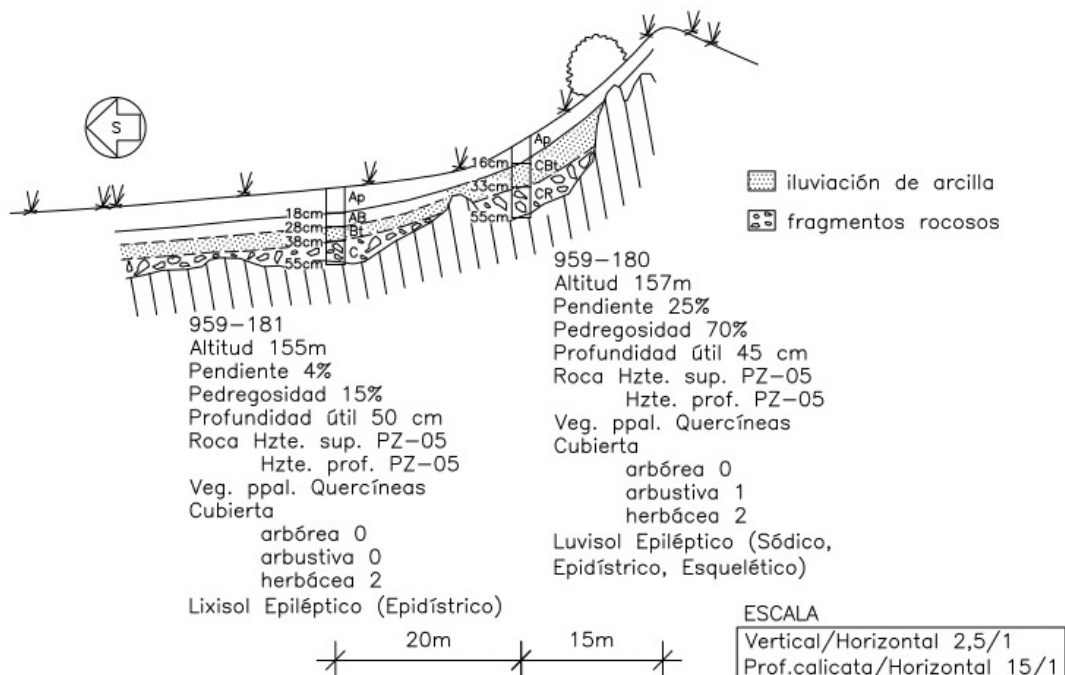
En consecuencia, se considera que son suelos de aptitud forestal baja-media, tanto por su escasez en nutrientes como por sus cualidades físicas. La roca puede ser rota con cierto esfuerzo en preparaciones mecanizadas, lo que puede

mejorar sus capacidades hídricas; sin embargo, los altos contenidos en limo los hacen sensibles a la erosión, por lo que se recomienda un manejo conservador.

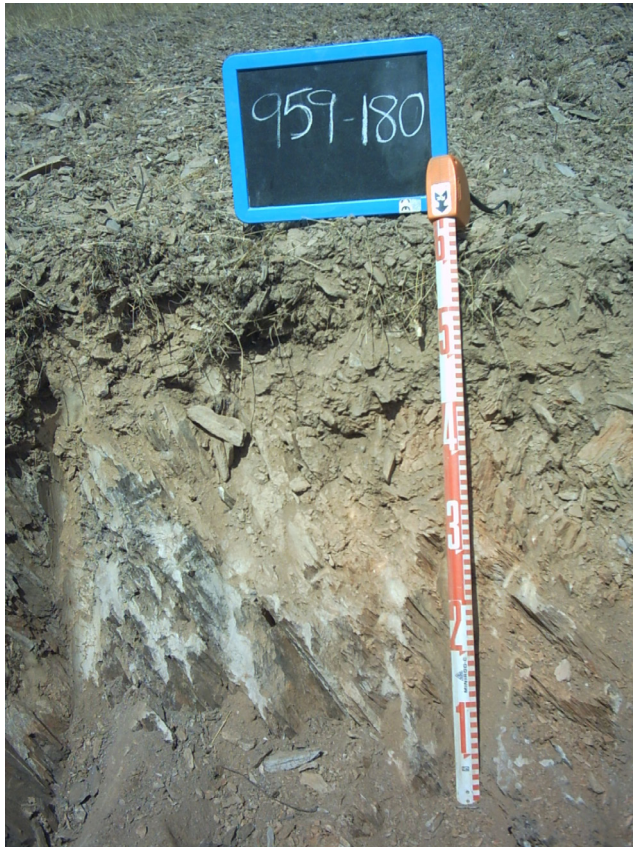
#### TRANSECTO 25

Puntos de muestreo 959-180-181 (GL 440)

Litología: Pizarras y tufitas violetas "pizarras moradas"

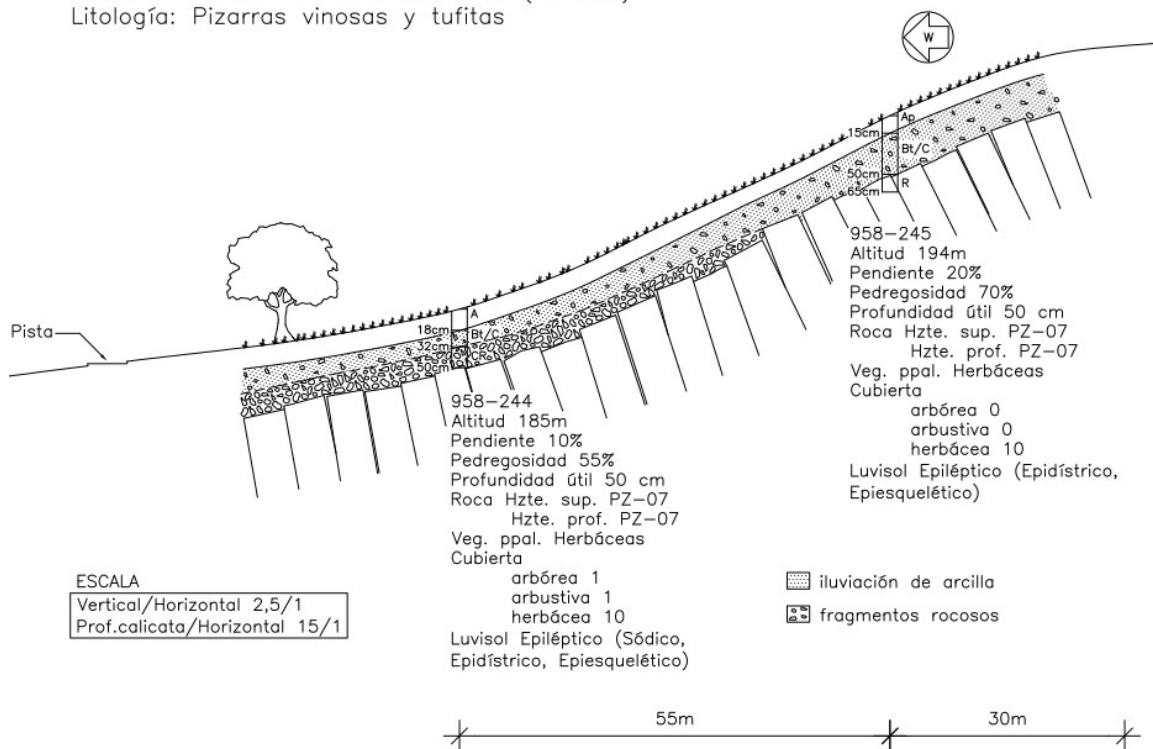


**Figura 17. Catena de suelo del GL-440, en la que se aprecia la influencia de la ladera en la formación de horizontes árgicos (Bt).**



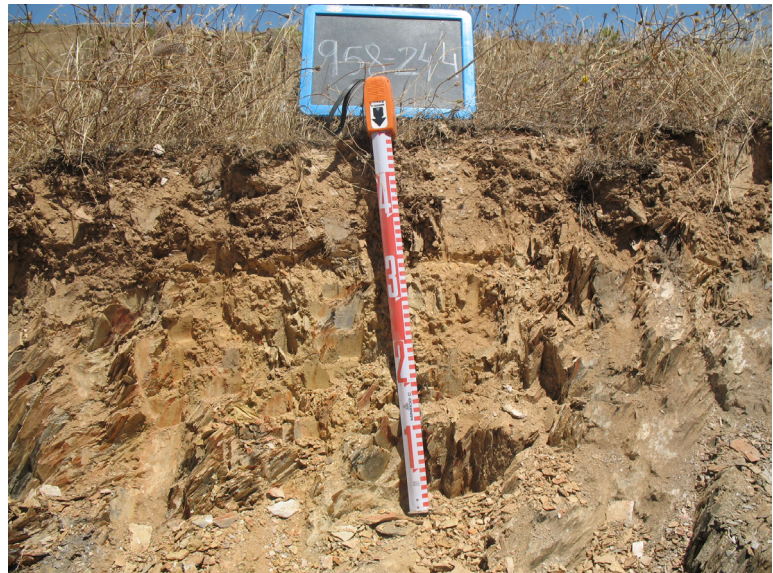
**Fotografía 8. Luvisol Epiléptico (Sódico, Epidístrico, Esquelético), típico del GL-440.**

TRANSECTO 41  
 Puntos de muestreo 958-244-245 (GL 440)  
 Litología: Pizarras vinosas y tufitas



**Figura 18. Transecto 41. Ladera sobre roca pizarrosa de alteración muy lenta. El menor espesor del horizonte Bt/C en la parte baja puede ser debido al carácter agrícola marginal de la zona, que ha podido propiciar una mayor tasa de erosión en la parte baja de la ladera.**

**Fotografía 9. Perfil 958\_244, Luvisol Epiléptico (Sódico, Epidístrico, Esquelético) abierto sobre un desmante de carretera.**



GL-450

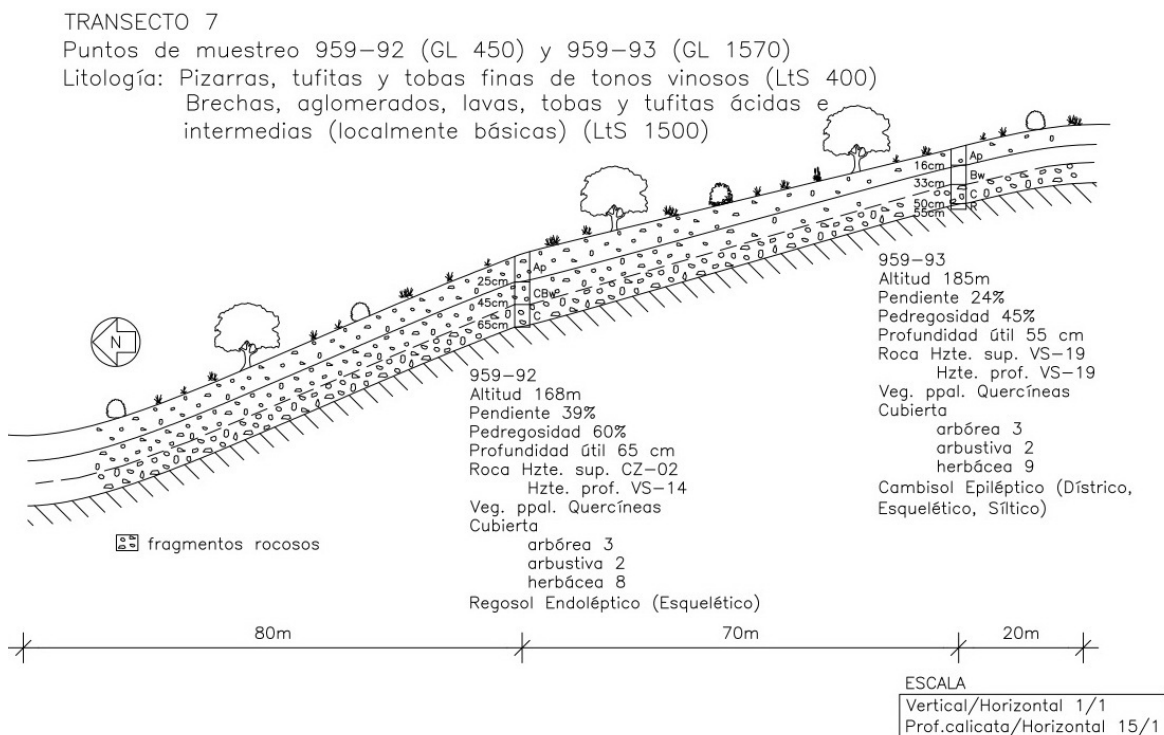
Se trata del grupo secundario dentro de la litofacies. Los suelos son de pedregosidad abundante, tanto en superficie como dentro del perfil, con texturas más limosas que el grupo anterior. Su profundidad es intermedia y la capacidad de retención de agua es baja.

La reacción de cambio es muy fuertemente ácida, atenuándose su valor en lo que se refiere a la solución del suelo (pH al agua), que tiene un carácter ligeramente ácido. Se muestran pobres

en Ca y Mg, y ricos en K. Tienen capacidades de intercambio catiónico bajas y el complejo de cambio se encuentra, en general, ligeramente saturado.

El único perfil de este grupo corresponde a un Regosol Endoléptico (Esquelético).

Su aptitud forestal resultará algo mejor que la del grupo principal, por unas mejores condiciones de nutrientes.



**Figura 19. Catena de suelo del GL-450, caracterizados por espesores medios-someros, baja retención de agua y extremada acidez. La parte superior corresponde a un tipo de roca distinto (GL-1570) lo cual es una circunstancia frecuente en la LtS-400, pues está formada por bandas muy estrechas.**

### 3.3.5 Suelos sobre lavas básicas y tobas básicas esquistosas. Unidad LtS-700

Suelos sobre lavas básicas, diabasas, espilitas y basaltos principalmente; también pueden aparecer materiales piroclásticos básicos como tobas, brechas y aglomerados. Esta Unidad aparece normalmente asociada con las litofacies simplificadas 1400, 2000 y también con la 1300. Es de frecuente aparición en la zona central de la provincia (Faja Pirítica), si bien su presencia total en términos superficiales alcanza sólo el 2,8%. Las litofacies MAGNA que han quedado

encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-700 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 20. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 49. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.

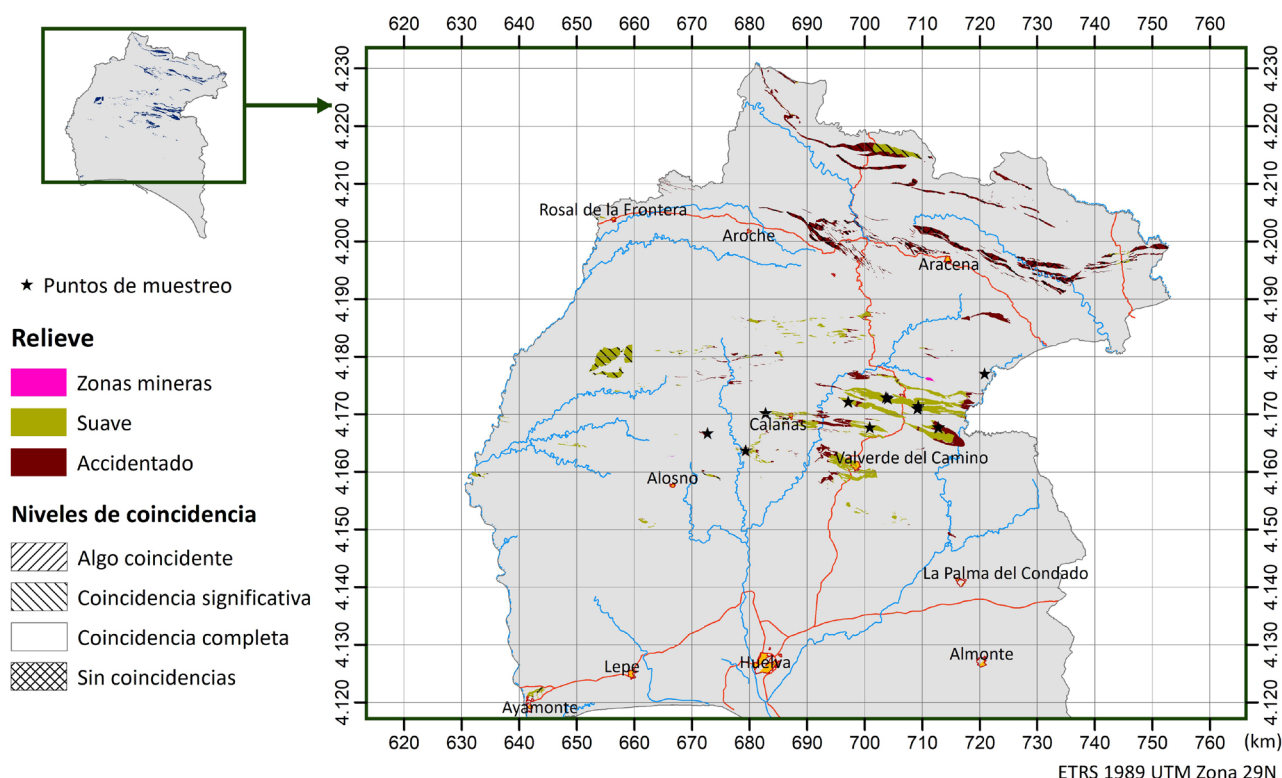


Figura 20. Localización de la unidad LtS-700 en la provincia de Huelva.

Tabla 49. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-700.

Clases	Tipos de relieve		Tipos de Clima-relieve		
	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	13.156,50	47,02	112	38,03	0,136
			122	430,83	1,54
			132	1.311,60	4,687
			212	683,11	2,441
			222	7.349,46	26,265
			232	1,10	0,004
			312	914,92	3,27
Accidentado	14.761,31	52,75	123	1.629,85	5,825
			133	6.921,00	24,734
			213	111,40	0,398

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
			223	4.292,57	15,341
			233	457,60	1,635
			313	169,53	0,606
			323	1.179,36	4,215
Zonas mineras	54,69	0,266	210	3,78	0,014
			220	60,12	0,215
<b>TOTAL</b>	<b>20.582,48</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>20.582,48</b>	<b>100</b>

Se han establecido dos grupos litoedáficos, GL-740 y GL-750. El grupo GL-740 es el dominante, al ser más frecuente, pero los dos grupos son característicos.

**Tabla 50. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 740	Prof_Util (cm)	97,8	60,0	140,0	90,0	105,6
	CRAMU (mm)	202,2	77,3	301,6	183,2	221,2
	CRADU (mm)	99,5	44,8	150,7	89,5	109,4
GL 750	Prof_Util (cm)	92,7	78,0	110,0	75,1	110,3
	CRAMU (mm)	221,0	160,3	295,1	146,5	295,4
	CRADU (mm)	119,6	82,4	154,9	80,1	159,1

**Tabla 51. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la Litofacies LtS-700. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO_resumida	FAO_Prefijo	N_perfiles	Abruptico	Crómico	Endoesquelético	Endoléptico	Escálico	Esquelético	Hiperéutrico	Ródico	Sódico
700	740	Cambisol	Endoléptico	2		1	1			1	2		2
			Háplico	4		1	1			1	4	1	4
		Luvisol	Endoléptico	4	1	1				1	3		3
			Escálico	3		1	1	1		2	3		3
	Regosol	Háplico	2		1	1			1	1		1	
		Háplico	1					1	1	1		1	
	750	Luvisol	Endoléptico	2			2					2	2
			Háplico	1		1	1					1	1
<b>Total</b>				<b>19</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>17</b>

## GL-740

Se trata del grupo más abundante dentro de la litofacies. Sus rocas características son VS-25 (lava básica dura) y VS-07 (toba o tufita verdosa blanda).

Es frecuente en estos suelos la presencia de un horizonte árgico o cámbico con texturas franco-arcillosas o más finas, que pueden generar situaciones de asfixia radicular y endurecimiento (compactación). Son suelos de pedregosidad superficial muy variable y con abundantes o frecuentes gruesos en el interior del perfil.

Son suelos profundos, en ocasiones muy profundos, y tienen unas capacidades hídras variables, de intermedias a muy altas.

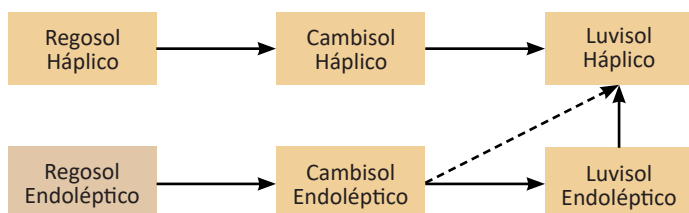
La reacción de cambio se tipifica como muy fuertemente ácida, mientras que la solución del suelo presenta valores neutros. Por lo general, los contenidos en Ca y Mg son elevados, con valores ricos y muy ricos de Ca, y muy ricos y excesivamente ricos de Mg; respecto al K, los contenidos son muy pobres y pobres. Tienen capacidades de intercambio catiónico elevadas y

el complejo de cambio se encuentra casi siempre saturado.

Se han identificado relaciones estadísticamente significativas entre la profundidad y capacidad de retención de agua de estos suelos y las siguientes variables ambientales:

- Variables de ladera: índice de humedad (CAT\_WI) y longitud de ladera (Topo\_J). Las laderas largas con pendientes en progresiva disminución favorecen el desarrollo de estos suelos.
- Variables de clima y relieve: los suelos siguen las pautas descritas en la introducción de este subepígrafe.

Los taxones edáficos son variados. En las zonas de relieve desfavorable o que han tenido usos que favorezcan la erosión aparecen regosoles háplicos; en posiciones algo más favorables o lugares mejor conservados aparecen horizontes cámbicos, que dan lugar a cambisoles háplicos y lépticos; por último, en zonas que han tenido usos estables y con orografía favorable pueden formarse horizontes de acumulación de arcilla, que dan lugar a luvisoles háplicos, lépticos o, en el caso de relieves colinados aterrazados, escálicos. Los sufijos que aparecen con más frecuencia son hiperéutrico, por la alta saturación del complejo de cambio, y esquelético, por la abundante pedregosidad que suelen presentar los perfiles en su interior.



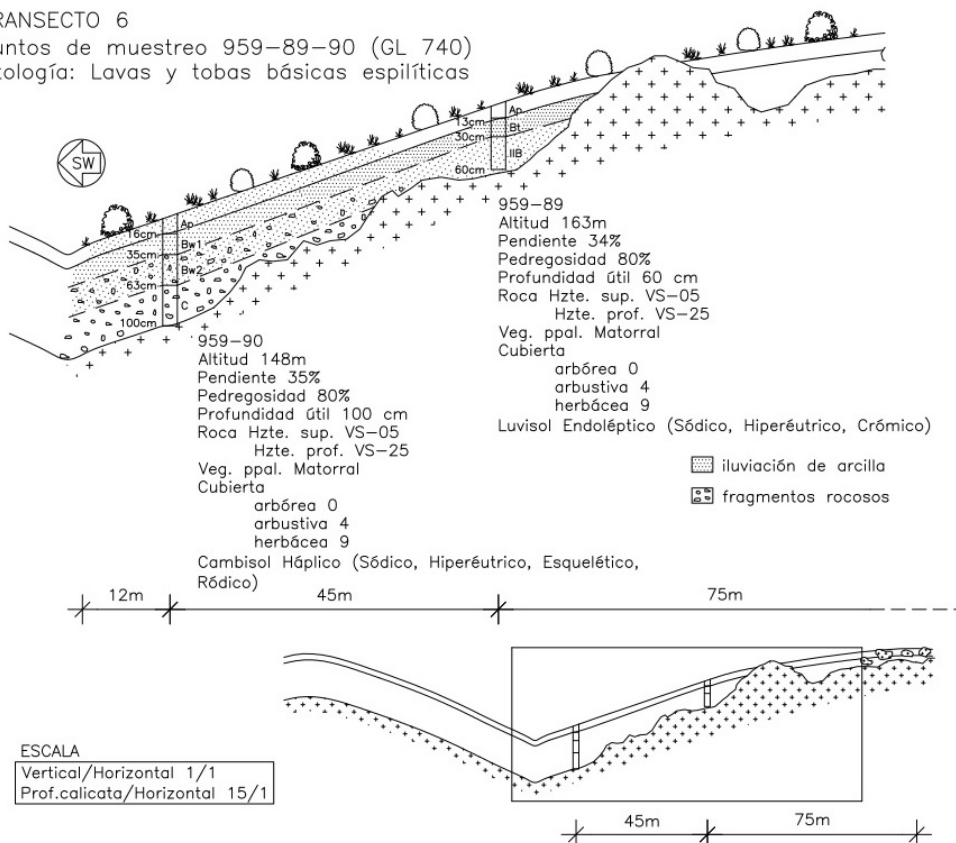
**Figura 21. Evolución probable de los suelos del GL-740. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

La aptitud forestal de estos suelos es, en general, buena a media-buena. Sus texturas pesadas pueden producir limitaciones por encharcamiento en zonas de drenaje lento

o impedido. También pueden aparecer limitaciones para algunas especies forestales por los altos contenidos en Ca-Mg.

**TRANSECTO 6**

Puntos de muestreo 959-89-90 (GL 740)  
Litología: Lavas y tobas básicas espilíticas



**Figura 22. Catena de suelos del GL 740. La profundidad de los suelos aparece influida de forma importante por el relieve.**



Fotografía 10. A la izquierda punto de muestreo 959-89, en la parte superior del transecto 6. Arriba vista general del transecto 6. Resulta característico el color marrón rojizo del suelo y los fragmentos rocosos de formas redondeadas.

TRANSECTO 52

Puntos de muestreo 938-276-277 (GL 740)

Litología: Lavas básicas (espilitas y diabasas espilitizadas) y tobas básicas esquistosas

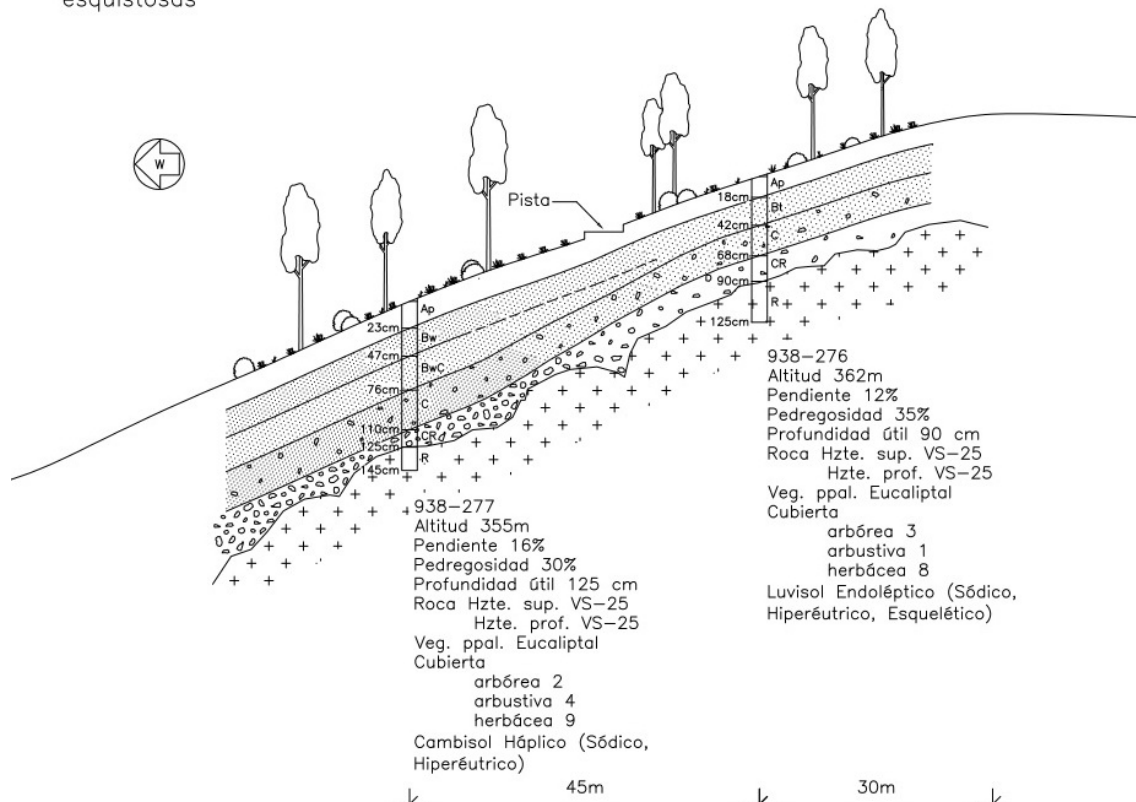


Figura 23. Transecto 52. Efecto patente del incremento de profundidad en la parte baja de la ladera; aunque es en el perfil superior donde aparece el horizonte árgico, los contenidos en arcilla son mayores en el de la parte baja.



Fotografía 11. Punto de muestreo 938-276, en la parte alta del transecto 52, con el horizonte de acumulación de arcilla a partir de 18 cm. Tanto la arcilla como la materia orgánica presentan gran estabilidad por la abundancia de cationes alcalino-térreos.

TRANSECTO 56

Puntos de muestreo 938-285-286 (GL 740)

Litología: Lavas básicas (espilitas y diabasas espilitizadas) y tobas básicas esquistosas

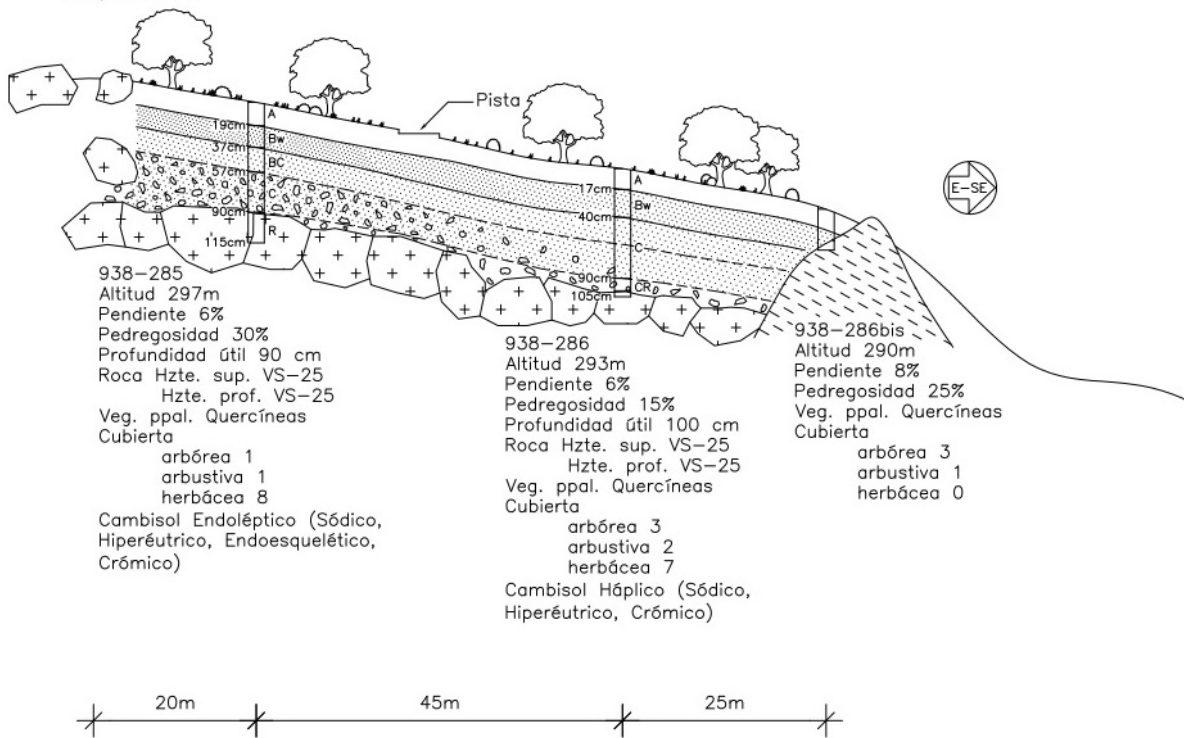


Figura 24. Transecto 56. El efecto de ladera es poco patente, probablemente por la escasa pendiente; la abundancia de cationes en las lavas básicas dificulta el movimiento de las arcillas en el perfil. La conductividad hidráulica lenta de estos perfiles dificulta el avance del frente de alteración, por lo que la profundidad útil se queda alrededor de 1 m.

Fotografía 12.  
Zona de muestreo  
correspondiente al  
transecto 56.



TRANSECTO 60

Puntos de muestreo 960-299-300 (GL 740)

Litología: Lavas básicas (espilitas y diabasas espilitizadas) y tobas básicas esquistososas

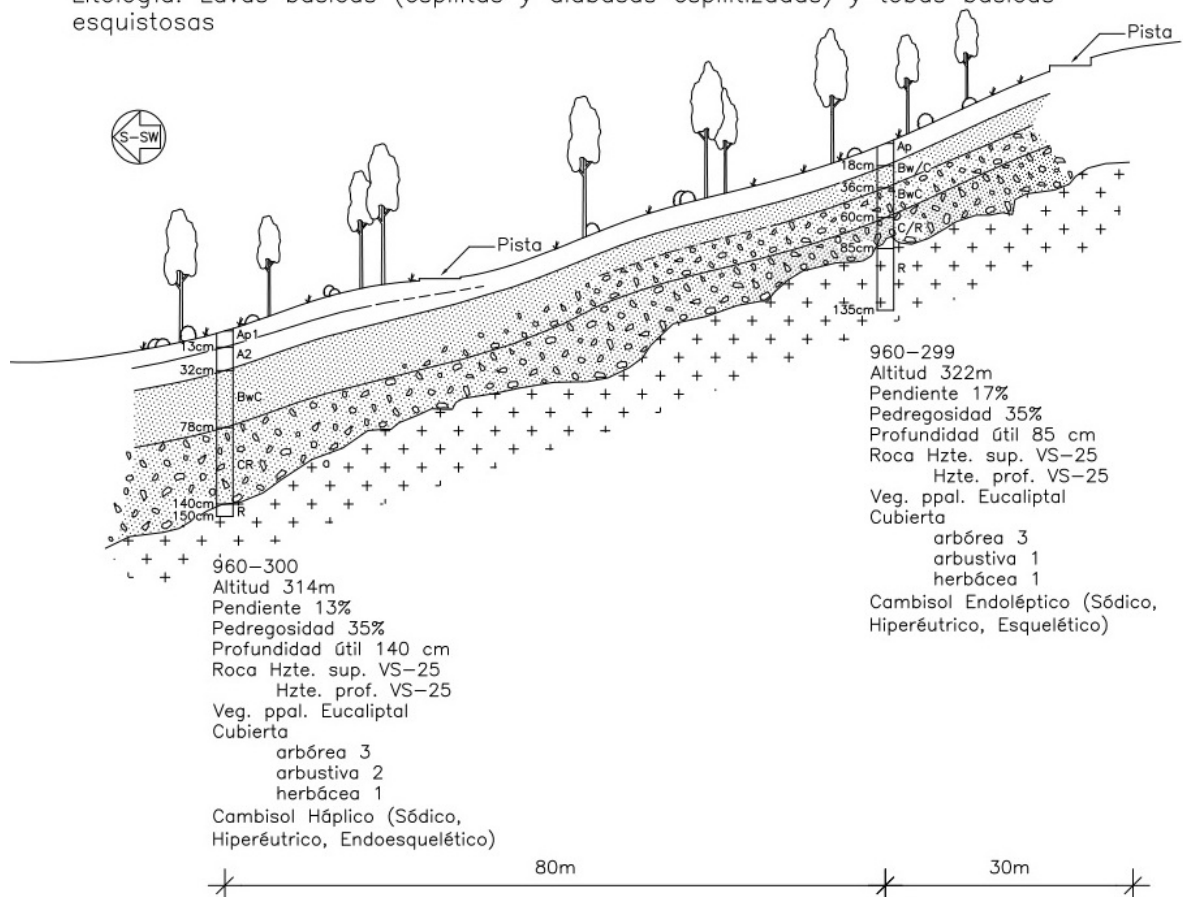
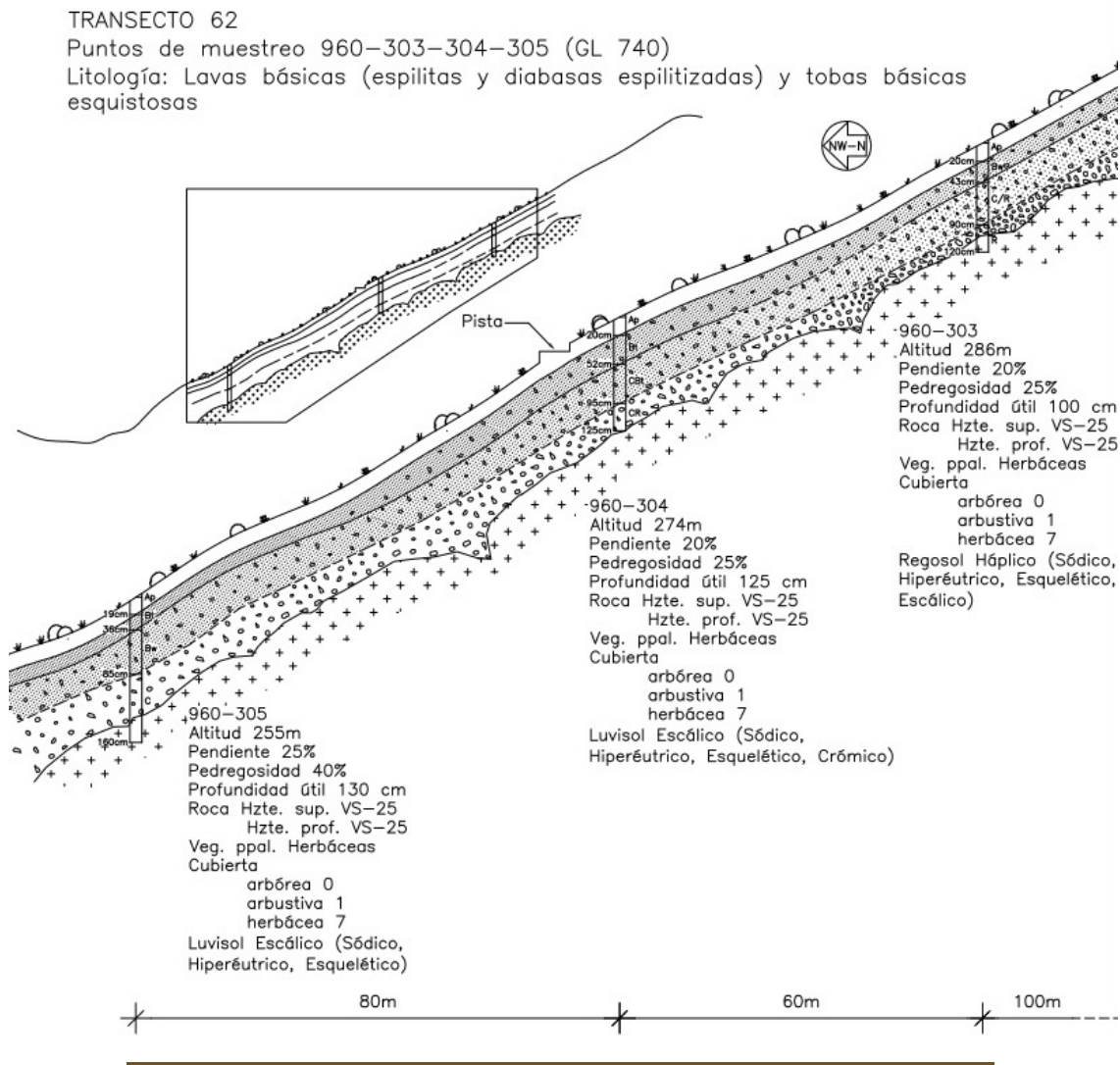


Figura 25. Transecto 60. El efecto de la ladera se aprecia en el mayor desarrollo en profundidad del perfil de la parte baja. Aunque hay acumulación profunda de arcilla, esta puede deberse a fenómenos de argillización in situ, dada la escasa movilidad de los coloides en estos suelos con abundantes bases.



**Fotografía 13. Punto de muestreo 960-300, dentro del transecto 60. La pendiente moderada permite el cultivo mediante subsolado por curvas de nivel, con lo que la modificación del perfil es muy pequeña.**



**Figura 26. Transecto 62. Ladera en la que se ha eliminado la plantación de eucaliptal sobre terreno acaballonado. El efecto de la ladera se pone de manifiesto en la formación de horizontes árgicos y en el mayor desarrollo en profundidad.**

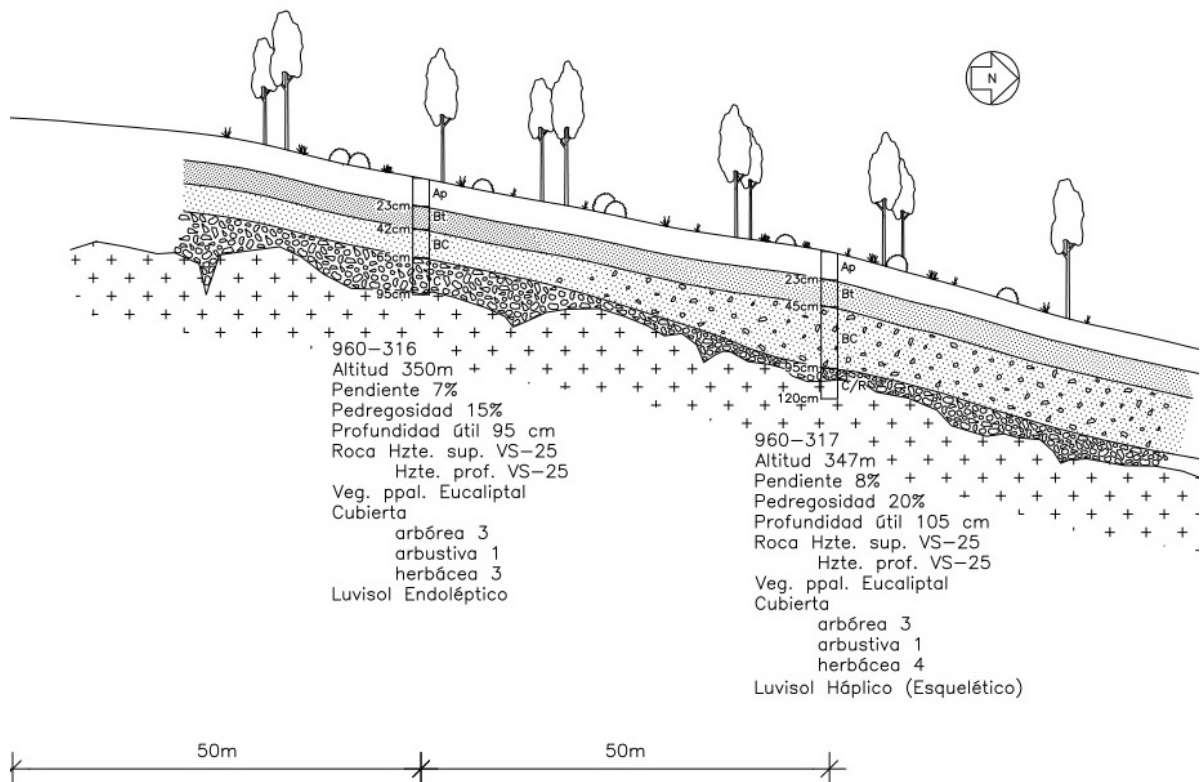
**Fotografía 14. Punto de muestreo 960-303, parte alta del transecto 62, en una zona donde había terrazas bajo eucaliptal que actualmente son poco perceptibles. La escasez de regeneración arbórea (palmitos y acebuches) y la abundancia de herbáceas son buenos indicadores del carácter arcilloso y tendencia básica del sustrato. Resulta muy característico el color marrón-rojizo (7.5YR5/8), indicador de un contenido moderado-alto en materia orgánica, unido al proceso de braunificación (Duchaufour, 1984).**



**TRANSECTO 68**

Puntos de muestreo 960-316-317 (GL 740)

Litología: Lavas básicas (espilitas y diabasas espilitizadas) y tobas básicas esquistosas



**Figura 27. Transecto 68. La pendiente suave minimiza los posibles efectos de ladera. Se trata de perfiles maduros, con horizontes árgicos bien formados, con profundidad útil cercana a 1m.**



**Fotografía 15. Punto de muestreo 960-316 en eucaliptal subsolado. Los eucaliptos vegetan moderadamente bien pues el terreno resulta de drenaje algo lento y con exceso de catión Ca, características que no les favorecen.**

## GL- 750

Es el grupo menos representativo dentro de la litofacies. Sus rocas características son VS-29 (brecha volcánica intermedia) y VS-31 (toba-violeta).

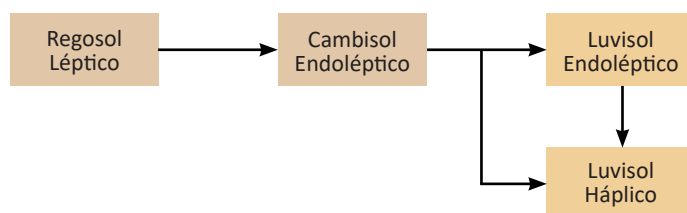
Se trata de suelos en los que es muy frecuente la presencia de un horizonte árgico. La pedregosidad superficial suele ser moderada y los gruesos en el interior del perfil son frecuentes.

Son suelos profundos y, en ocasiones, muy profundos, con unas capacidades hídricas variables, de intermedias a muy altas. Las texturas son, por lo general, medias (francas).

La reacción de cambio es muy fuertemente ácida y la solución del suelo puede variar entre

medianamente ácida y neutra. Normalmente el contenido en Ca es intermedio y muy rico en el caso del Mg; los contenidos en K son muy pobres y pobres. Tienen capacidades de intercambio catiónico elevadas casi siempre y el complejo de cambio se encuentra ligeramente saturado o saturado.

Los taxones característicos son los luvisoles endolépticos, suelos con horizonte árgico, alta capacidad de intercambio catiónico y con cierto desarrollo en profundidad. La alta saturación en bases y la frecuencia de gruesos en el interior del perfil justifican los sufijos más frecuentes, hiperéutrico y esquelético.



**Figura 28. Evolución probable de los suelos del GL-750. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

La aptitud forestal de estos suelos resulta generalmente buena; los problemas potenciales de encharcamiento y exceso de bases deben tener una frecuencia menor en este grupo, con respecto al GL-740.

TRANSECTO 59

Puntos de muestreo 960-297-298 (GL 750)

Litología: Tobas básicas esquistosas "Tobas verde - violetas"

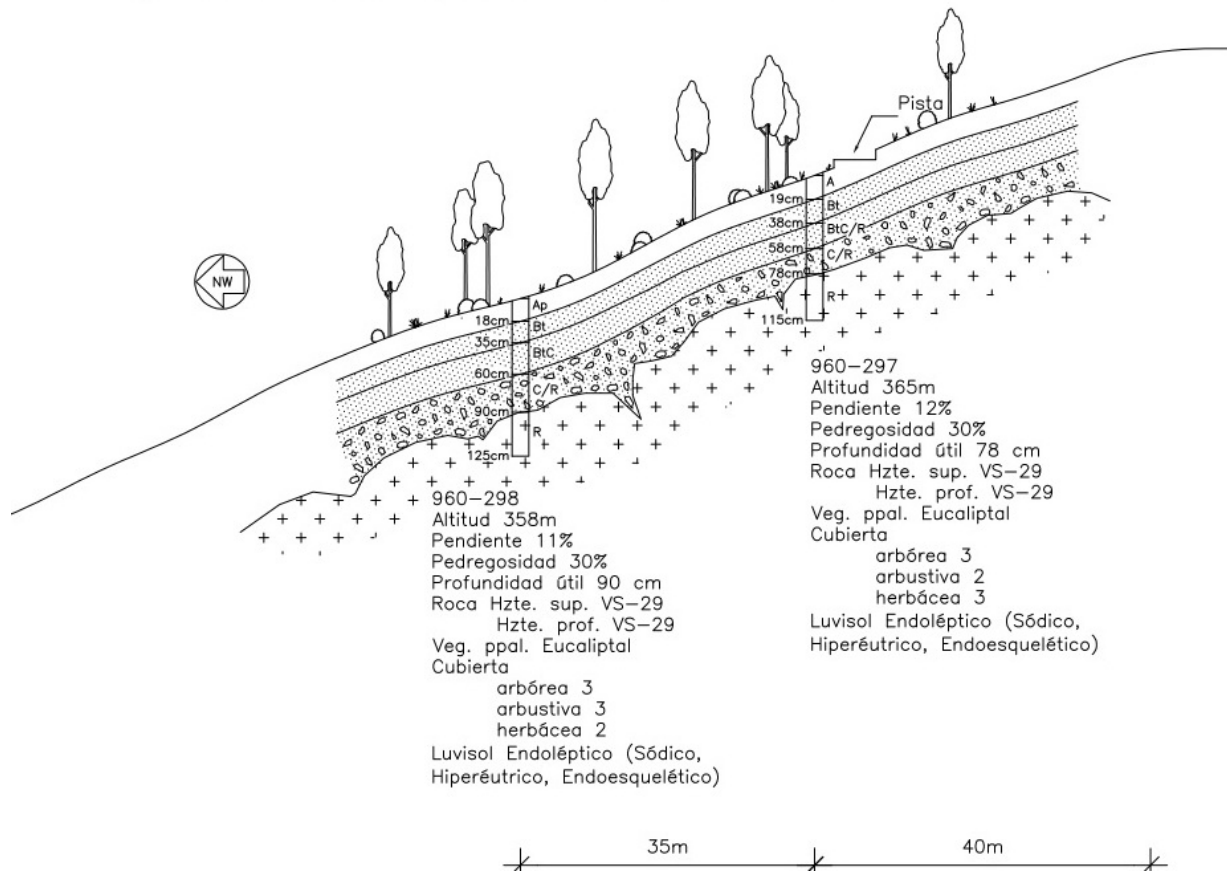


Figura 29. Transecto 59. Ladera de pendiente moderada, en la que se aprecia un ligero incremento de la profundidad útil en la parte baja, con mayores disponibilidades de agua.

Fotografía 16.  
Transecto 59,  
muestreado en  
un eucaliptal  
subsulado.



### 3.3.6 Suelos sobre materiales de metamorfismo de contacto. Unidad LtS-800

Suelos sobre materiales afectados por metamorfismo de contacto; principalmente las rocas afectadas por este metamorfismo son pizarras, filitas, grauwacas y cuarcitas. Dado que sólo aparecen en los contactos con otros materiales, la extensión superficial de estas formaciones es muy reducida, sólo alcanza el 0,76% de la provincia. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad

pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-800 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 30. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 52. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.

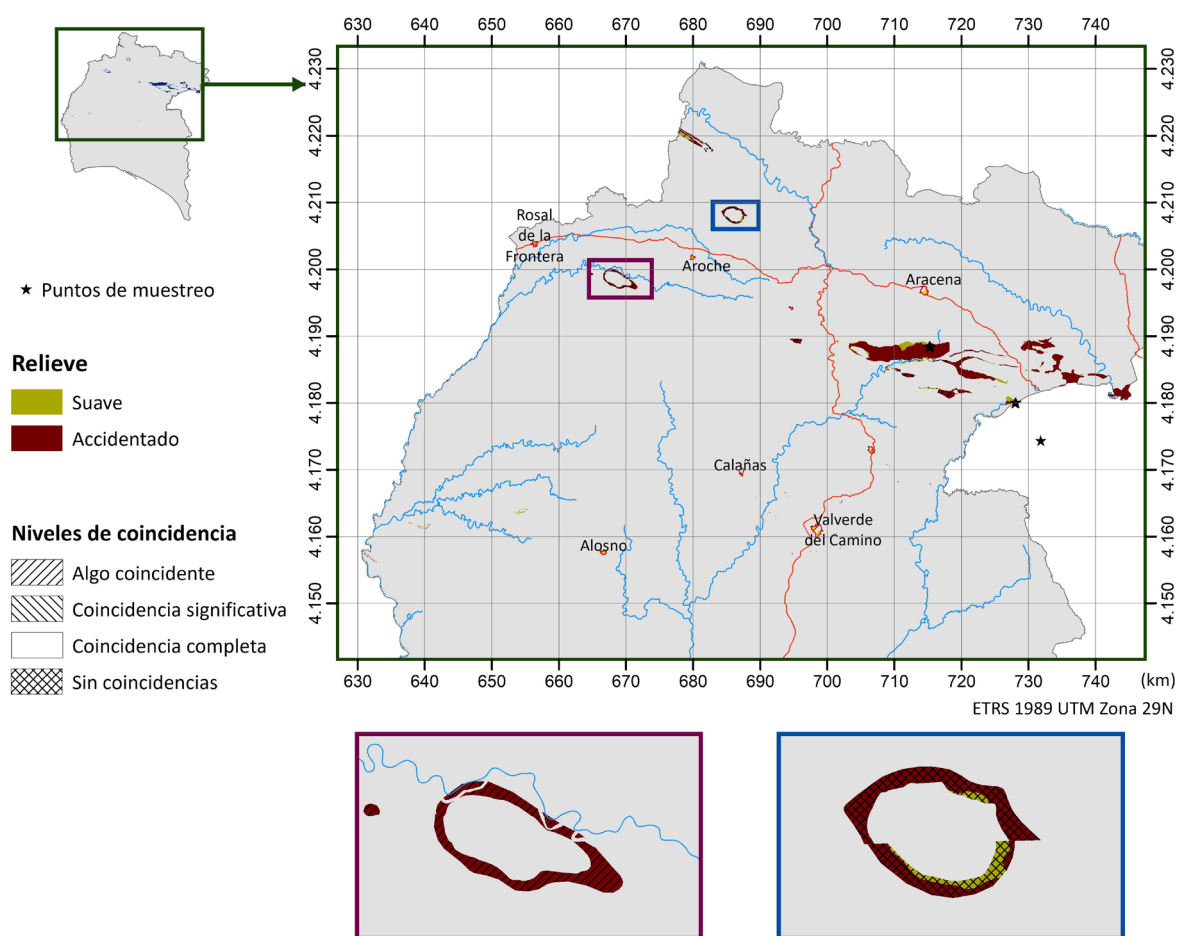


Figura 30. Localización de la unidad LtS-800 en la provincia de Huelva.

Tabla 52. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-800.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	4.229,8	20,55	122	80,35	1,047
			132	371,98	4,848
			212	29,71	0,387
			222	197,88	2,579
			232	64,95	0,847
			312	22,78	0,297
			322	24,70	0,322
			123	604,43	7,878
			133	2.400,79	31,291

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Accidentado	16.297,99	79,184	213	484,64	6,317
			223	1.599,69	20,849
			233	992,64	12,937
			313	18,28	0,238
			323	779,80	10,163
<b>TOTAL</b>	<b>7.672,62</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>7.672,62</b>	<b>100</b>

Se diferencian dos grupos litoedáficos, el GL-840, con mayor presencia, y el GL-850. Sus características edáficas se describen a continuación.

**Tabla 53. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 840	Prof_Util (cm)	106,3	95,0	120,0	95,5	117,0
	CRAMU (mm)	237,9	122,5	332,7	161,4	314,3
	CRADU (mm)	126,9	65,1	168,1	87,2	166,6
GL 850	Prof_Util (cm)	88,3	55,0	120,0	52,9	123,7
	CRAMU (mm)	119,5	62,5	164,8	62,7	176,3
	CRADU (mm)	70,3	36,8	99,2	36,0	104,5

*Nota: el valor de la media del GL-850 difiere del que se da para las UC en la sección anterior, porque se ha obtenido sin excluir los perfiles atípicos.*

**Tabla 54. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-800. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO resumida	FAO Prefijo	N_perfiles	Abrúptico	Crómico	Endosódico	Epidístrico	Episíltico	Esquelético	Hiperdístrico	Húmico	Profúndico	Ródico	Síltico	Sódico
800	840	Alisol	Endoléptico	2		2				2	2	2			2	
			Háplico	2	2		1		2	2						
	850	Luvisol	Háplico	2	1		1	1	2		1	1	1	1	1	1
			Regosol	1					1							
<b>Total</b>				<b>7</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>

## GL- 840

Este grupo se ha muestreado sobre "Metamorfismo de contacto sobre grauwacas y pizarras"; su roca característica es MT-07 (Pizarra metamórfica).

Son suelos de pedregosidad superficial escasa o moderada, de frecuentes a abundantes gruesos en el interior del perfil, con clara tendencia a formar horizontes de acumulación de arcilla.

Poseen textura media-fina (entre franca y franco-arcillosa) y son de profundos a muy profundos, con capacidades hídricas muy variables.

La reacción de cambio se tipifica como muy extremadamente ácida, siempre con valores por

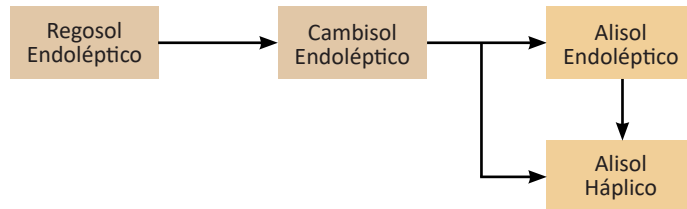
debajo de 4, mientras que la solución del suelo presenta valores que varían de muy fuertemente ácidos a medianamente ácidos. Por lo general presentan valores de extremadamente pobres a muy pobres de Ca, muy pobres en Mg y pobres a medios en K. Tienen capacidades de intercambio catiónico intermedias y el complejo de cambio se encuentra muy insaturado.

Aparte de la roca madre, el único factor ambiental con una influencia estadísticamente significativa sobre estos suelos es la longitud de ladera, en concreto el Índice combinado de longitud de ladera (variable Topo\_J, véase Anejo 1), que favorece la presencia de perfiles más

desarrollados en las partes medias-bajas de las laderas, como se puede apreciar en las figuras de transectos que se acompañan.

Taxonómicamente, estos suelos se ven influenciados por la formación de horizontes árgicos y una roca madre pobre en cationes, que

da lugar a alisoles háplicos y endolépticos. Los sufijos más frecuentes son: húmico, por el alto contenido en materia orgánica que presentan los horizontes de superficie; hiperdístrico, debido a la fuerte desaturación; síltico, por la abundancia de limo, y crómico, por las coloraciones rojizas.



**Figura 31. Evolución probable de los suelos del GL-840. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

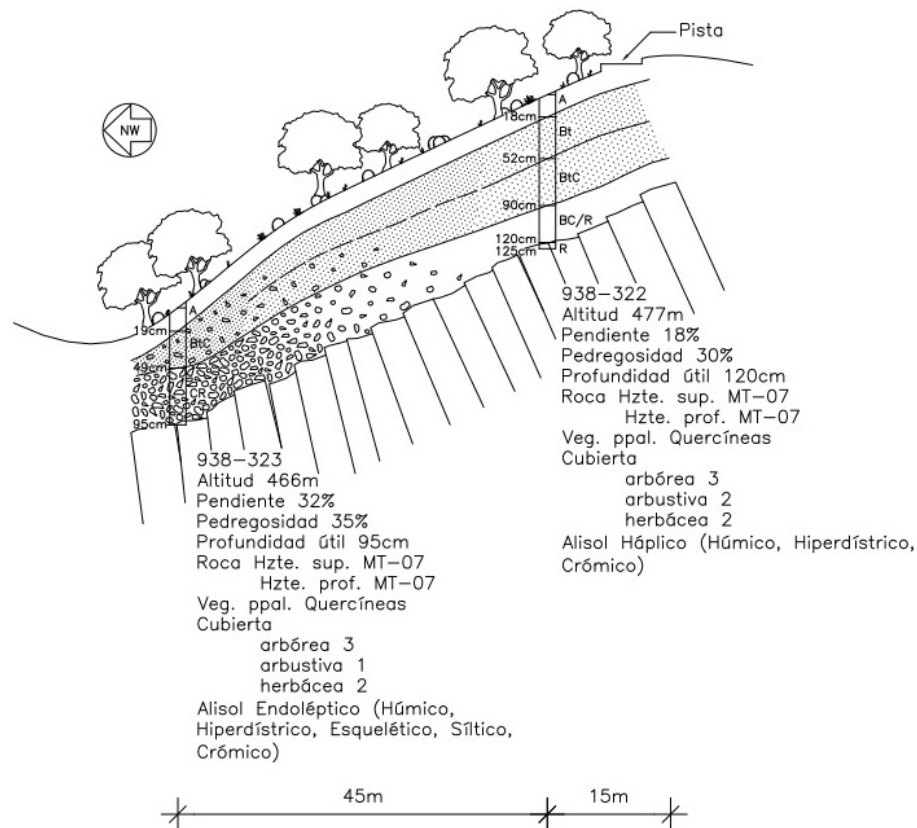
Buena aptitud forestal en general. La roca pizarrosa se halla muy fisurada en profundidad y los sistemas radicales pueden acceder hasta zonas muy profundas del perfil, lo cual compensará en parte el exceso de pedregosidad existente. Su principal limitación pueden ser los bajísimos contenidos en bases y, en

consecuencia, la fuerte acidez, que puede hacer disponibles elementos tóxicos como el Al. Cuando aparecen altos contenidos en limo estos suelos pueden resultar algo sensibles a la erosión, aunque en general el contenido en materia orgánica es elevado, que desempeñará una función protectora.

TRANSECTO 70

Puntos de muestreo 938-322-323 (GL 840)

Litología: Metamorfismo de contacto sobre Grauwacas y pizarras



**Figura 32. Transecto 70. El efecto positivo de mayor disponibilidad de agua en la parte baja de la ladera se ve contrarrestado por el abarrancamiento ligero que sufre la zona donde se encuentra el perfil 938-323, que debe ocasionar episodios erosivos periódicos que impiden el engrosamiento del horizonte subsuperficial.**

Fotografía 17. Muestreo 938-323, parte baja del transecto 70, ligeramente en fondo de barranco.



TRANSECTO 71

Puntos de muestreo 938-324-325 (GL 840)

Litología: Metamorfismo de contacto sobre Grauwacas y pizarras

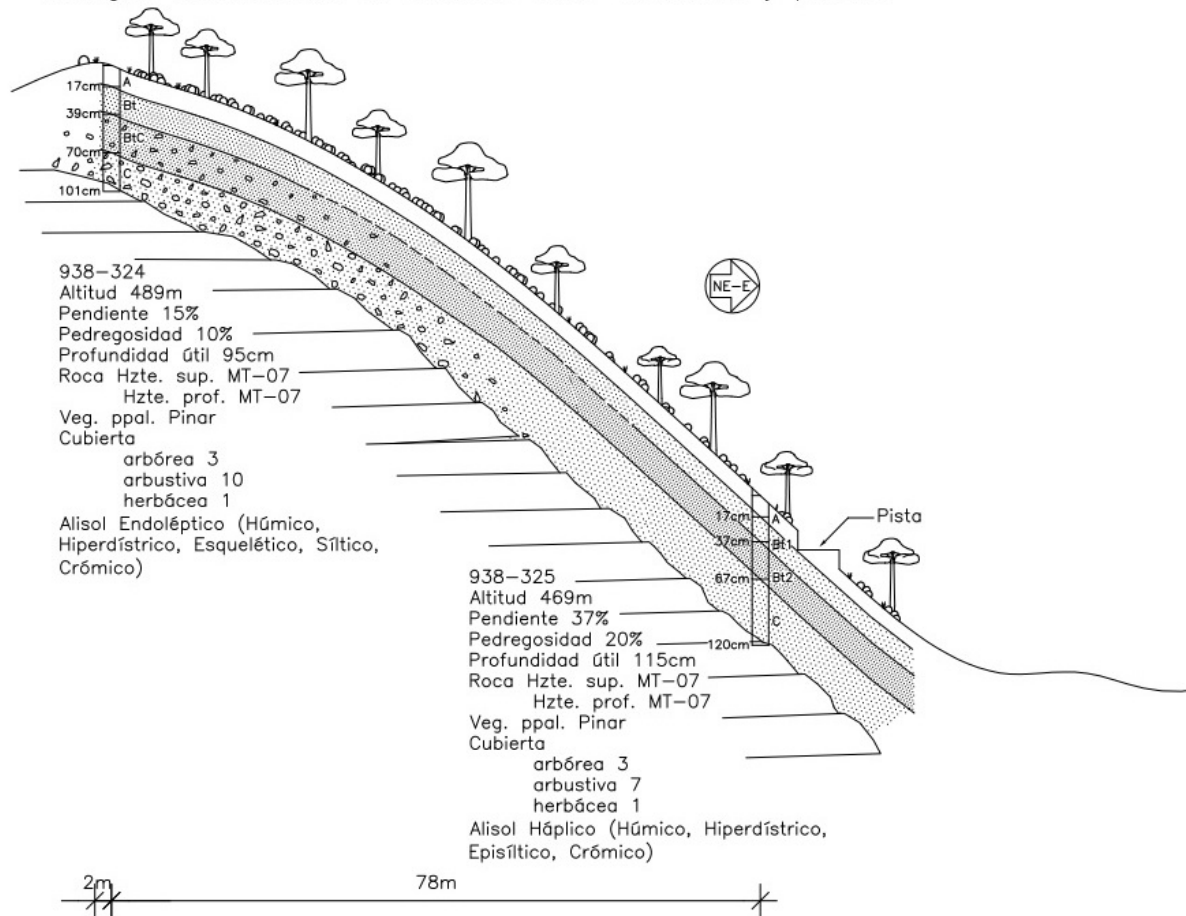
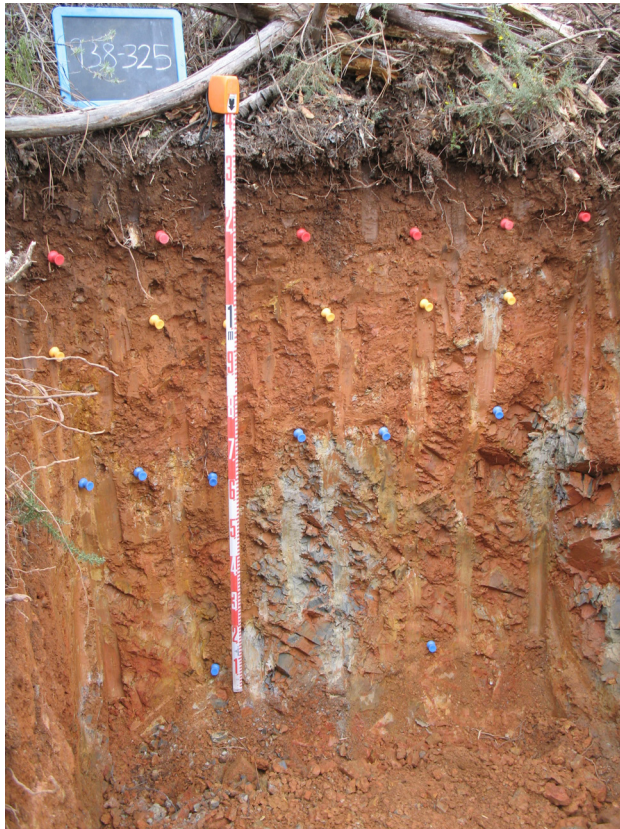


Figura 33. Transecto 71. El efecto de ladera queda patente en esta catena; a pesar de la fuerte pendiente, el perfil situado en la parte baja de la ladera presenta un mayor desarrollo en profundidad, formación de horizontes árgicos y contenido en tierra fina.



**Fotografía 18. Perfil 938-325, localizado en la parte baja del transecto 71. Puede apreciarse el aspecto compacto (arcilloso) de los horizontes de profundidad y el carácter humífero del de superficie.**

## GL-850

Los muestreos de este grupo se localizan sobre pizarras y filitas mosqueadas; sus rocas características son MT-08 (Corneana gris) y MT-09 (Arenisca metamórfica).

Son suelos de pedregosidad superficial moderada y abundantes gruesos en el interior del perfil, con formación de horizontes de acumulación de arcilla.

Poseen textura media (franca) y son de profundos a muy profundos, con capacidades hídricas intermedias.

La reacción de cambio se tipifica como variación entre extremadamente ácida y muy fuertemente ácida, mientras que la solución del suelo presenta

valores medianamente ácidos. Por lo general presentan valores de pobres a intermedios de Ca, de intermedios a muy ricos en Mg y muy ricos a intermedios en K. Tienen capacidades de intercambio catiónico intermedias y el complejo de cambio se encuentra ligeramente saturado.

En este caso, los taxones característicos son los luvisoles háplicos, al aportar la roca madre más cantidad de cationes que en el grupo anterior y desarrollarse también horizontes árgicos.

Buena aptitud forestal, con menos limitaciones que el GL-840, aunque también presentan importantes variaciones que pueden explicarse, en parte, por el uso y la posición en la ladera.

### 3.3.7 Suelos sobre rocas pizarrosas de facies Culm. Unidad LtS-1100

Esta unidad está formada por rocas sedimentarias del Carbonífero; la facies más representada es "Pizarras y grauwacas con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites". Se trata de una de las LtS mayoritarias en la provincia, con un 15% del total provincial. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad

pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-1100 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 34. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 55. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las

zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5

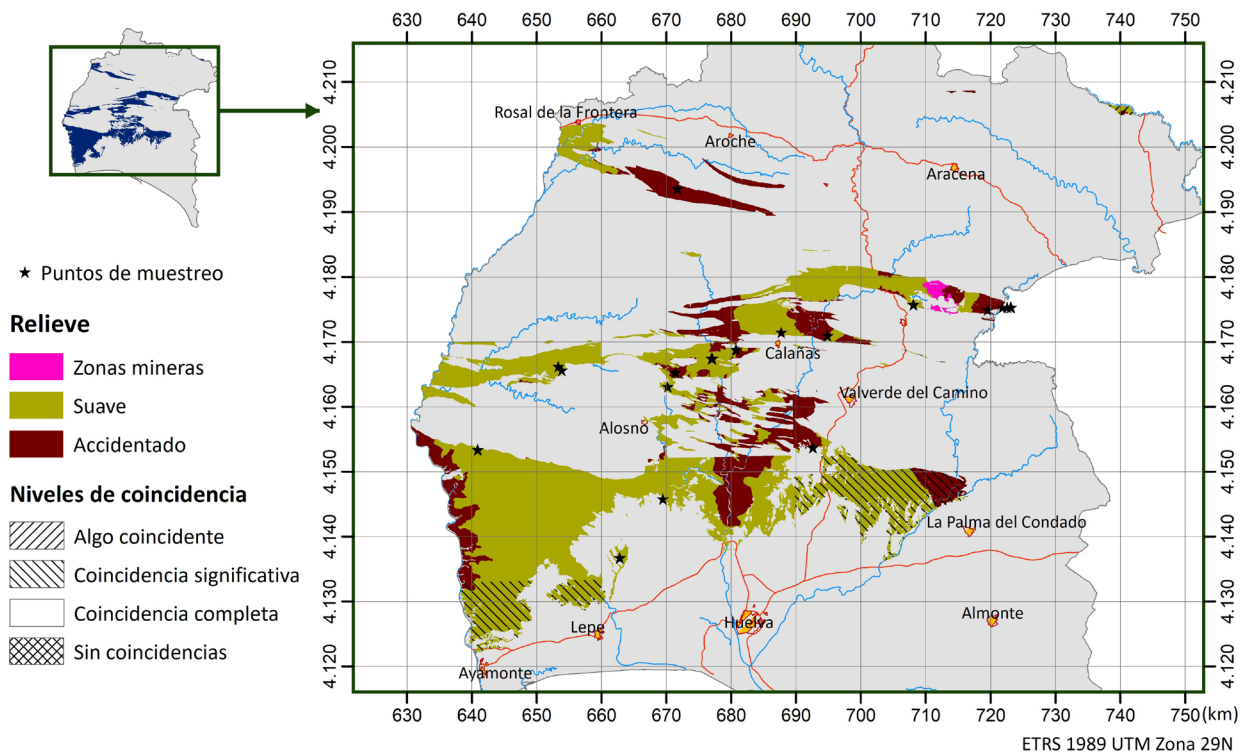


Figura 34. Localización de la unidad Lts-1100 en la provincia de Huelva.

Tabla 55. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad Lts-1100.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	111.762,79	75,05	112	4.502,09	3,023
			122	5.007,3	3,362
			132	165,48	0,111
			212	13.148,94	8,83
			222	5.473,02	3,675
			232	3,83	0,003
			312	83.394,02	55,999
Accidentado	36.213,75	24,32	322	68,09	0,046
			113	198,9	0,134
			123	2.884,11	1,937
			133	2.861,16	1,921
			213	3.047,91	2,047
			223	5.768,48	3,874
Zonas mineras	943,9	0,63	313	20.260,3	13,605
			323	1.192,91	0,801
<b>TOTAL</b>	<b>148.920,44</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>148.920,44</b>	<b>100</b>

Se han establecido dos grupos litoedáficos, GL-1140 y GL-1150. El grupo GL-1150 es el dominante, mientras que el otro se considera como menos frecuente.

La diferenciación de grupos en estas litofacies no queda muy clara, pues hay una importante

zona de transición. Las diferencias que se aprecian entre PZ-04 y PZ-01 podrían indicar un mayor grado de meteorización sobre materiales similares. Sobre estas diferencias también pueden tener una influencia importante los esfuerzos tectónicos y el buzamiento de la ladera.

**Tabla 56. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 1140	Prof_Util (cm)	87,4	50,0	126,0	76,3	98,5
	CRAMU (mm)	226,4	84,4	437	172,2	279,8
	CRADU (mm)	106	40,6	194,5	84,8	126,8
GL 1150	Prof_Util (cm)	49,7	15,0	105,0	46,6	60,5
	CRAMU (mm)	77,0	21,9	239,1	67,9	97,2
	CRADU (mm)	41,2	12,0	128,3	36,3	51,8

*Nota: en la LtS 1200 aparece un perfil asignado al GL-1150 por su roca y sus características, que ha quedado incluido en estos estadísticos.*

**Tabla 57. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-1100. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO grupo	FAO_Prefijo	N_perfiles	Cláyico	Crómico	Dístrico	Epidístrico	Epiesquelético	Epiéutrico	Esquelético	Éutrico	Hiperdístrico	Hiperéutrico	Húmico	Ortoéutrico	Profóndico	Rúptico	Síptico	Sódico	Stágico		
1100	1140	Acrisol	Endoléptico	1		1					1								1				
		Alisol	Endoléptico	1																			
		Cambisol	Endoléptico	1								1	1								1	1	
			Háplico	1								1					1				1	1	
		Lixisol	Háplico	1	1	1																	
		Luvisol	Endostágico	1		1									1			1					1
			Léptico	1						1					1								1
	Regosol	Endoléptico	2								2	1									1	2	
		Háplico	1			1					1				1						1		
	1150	Alisol	Endoléptico	3		3						3	3	2							1		
			Háplico	2		1						1											
		Cambisol	Endoléptico	1								1	1	1							1		
			Háplico	2			1					2											1
		Leptosol	Háplico	2			1					2											1
			Hiperesquelético	2																			
		Luvisol	Endoléptico	1								1			1				1				1
			Epiléptico	3				3				1				1							2
		Regosol	Endoléptico	2			1					2				1							
	Epiléptico		5			2		1	1	3	1	3	1	1	1							2	
	Háplico		1								1	1										1	
<b>Total</b>				<b>32</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>22</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>14</b>	<b>1</b>		

*Nota: el perfil de la LtS 1200 asignado al GL-1150 no se tiene en cuenta en esta tabla.*

## GL-1150

Se trata del grupo dominante dentro de la litofacies. Su roca característica es PZ-04 (Pizarra gris verdosa).

Los suelos son de pedregosidad frecuente o abundante en el interior del perfil y muy variable en superficie. Las texturas suelen ser intermedias (francas), a veces con horizontes de acumulación de arcilla. Su profundidad es de intermedia a somera y las capacidades de retención de agua son de bajas a muy bajas. Estas propiedades

pueden tener notables variaciones espaciales ya que, en las laderas de buzamiento inverso, las pizarras producen salientes que forman embolsamientos de tierra; a esto se debe añadir la abundancia de fisuras que presentan estas rocas anisótropas, que ponen a disposición de la vegetación pequeños volúmenes de suelo, ricos en agua y nutrientes.

Tienen reacción de cambio de extremada a muy fuertemente ácida, mientras que en la solución

del suelo puede variar entre muy fuertemente ácida y neutra. La riqueza en Ca se califica entre extremadamente pobre e intermedia; en Mg de muy pobre a intermedia; son variados los contenidos en K, aunque este último nutriente puede provenir, en parte, de fertilización. La capacidad de intercambio catiónico varía de baja a intermedia y la saturación en bases es muy variable.

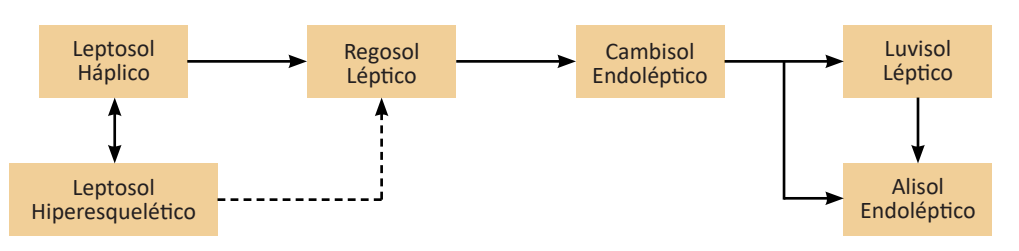
El grupo presenta variaciones estadísticamente significativas frente a las variables ambientales siguientes:

- Variables de ladera: principalmente el índice de humedad (CAT\_WI, véase Anejo 1). Los suelos mejoran en profundidad y capacidad hídrica sobre posiciones medias o bajas en la ladera, especialmente cuando la pendiente comienza a disminuir.
- Variables climáticas y variable clima-relieve: existe una relación respecto de estas variables, tal como se ha descrito en la introducción de

este subcapítulo.

Los taxones característicos son los regosoles lépticos, por su escaso desarrollo en profundidad y su rocosidad, siendo muy frecuente el sufijo esquelético. Los regosoles pueden evolucionar a cambisoles, lépticos también, aunque con frecuencia esta etapa será poco perceptible, por las condiciones favorables para la rápida formación del horizonte árgico, que producirá la aparición de alisoles endolépticos (siempre esqueléticos). Cuando el lavado de bases no es tan fuerte el horizonte árgico forma luvisoles lépticos (generalmente esqueléticos) (Figura 35).

En partes altas de ladera u otras condiciones de desgaste extremo pueden aparecer leptosoles, suelos muy someros y pedregosos. Estas condiciones se deben, principalmente, a la degradación de la cubierta vegetal por fuegos y pastoreo, lo que puede llevar a un círculo vicioso de erosión continua del que no puede salir salvo que se realicen actuaciones restauradoras.



**Figura 35.**  
Evolución probable de los suelos del GL-1150.

En resumen, la aptitud forestal de los suelos del GL-1150 se presenta como baja, aunque puede llegar a ser media-baja en laderas en las que la inclinación de los estratos sea favorable a la entrada del agua. Estas condiciones hacen que la roca se muestre más friable, lo que facilita la entrada de las raíces de los árboles o de los rejonos del subsolador. También el buzamiento

inverso proporciona una mayor sujeción del suelo sobre la ladera y favorece la formación de embolsamientos profundos. La sensibilidad de estos suelos a la erosión es media, se muestran más erosionables después del laboreo, pues esta actuación elimina en parte la cubierta superficial de piedras que recubre el suelo.

TRANSECTO 1

Puntos de muestreo 959-64 (GL 1150) y 959-65 (GL 1140)

Litología: Pizarras y algunas grauwacas con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites

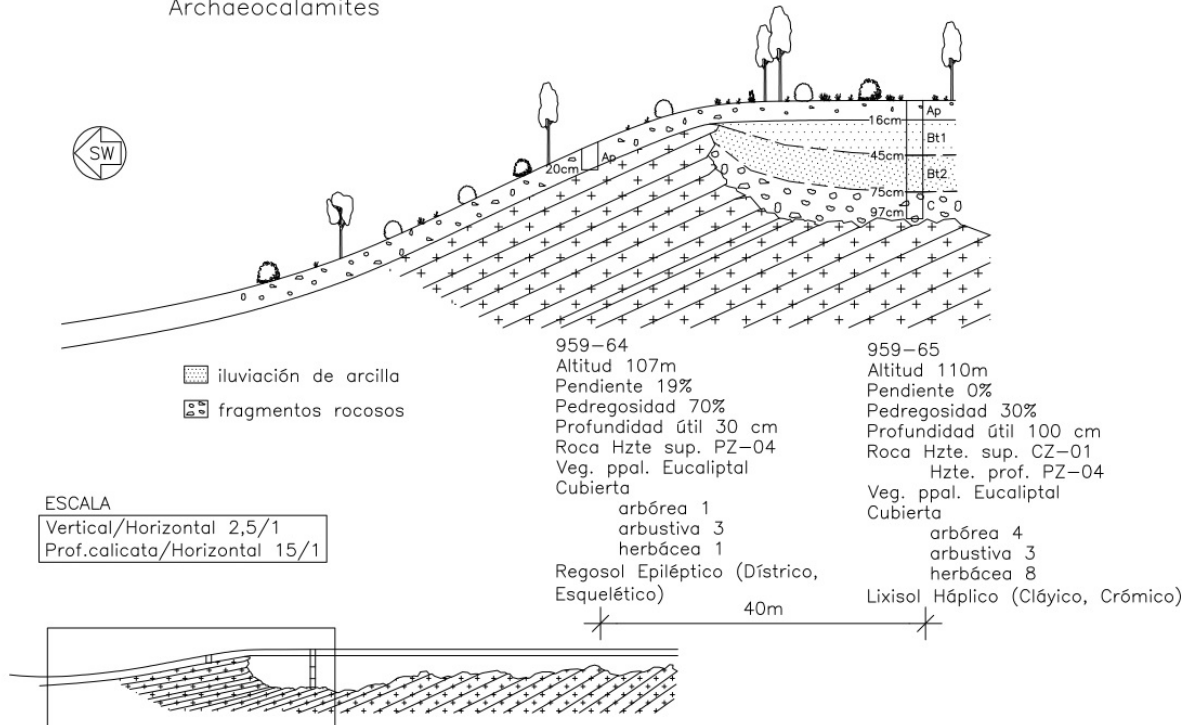


Figura 36. La cubeta formada por los movimientos tectónicos sobre las pizarras de la LtS 1100 ha permitido la retención de depósitos de materiales del Terciario Superior y de inicios del Cuaternario, formándose suelos muy antiguos y evolucionados, no sometidos al rejuvenecimiento continuo que imponen las laderas.



Fotografía 19. Sorprendente contraste del transecto 1. Arriba: puede apreciarse el buzamiento de los estratos de roca aflorante, subparalelo a la dirección de la pendiente. Derecha: perfil de suelo construido a partir de los depósitos en la cubeta formada por las pizarras; su aspecto es similar al de un suelo de campiña.

TRANSECTO 11

Puntos de muestreo 959-103-104-105 (GL 1150)

Litología: Pizarras y algunas grauwacas con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites

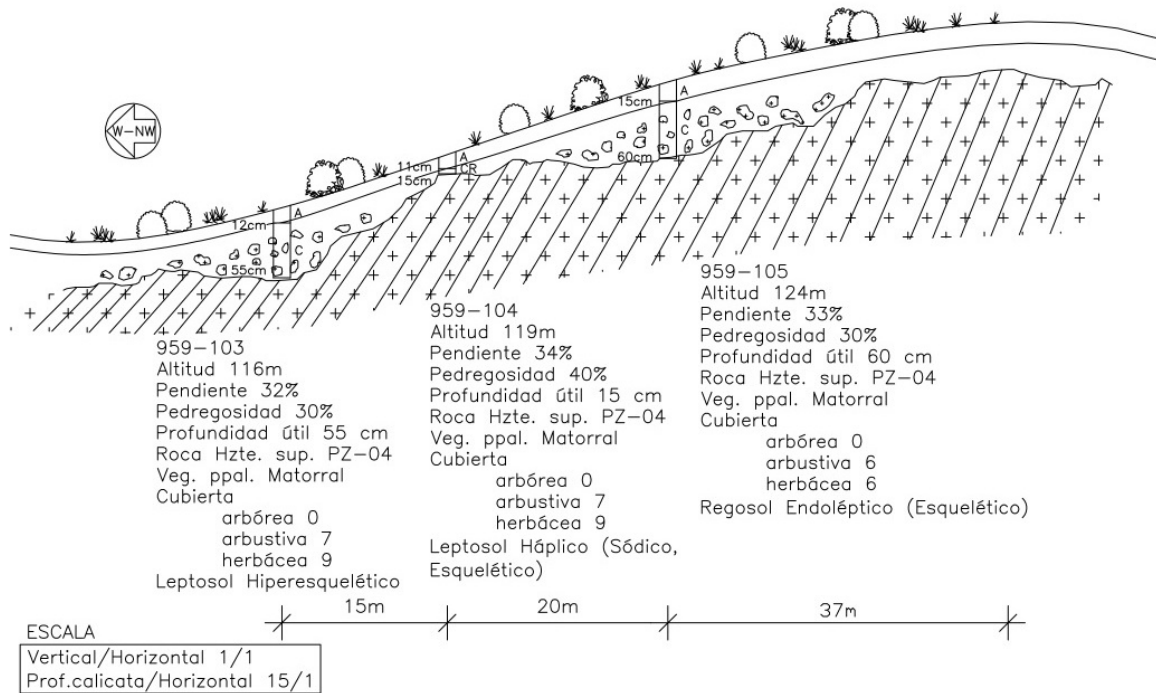


Figura 37. Catena de suelo sobre GL-1150. Sobre esta litofacies la profundidad del suelo está influida por el buzamiento (inclinación de los estratos geológicos) y el microrrelieve de la superficie de la roca.



Fotografía 20. Punto de muestreo 959-103, parte baja del transecto 11. Se aprecia el carácter somero y pedregoso de estos suelos (Leptosol Hiperesquelético).

TRANSECTO 24

Puntos de muestreo 959-177-178 (GL 1150)

Litología: Pizarras y algunas grauwacas con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites

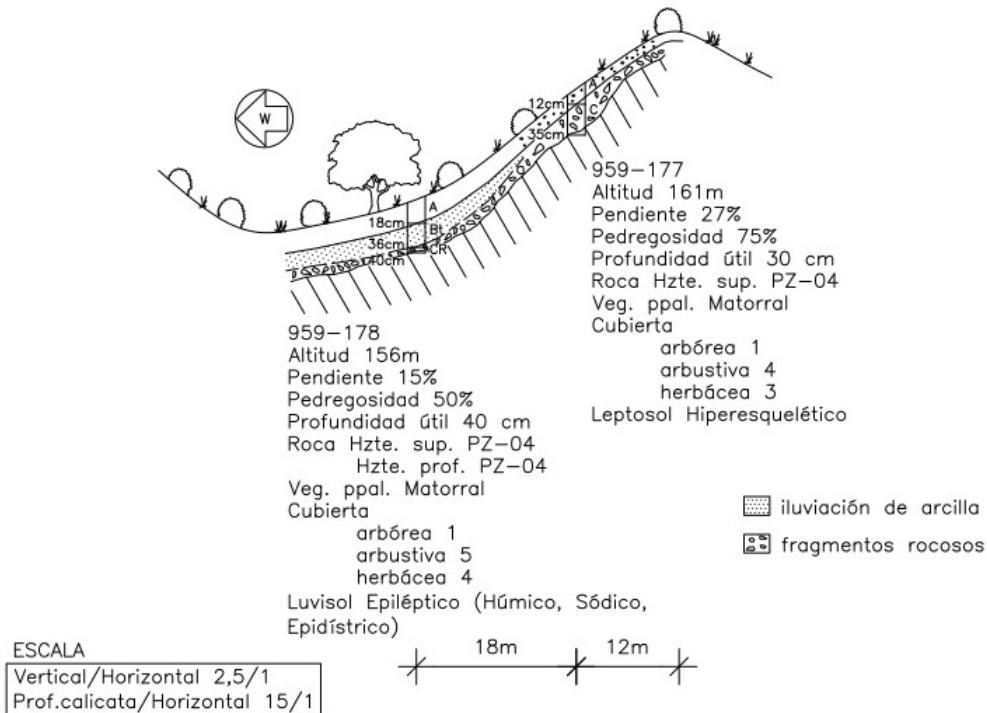


Figura 38. Catena de suelos del GL-1150. La longitud de ladera y la curvatura vertical del terreno influyen sobre la formación del horizonte árgico.

TRANSECTO 45

Puntos de muestreo 958-256 (GL 1240) y 958-257-258 (GL 1150)

Litología: Pizarras y grauwacas con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites

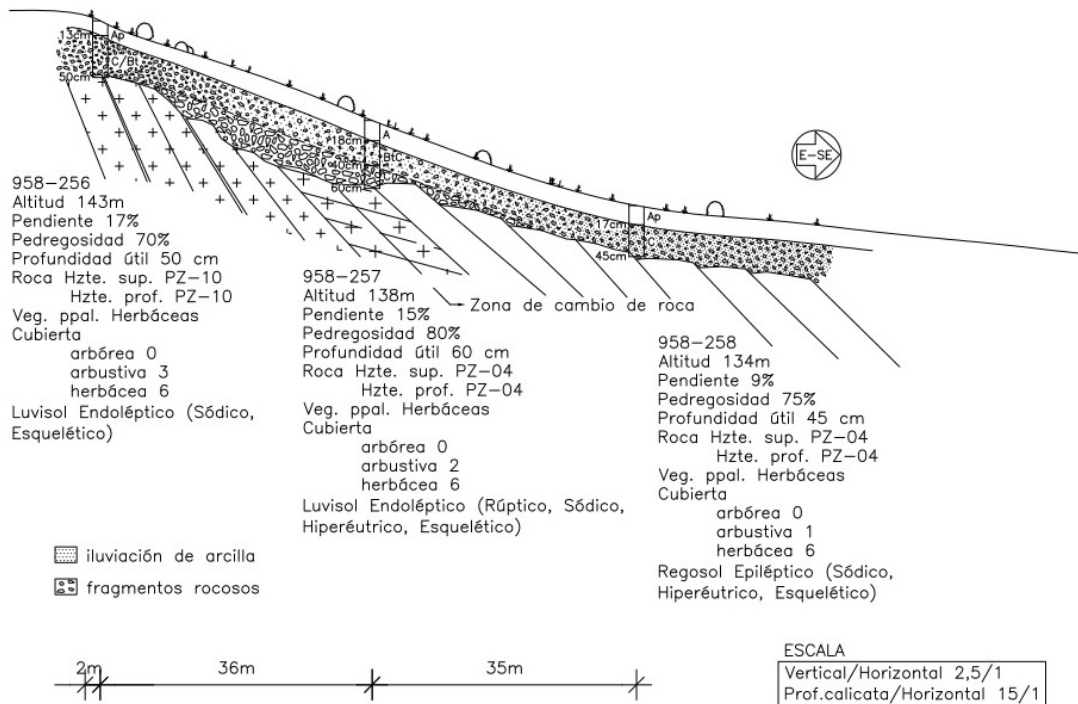


Figura 39. Transecto 45. Ladera con alternancia de pizarras y grauwacas sometida a cultivo agrícola marginal. Tanto las rocas como el uso del suelo sobre esta pendiente son poco favorables a la formación del suelo, que resulta somero y pedregoso en todo el transecto.

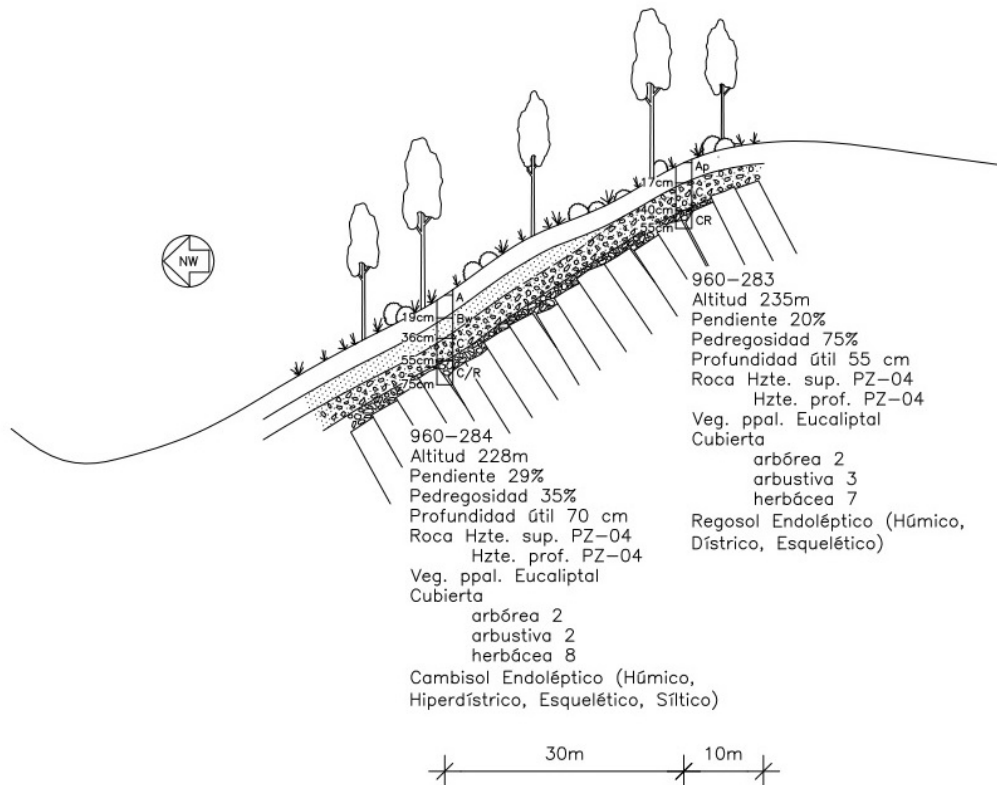


**Fotografía 21. Transecto 45. La combinación del uso del suelo con una pendiente elevada para el cultivo agrícola, generan un rejuvenecimiento continuo del suelo, que se manifiesta en su elevada pedregosidad superficial.**

TRANSECTO 55

Puntos de muestreo 960-283-284 (GL 1150)

Litología: Pizarras basales con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites



**Figura 40. Transecto 55. El efecto de ladera queda claramente puesto de manifiesto en esta catena, en la que el suelo de la zona media es menos pedregoso, más profundo y más evolucionado en general.**



Fotografía 22.  
Transecto 55,  
punto de muestreo  
960-284.

TRANSECTO 58

Puntos de muestreo 938-294-295 (GL 1150)

Litología: Pizarras y grauwacas con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites

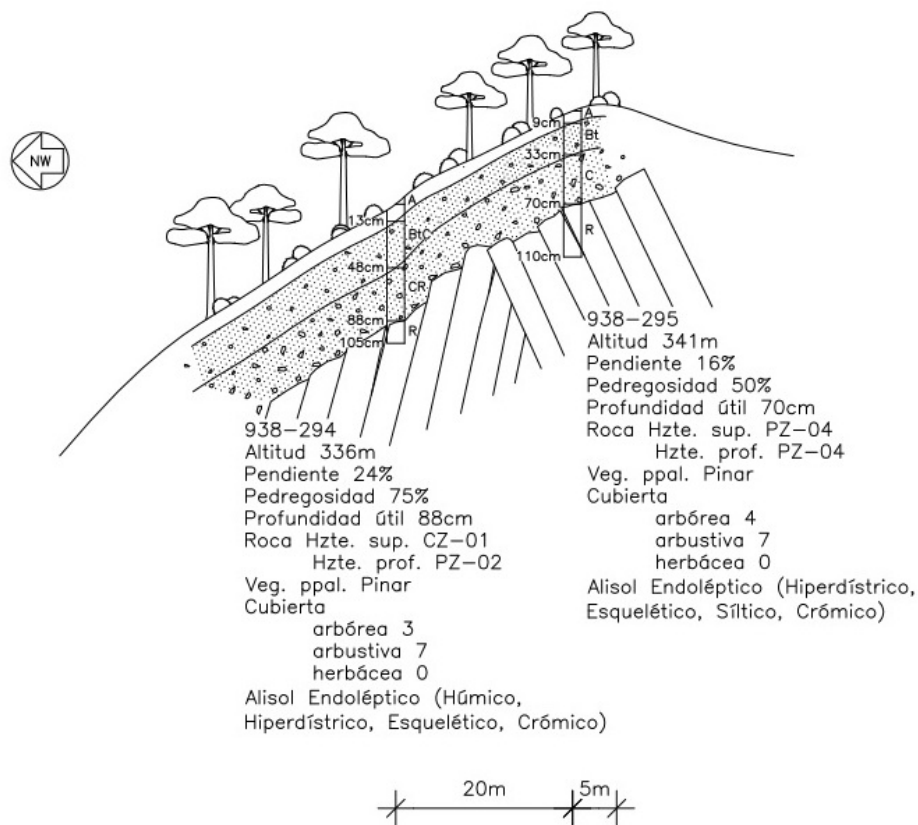


Figura 41. Transecto 58. El efecto de mayor disponibilidad de agua en la parte media-baja de la ladera propicia un mayor desarrollo edafológico, aunque este puede quedar parcialmente contrarrestado por el incremento de la pendiente.

**Fotografía 23.**  
Transecto 58,  
punto de muestreo  
938-295. En el  
montón de tierra  
puede apreciarse  
su carácter  
extremadamente  
pedregoso.



GL-1140

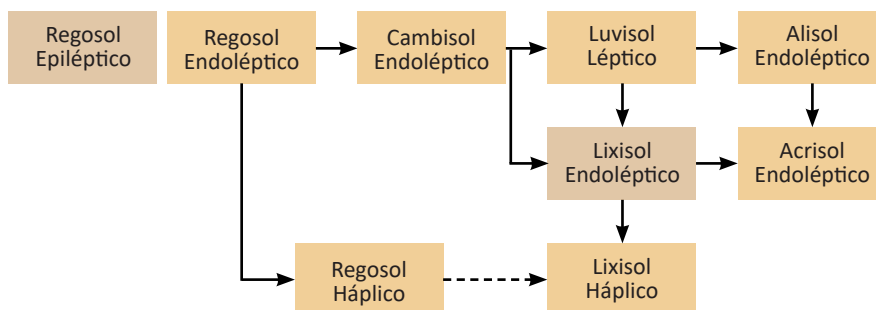
Se trata de un grupo secundario dentro de la litofacies. Su roca característica no se encuentra bien definida; la roca más frecuente es PZ-04 (Pizarra gris verdosa), aunque la roca más típica es PZ-01 (Pizarras pardo rosáceas rojizas), por presentar texturas en general más finas.

Los suelos son de pedregosidad muy variable en superficie y con pocos a abundantes gruesos dentro del perfil. Presentan texturas finas (franco-arcillosa o franco-arcilloso-limosa) y sólo algunas veces forman horizontes de acumulación de arcilla. La profundidad es de intermedia a muy profunda y las capacidades de retención de agua son muy variables.

Tienen reacción de cambio de extremada a muy fuertemente ácida, con valores por debajo de 4,

y de fuerte a ligeramente ácida en la solución del suelo. La riqueza en Ca se califica como muy pobre a intermedia y en Mg y K de pobre a muy rica. La capacidad de intercambio catiónico es baja-intermedia y el grado de saturación resulta muy variable, aunque suelen estar ligeramente saturados.

Los taxones son muy variados. Los más frecuentes son los regosoles lépticos (esqueléticos), suelos de escaso desarrollo y pedregosos. Cuando las condiciones permiten la formación de horizontes árgicos aparecen tanto luvisoles, como acrisoles, en general de carácter léptico. También aparecen cambisoles, probablemente como situaciones de transición hacia suelos más evolucionados (Figura 42).



**Figura 42. Evolución probable de los suelos del GL-1140. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

Son suelos con aptitud forestal media, que pueden presentar limitaciones en zonas de drenaje lento a causa de sus texturas algo pesadas. La reducción de la capacidad hídrica por la elevada pedregosidad puede verse compensada en parte por el agrietamiento

profundo, tal como se ha indicado para el GL-1150.

TRANSECTO 12

Puntos de muestreo 959-106-107-108 (GL 1140)

Litología: Pizarras y algunas grauwacas con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites

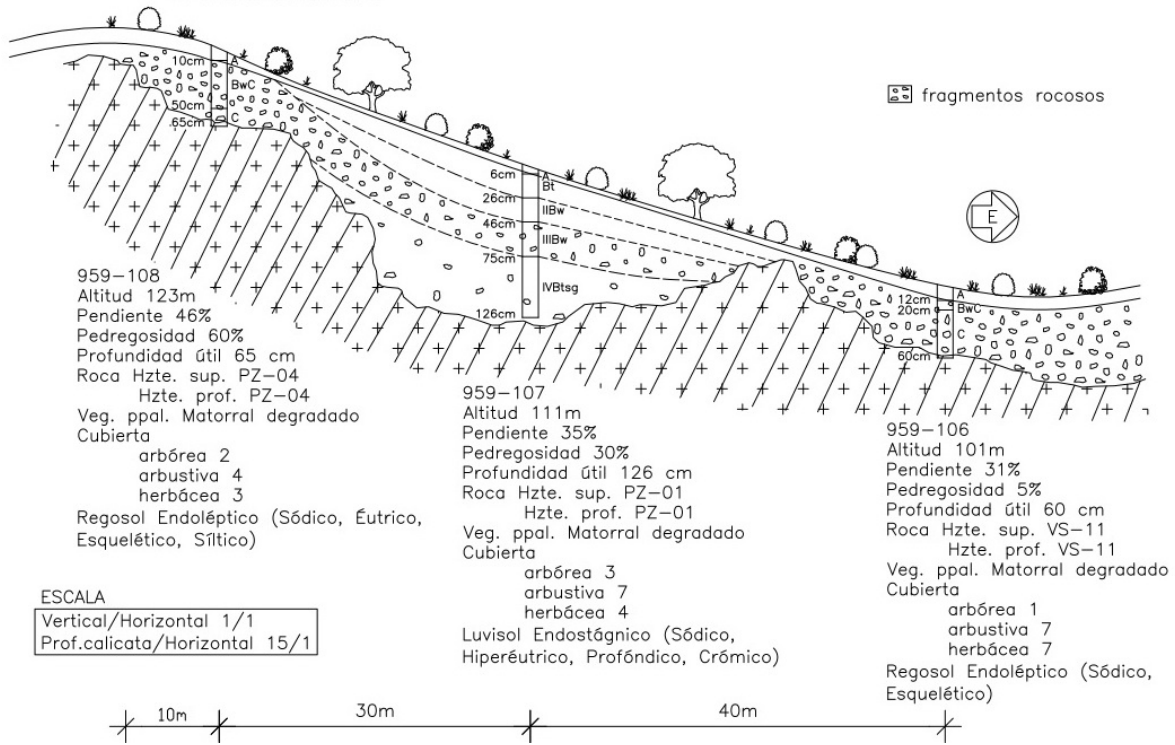


Figura 43. Catena de suelo sobre GL-1140. El perfil central presenta un embolsamiento de suelo con acumulación de sedimentos muy antiguos, intensamente edafizados.

**Fotografía 24.**  
Transecto 12. El mayor desarrollo arbóreo en las zonas de media ladera puede estar relacionado con el embolsamiento de suelo identificado.



TRANSECTO 75

Puntos de muestreo 960-336-337 (GL 1140)

Litología: Pizarras basales con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites

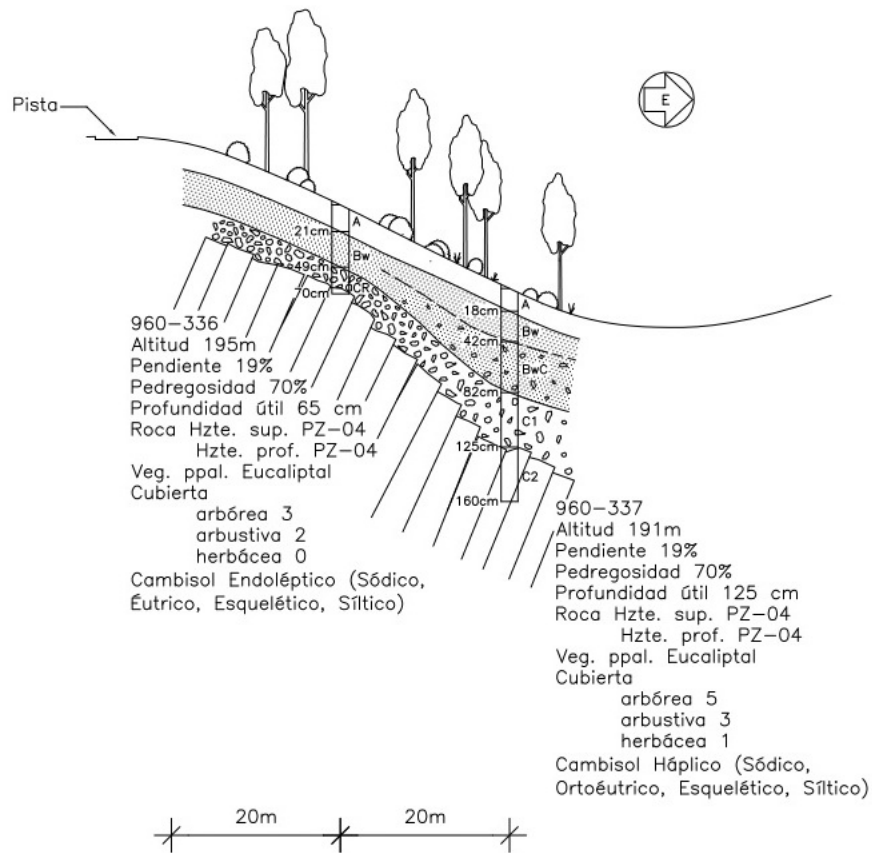


Figura 44. Transecto 75. Ladera muy corta en la que el perfil de la parte baja parece beneficiarse de la acumulación de sedimentos y de la mayor disponibilidad de agua subsuperficial, por lo que presenta un gran desarrollo en profundidad.



Fotografía 25.  
Transecto 75.

### 3.3.8 Suelos sobre grauwacas y pizarras de facies Culm. Unidad LtS-1200

Esta unidad está constituida por formaciones de la facies Culm, en las que predominan las grauwacas. Las rocas presentes son las mismas que en la unidad LtS-1100, cambiando únicamente su abundancia relativa, ya que en esta unidad LtS-1200 las grauwacas son más abundantes. Estas rocas detríticas son compactas, apenas se les aprecia estratificación y presentan una gran abundancia de cuarzo, que les confiere gran dureza, siendo las fisuras de muy pequeño tamaño. Su importancia relativa es del 1,9% de la superficie provincial. Las litofacies

MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-1200 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 45. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 58. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.

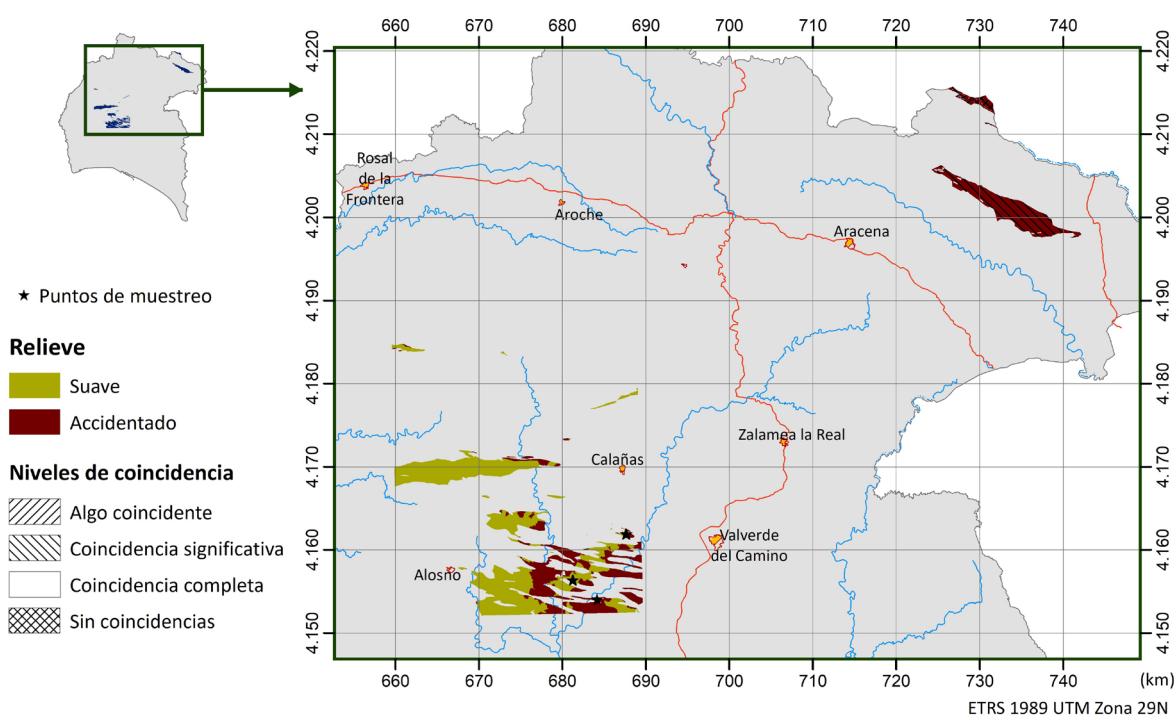


Figura 45. Localización de la unidad LtS-1200 en la provincia de Huelva.

Tabla 58. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-1200.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	10.440,94	55,03	112	121,32	0,639
			122	30,37	0,16
			212	5.018,34	26,449
			222	169,43	0,893
Accidentado	8.532,63	44,97	312	5.101,48	26,887
			123	1.673,04	8,818
			133	680,75	3,588
			213	388,82	2,049
			223	1.382,00	7,284
			313	4.408,02	23,232
<b>TOTAL</b>	<b>18.973,57</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>18.973,57</b>	<b>100</b>

Se han definido dos grupos litoedáficos, GL-1240 y GL-1250, pero este último está constituido por un solo perfil y se trata como una inclusión menor.

**Tabla 59. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 1240	Prof_Util (cm)	37,9	16	62	29,9	45,9
	CRAMU (mm)	57	25,9	144,8	39,0	75,0
	CRADU (mm)	31,4	15	76,6	21,4	41,4
GL 1250	Prof_Util (cm)	50	50	50	37,0	63,0
	CRAMU (mm)	146,4	146,4	146,4	104,4	188,4
	CRADU (mm)	65,6	65,6	65,6	47,6	83,6

En esta LtS-1200 se han abierto perfiles reasignados al GL-1150 por las características litológicas, por lo que no se consideran en esta estadística.

**Tabla 60. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-1200. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO resumida	FAO_Prefijo	N_perfiles	Crómico	Dístrico	Epídístrico	Escálico	Esquelético	Éutrico	Hiperéutrico	Sódico	Stágnico
1200	1150	Leptosol	Háplico	2					1	1			
		Regosol	Epiléptico	1	1	1	1						
			Léptico	1									
	1240	Leptosol	Háplico	3					3	3			
		Luvisol	Endoléptico	1							1	1	1
			Epiléptico	1		1	1				1		
			Háplico	1	1						1	1	
	Regosol	Epiléptico	2					2	1				
	1250	Luvisol	Léptico	1	1		1					1	
	<b>Total</b>				<b>13</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>2</b>	<b>4</b>

## GL-1240

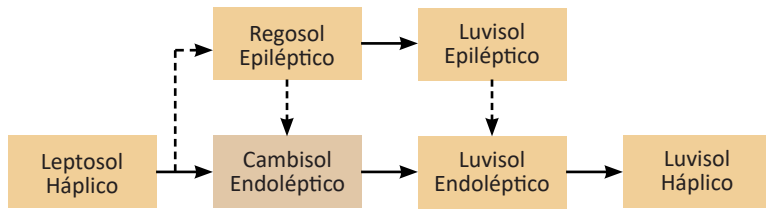
Se trata del grupo dominante dentro de la litofacies, aunque se debe tener en cuenta que en la superficie delimitada por el mapa geológico pueden aparecer importantes manchas afines al GL 1140. Su roca característica es PZ-10 (Grauwaca vercosa aplanada).

Los suelos tienen pedregosidad entre frecuente y abundante, y presentan texturas francas de tendencia limo-arenosa, lo que les hace fácilmente erosionables por su escasa cohesividad. Tienen tendencia a ser someros, pero pueden ser medios o profundos en partes bajas de ladera que sedimenten los arrastres de las zonas superiores. La textura, pedregosidad y escasa profundidad limitan fuertemente la capacidad de almacenamiento de agua, que es entre baja y muy baja, salvo en las ya citadas zonas favorables.

La reacción de cambio es muy fuertemente ácida

y pasa a medianamente ácida en la solución del suelo. Tienen en general contenidos pobres e intermedios en Ca, Mg y K. La capacidad de intercambio catiónico es baja y el complejo de cambio suele encontrarse saturado, por encima del 50%.

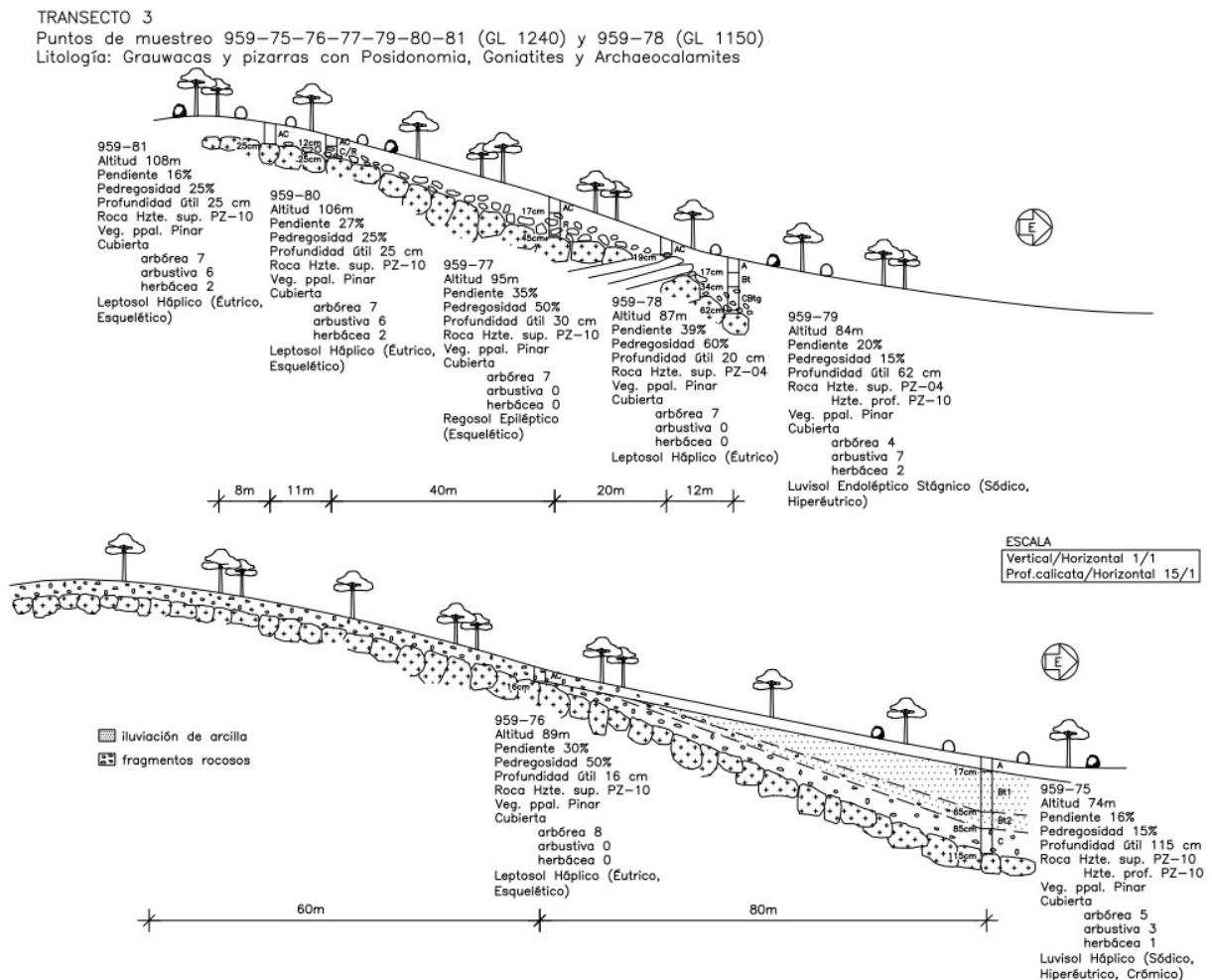
El relieve y la cubierta vegetal pueden resultar muy influyentes sobre el grado de evolución de estos suelos, dada su erosionabilidad, por lo que los taxones típicos pueden ser muy variados. Existirá, además, una fuerte tendencia a la iluviación de arcillas, gracias al carácter permeable de estos suelos. Los leptosoles háplicos ocuparán zonas altas de ladera o con curvaturas convexas; los regosoles epilépticos las zonas algo más favorables; las zonas de deposición albergarán cambisoles endolépticos y luvisoles, con dominancia de luvisoles endolépticos.



**Figura 46. Evolución probable de los suelos del GL-1240. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

La aptitud forestal de estos suelos es baja o, incluso, muy baja, a la vista de su delgadez y escasa capacidad de almacenamiento de agua. Precisan un manejo cuidadoso que evite una erosión excesiva y sería recomendable un uso

protector, con la implantación de vegetación arbórea de turnos largos, que permita la reconstrucción edáfica. La preparación de estos terrenos es muy difícil, dada la dureza de la roca y el carácter somero de los perfiles.



**Figura 47. Doble catena de suelos en el GL-1240; la segunda catena se encuentra al otro lado de un pequeño barranco, al norte de la catena principal. Puede observarse el efecto de engrosamiento de los perfiles en el pie de ladera en el muestreo 959-75 y, de forma más ligera, en el 959-79.**

TRANSECTO 13

Puntos de muestreo 959-144-145 (GL 1240) y 959-146 (GL 1150)

Litología: Grauwacas y pizarras con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites

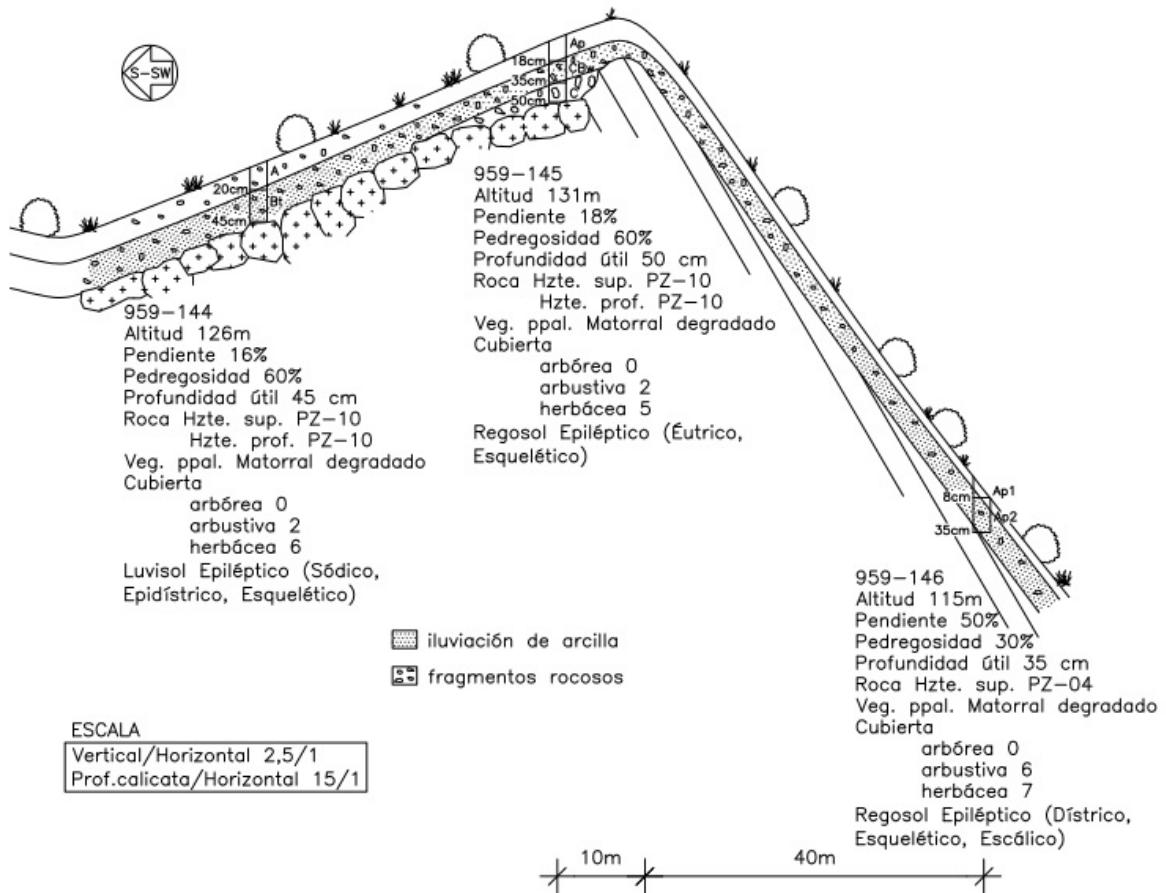


Figura 48. Transecto en doble catena, sobre las laderas S-SW y N-NE. Se puede apreciar que el buzamiento conforme y la fuerte pendiente dificultan la formación de suelo en el perfil 959-146, mientras que en la otra ladera hay una situación algo más favorable, a pesar de la dureza de la roca grauwaca.



Fotografía 26. Transecto 13, ladera S-SW. Se aprecia el reciente desmonte del eucaliptal, probablemente de baja productividad, para su replantación con especies de *Quercus mediterráneas*.

## GL-1250

El GL-1250 presenta las siguientes diferencias respecto de GL-1240: la roca PZ-13 (Grauwaca rojiza) resulta más friable, la textura es más fina (franco-arcillosa), la CIC es intermedia y se encuentra en un grado de saturación inferior al 50%.

Sólo se ha localizado un perfil de este GL-1250, por lo que se considera totalmente minoritario. Su ocurrencia, probablemente, esta vinculada a zonas de transición entre materiales.

### TRANSECTO 14

Puntos de muestreo 959-147 (GL 1250) y 959-148 (GL 1150)

Litología: Grauwacas y pizarras con Posidonomyas, Goniatites y Archaeocalamites

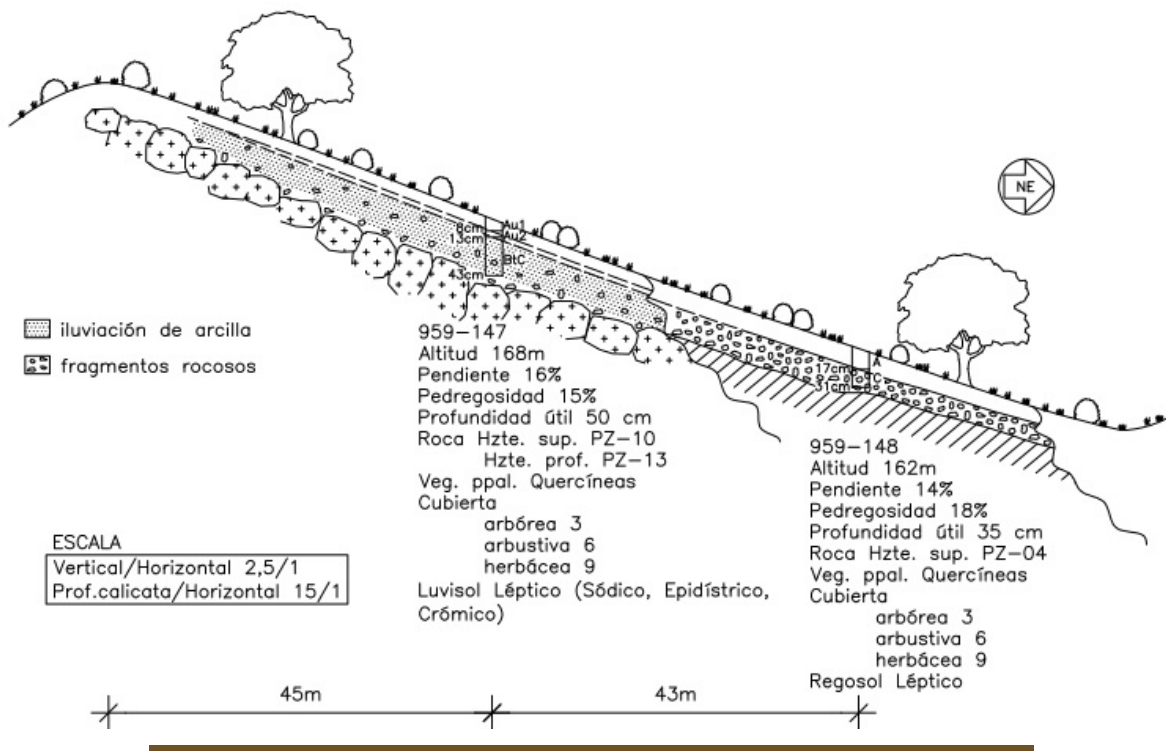


Figura 49. Transecto 14 en el que se aprecia la distribución a franjas de la roca grauwaca entre las pizarras dominantes en la facies Culm. El tipo de roca del perfil 959-147 se presenta más alterable (color rojizo) que otras grauwacas y da lugar a suelos algo más profundos, aunque en ningún caso constituyen un sustrato fácil para la supervivencia de la dehesa que asientan.



Fotografía 27. Transecto 14, dehesa asentada sobre la zona que puede beneficiarse ligeramente de una mayor disponibilidad hídrica en las partes bajas de la ladera, siempre que estén bien drenadas, para no favorecer la propagación de hongos patógenos.

### 3.3.9 Suelos sobre pizarras, cuarcitas, grauwacas y areniscas del Devónico-Carbonífero inferior (PQ). Unidad LtS-1300

Se trata de materiales sedimentarios de gran antigüedad, en su mayor parte de edad devónica o del carbonífero inferior; las rocas principales que aparecen en esta unidad son pizarras, grauwacas, cuarcitas y areniscas. Esta formación es una de las de mayor presencia superficial en la provincia, ocupa el 17,8 % de la superficie provincial. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-1300 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 50. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 61. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.

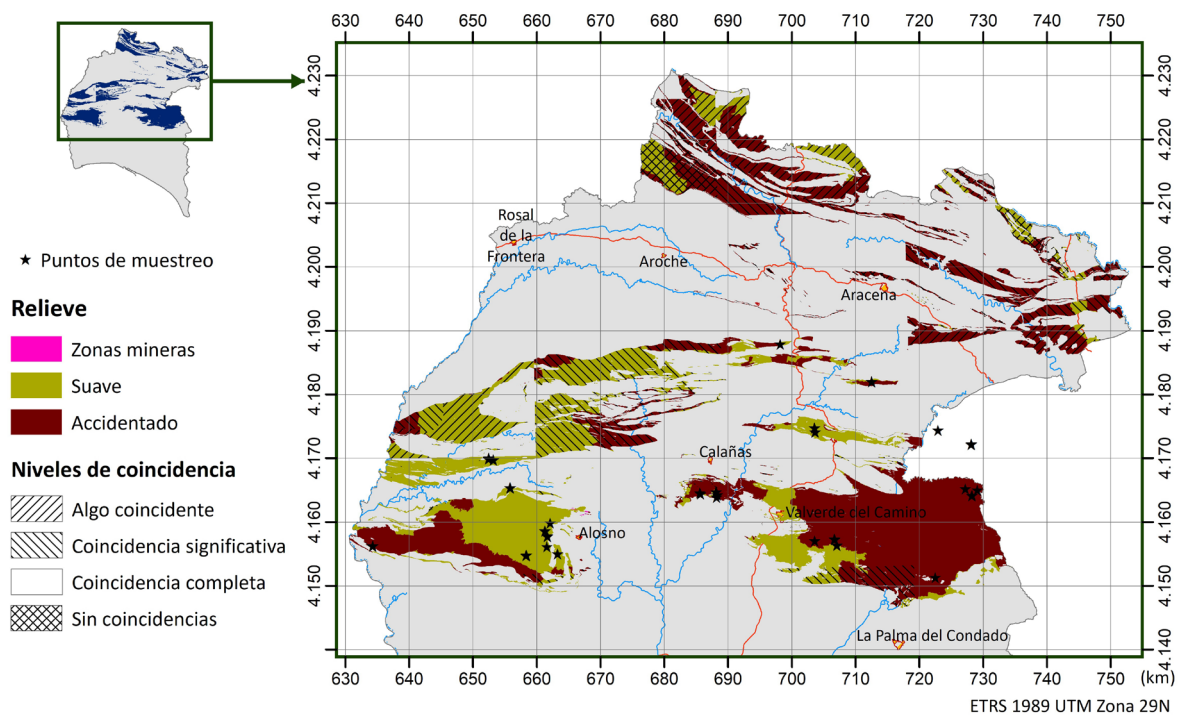


Figura 50. Localización de la unidad LtS-1300 en la provincia de Huelva.

Tabla 61. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-1300.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	70.129,52	39,69	112	68,87	0,039
			122	12.596,94	7,129
			132	3.623,29	2,051
			212	22.300,38	12,621
			222	9.310,52	5,269
			232	70,14	0,04
			312	15.322,78	8,672
			322	6.836,61	3,869
Accidentado	106.537,21	60,29	113	1,16	0,001
			123	11.749,88	6,65
			133	20.382,56	11,535
			213	2.740,52	1,551

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
			223	25.521,71	14,444
			233	2.095,60	1,186
			313	17.247,56	9,761
			323	26.798,21	15,166
Zona minera	27,77	0,02	210	26,82	0,015
			220	0,95	0,001
<b>TOTAL</b>	<b>176.694,50</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>176.694,50</b>	<b>100</b>

A pesar de que existe una importante heterogeneidad en los muestreos de esta litofacies, apenas se han identificado variaciones atribuibles al tipo de roca, por lo que únicamente se establecen dos grupos litoedáficos, uno de ellos muy poco representado. Todos los materiales presentan suelos ácidos y contenidos

bajos en cationes, lo que responde a este conjunto de rocas ricas en cuarzo.

Los grupos litoedáficos son GL-1340 y GL-1350. El grupo típico es GL-1340, mucho más frecuente que el GL-1350, al que se considera como grupo no característico.

**Tabla 62. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín. Media 10%	Máx. Media 90%
GL 1340	Prof_Util (cm)	73,3	18,0	150,0	68,5	82,1
	CRAMU (mm)	147,6	35,5	415,7	136,0	173,1
	CRADU (mm)	76,6	18,4	223,9	70,5	89,9
GL 1350	Prof_Util (cm)	117,5	115,0	120,0	109,8	125,2
	CRAMU (mm)	337,7	302,7	372,8	229,8	445,7
	CRADU (mm)	123,8	123,4	124,2	122,5	125,1

**Tabla 63. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-1300. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO grupo	FAO_Prefijo	N_perfiles	Abrúptico	Cláiyico	Crómico	Dístrico	Endoesquelético	Endosítrico	Endosódico	Epidístrico	Epiesquelético	Esquelético	Éutrico	Hiperdístrico	Hiperéutrico	Húmico	Profónico	Sítrico	Sódico	Stágnico		
1300	1340	Acrisol	Endoléptico	3	2		2		1					2		2		1						
			Endostágnico	2			2			2								2		1		1		
			Háplico	2	1		1								1		2		1					
		Alisol	Endostágnico	2			2				1							2			2			
			Háplico	5			4			1					3		5		2			3		
		Cambisol	Endoléptico	1			1								1		1							
			Epiléptico	1			1		1					1										
		Leptosol	Háplico	2					1						1				1					
		Lixisol	Endoléptico	1						1														1
	Epiléptico		3			1							3	2										
	Háplico		1										1						1					
	Crómico		1																					
	Epiléptico		5	1				1					4	3									1	
	Regosol	Háplico	2	1								1	1	2				1					1	
		Endoléptico	7					1						6	3	2		1		1	1		1	
		Epiléptico	6					3					1	2	2	1							2	
			Háplico	4								1		4		4		3		2				
	1350	Acrisol	Háplico	1	1	1	1										1							
		Alisol	Endostágnico	1		1	1										1							
	<b>Total</b>				<b>50</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>7</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>27</b>	<b>4</b>	<b>22</b>	<b>1</b>	<b>10</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	

Se trata del grupo dominante de la litofacies. Sus rocas características son: PZ-02 (Pizarra pardo clara rojiza, PQ), PZ-03 (Pizarra gris-rosado, PQ), PZ-06 (Pizarras negras y violáceas), PZ-07 (Pizarra limolítica verdosa), CZ-03 (Cuarzo-arenisca), VS-08 (Cuarcita-muscovita, PQ [Tufita cuarzosa esquistosa]) y PZ-01 (Pizarras pardo rosáceas rojizas).

Estos suelos presentan, en general, abundante pedregosidad superficial y los gruesos en el interior del perfil son de frecuentes a abundantes. La textura es media-fina (franca a franco-arcillosa), con tendencia a la formación de horizontes árgicos.

Tienden a presentar profundidad intermedia, aunque aparecen también perfiles someros, profundos y muy profundos. De forma paralela, la capacidad de retención de agua es muy variable, aunque dominan las capacidades bajas e intermedias.

La reacción de cambio es extremadamente ácida, con valores frecuentes de pH-KCl inferiores a 4. La solución del suelo tiene una reacción más atenuada, generalmente de fuertemente ácida a medianamente ácida. Los contenidos en Ca son extremadamente pobres a pobres, en el caso del Mg dominan los contenido muy pobres y pobres, y son muy variables para el K. La mayor parte

de los perfiles tiene capacidades de intercambio catiónico bajas e intermedias, y el complejo de cambio presenta generalmente saturación por debajo del 50%, lo que indica claramente el carácter oligotrófico de estos suelos.

El grupo presenta variaciones estadísticamente significativas frente a las variables ambientales siguientes:

- Variables de ladera: principalmente el índice de humedad (CAT\_WI, véase Anejo 1). Los suelos mejoran en profundidad y capacidad hídrica sobre posiciones medias o bajas en la ladera, especialmente cuando la pendiente comienza a disminuir.
- Variables climáticas y variable clima-relieve: existe una relación respecto de estas variables, tal como se ha descrito en la introducción de este subcapítulo.

Por otro lado, se aprecia una importante influencia del uso que han podido tener estos suelos en épocas pasadas, dada su alta sensibilidad a la erosión. La orientación de los estratos rocosos también puede influir, ya que los buzamientos inversos fomentan la variabilidad de materiales, la entrada de agua en la roca y la formación de embolsamientos profundos de tierra.

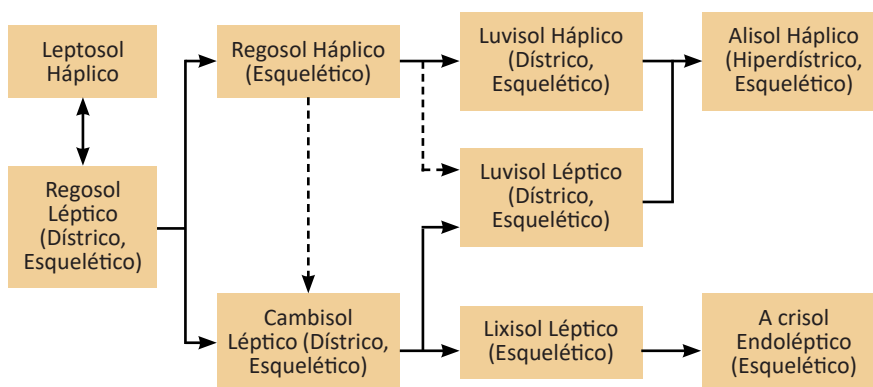


Figura 51. Evolución probable de los suelos del GL-1340.

Los taxones edáficos son muy variados (Figura 51). En las zonas de relieve desfavorable o que han tenido usos que favorezcan la erosión dominan los regosoles lépticos acompañados por leptosoles hápticos; en posiciones algo más favorables o lugares mejor conservados se reduce la pedregosidad interna y aparecen horizontes cámbicos, que dan lugar a cambisoles lépticos. Los cambisoles evolucionan fácilmente en zonas que han tenido usos estables y con orografía

algo más favorable, formando horizontes de acumulación de arcilla, que dan lugar a luvisoles lépticos y lxisoles lépticos; dada la escasez en bases de estos materiales, con mucha frecuencia se acidifican y evolucionan respectivamente hacia alisoles hápticos o acrisoles del tipo acrisoles lépticos, acrisoles endostágnicos o acrisoles hápticos. Los sufijos más frecuentes son dístrico y esquelético, haciendo referencia a la ya comentada baja saturación en bases

del complejo de cambio y a la abundancia de fragmentos gruesos en el interior del perfil.

La aptitud forestal de estos suelos resulta muy variable. En términos generales se puede considerar media, puesto que son suelos pobres en bases, erosionables y con limitaciones de almacenamiento de agua por su pedregosidad y profundidad, aunque esta última característica es muy variable. Se consideran adecuados para usos forestales de turnos largos. También sería posible su uso forestal intensivo con las adecuadas medidas de protección contra la erosión y teniendo en cuenta su escasa capacidad de almacenamiento de nutrientes. En general, se ha apreciado una tendencia al aumento del

espesor y capacidad de retención del agua del suelo en las partes medias-bajas de la ladera. Asimismo, la aptitud forestal parece mejorar en zonas con mayor pluviometría y regímenes térmicos intermedios, en consonancia con lo apreciado en otras zonas de estudio; también se han detectado sobre estos suelos contrastes de profundidad atribuibles a las orientaciones de umbría.

Los altos contenidos en arcilla que pueden presentar estos suelos en horizontes de profundidad pueden provocar movimiento lento del agua y fenómenos de encharcamiento temporal en zonas de pendientes suaves o, incluso, con pendientes medias en laderas largas.

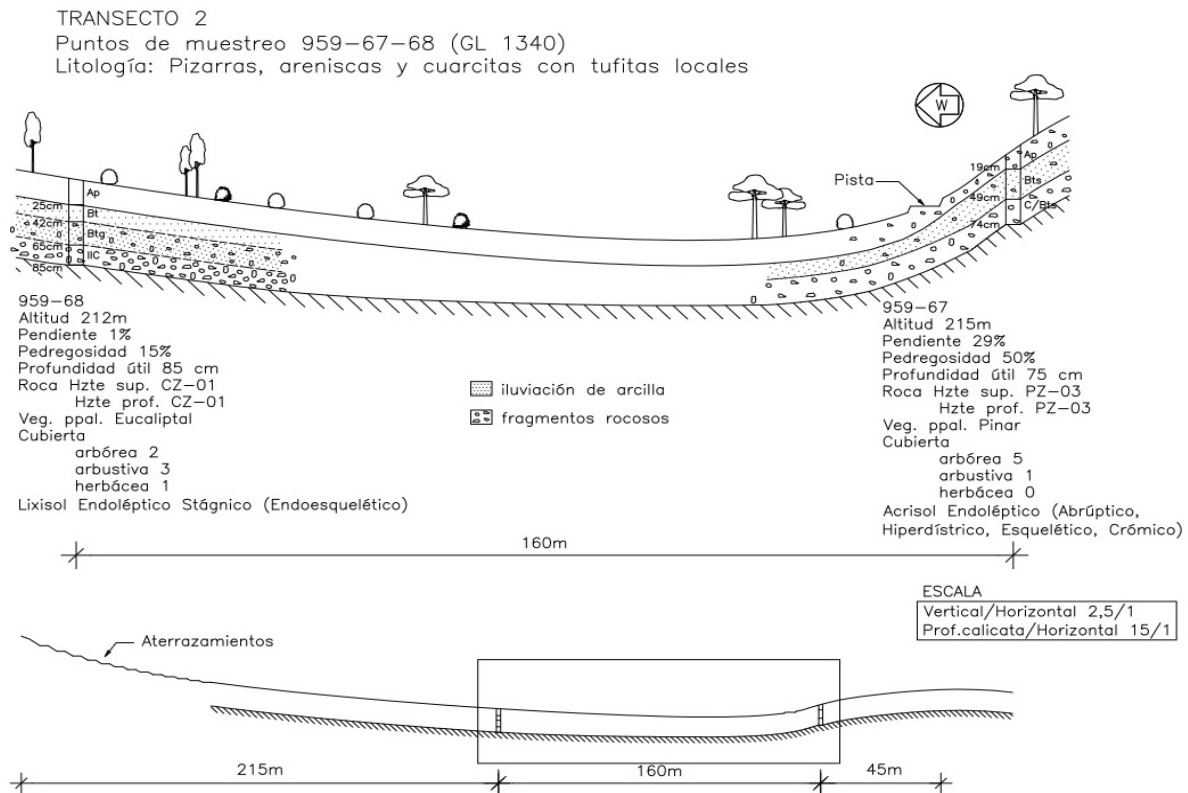


Figura 52. Transecto 2 que no constituye una catena, dado que los perfiles se encuentran alineados, pero en laderas distintas. El perfil 959-68 se haya sobre terreno casi llano por lo que presenta rasgos de encharcamiento temporal.

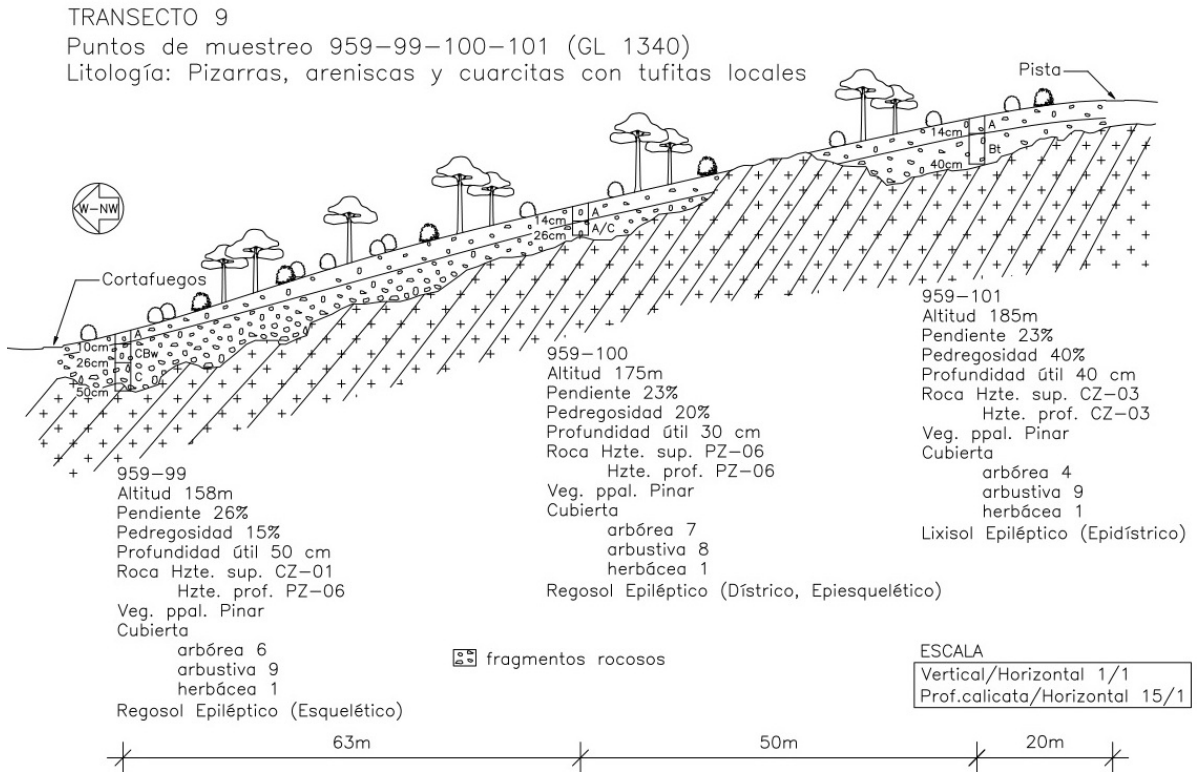


Figura 53. Catena de suelo del GL-1340. El carácter somero de los suelos se ve favorecido por la inclinación desfavorable de los estratos y, probablemente, un uso del suelo poco conservador (pastoreo, fuegos, etc.), anterior a su repoblación. El pinar actual está contribuyendo indudablemente a la recuperación progresiva.



Fotografía 28. Punto de muestreo 959-99, en la parte baja del transecto 9. Se trata de un suelo muy degradado en el que queda patente el carácter léptico (roca madre superficial) y esquelético (alta pedregosidad)

TRANSECTO 15

Puntos de muestreo 959-150-151 (GL 1340)

Litología: Pizarras, areniscas y cuarcitas

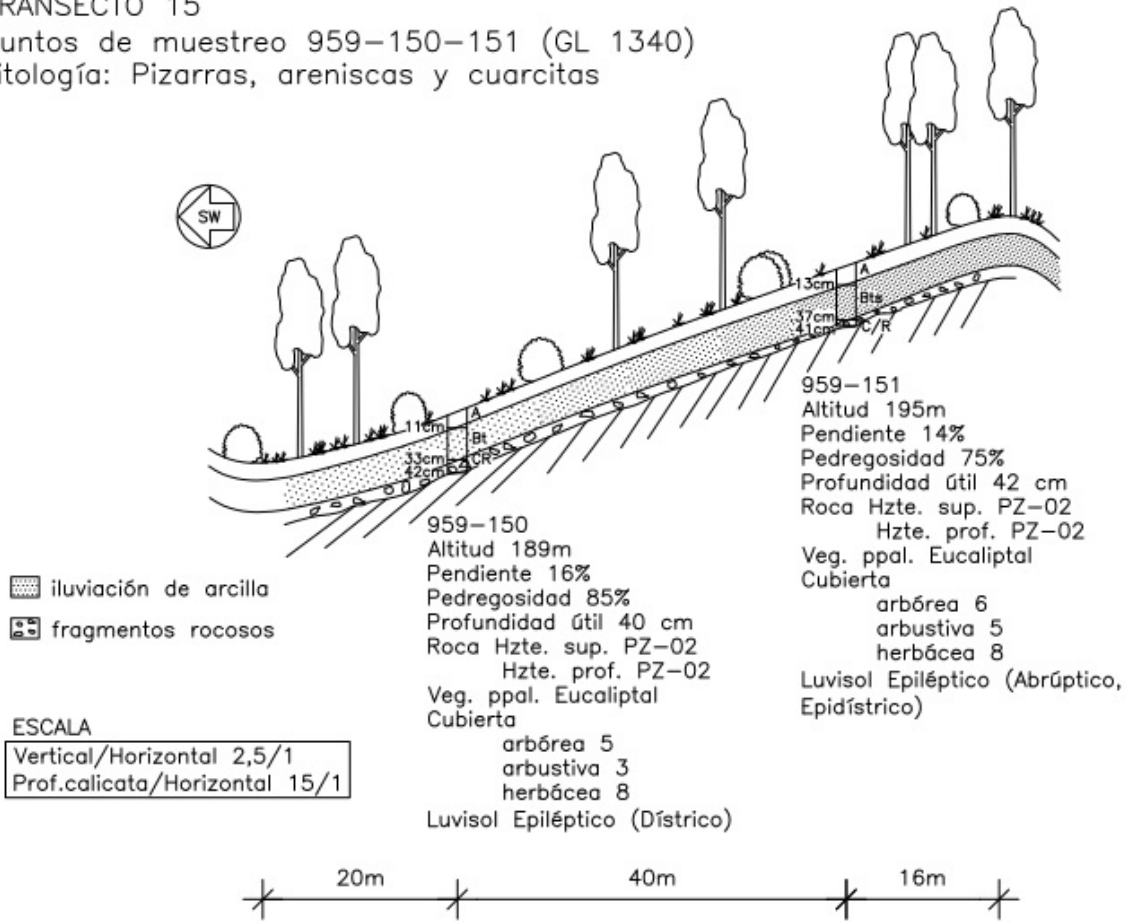


Figura 54. Catena de suelo del GL-1340, con suelos típicos de este GL, someros y pedregosos.



Fotografía 29. Punto de muestreo 959-150, en el transecto 15, bajo eucaliptal subsolado.

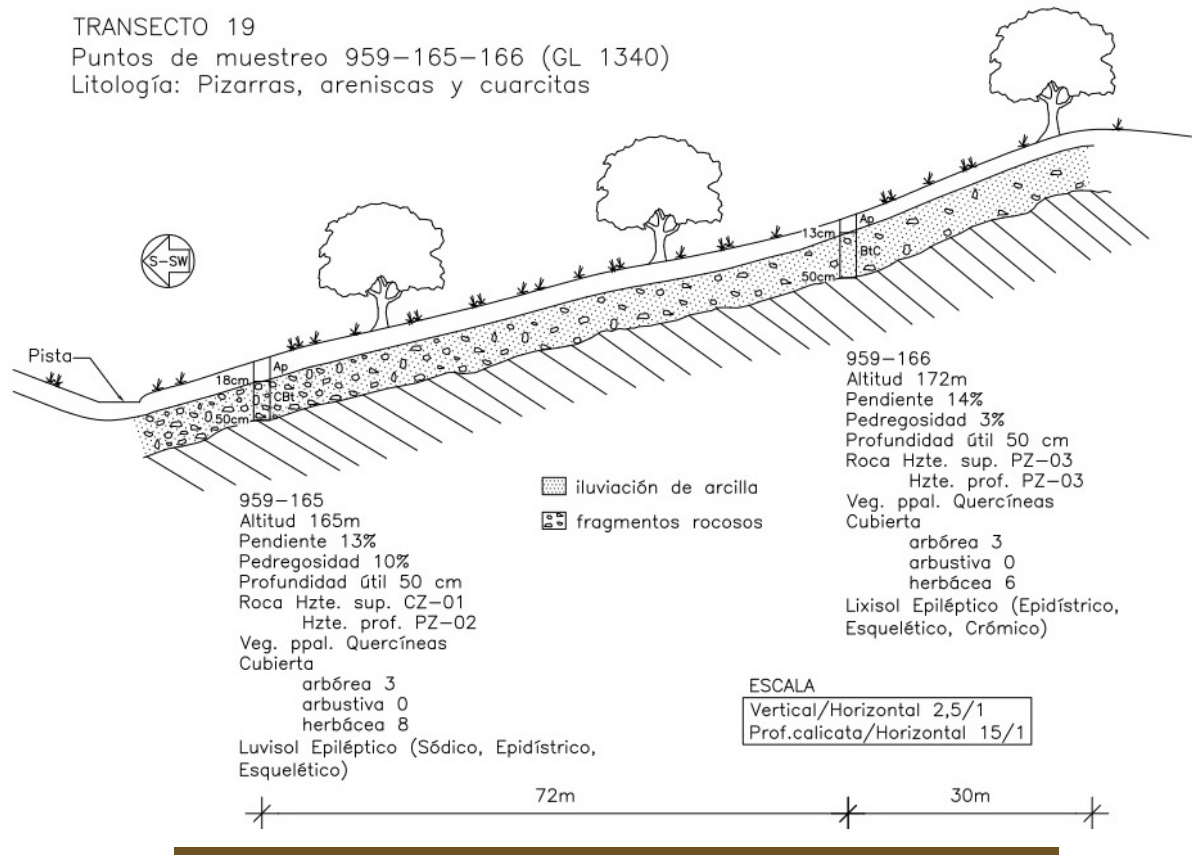


Figura 55. Transecto 19 con suelos intermedios de tendencia somera, bajo dehesa, bastante evolucionado en relación a la generalidad del GL.



Fotografía 30. Transecto 19. Dehesa de pendiente suave. Se puede apreciar la gran cantidad de gruesos en todo el perfil y la presencia de la roca a unos 50 cm de profundidad.

TRANSECTO 21

Puntos de muestreo 959-169-170 (GL 1340)

Litología: Pizarras, areniscas y cuarcitas

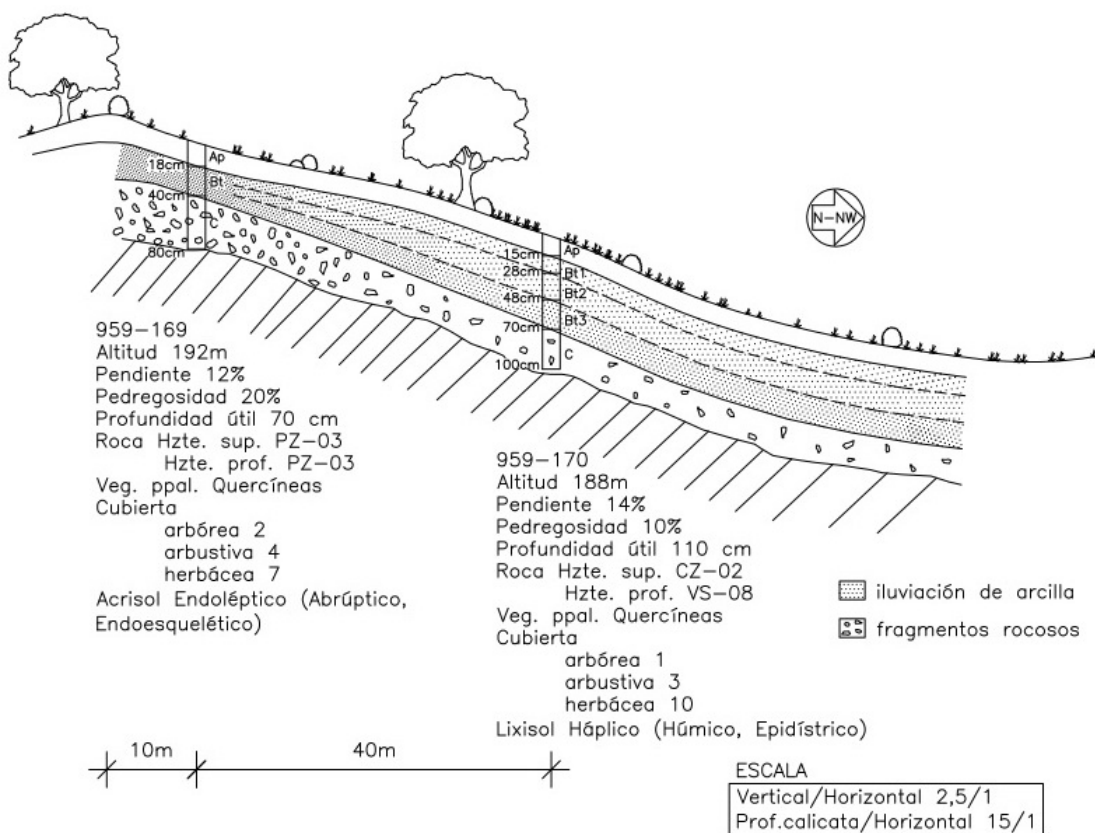


Figura 56. Los perfiles con mayor desarrollo en profundidad pueden encontrarse influenciados por la estabilidad de la vegetación, el buzamiento de la roca, la orientación de umbría y las pendientes medias.



Fotografía 31. Transecto 21 en dehesa con baja densidad arbolada.

TRANSECTO 43

Puntos de muestreo 958-249-250 (GL 1340)

Litología: Pizarras, cuarcitas, areniscas y cuarzowacas con nódulos y capas finas de hierro y manganeso

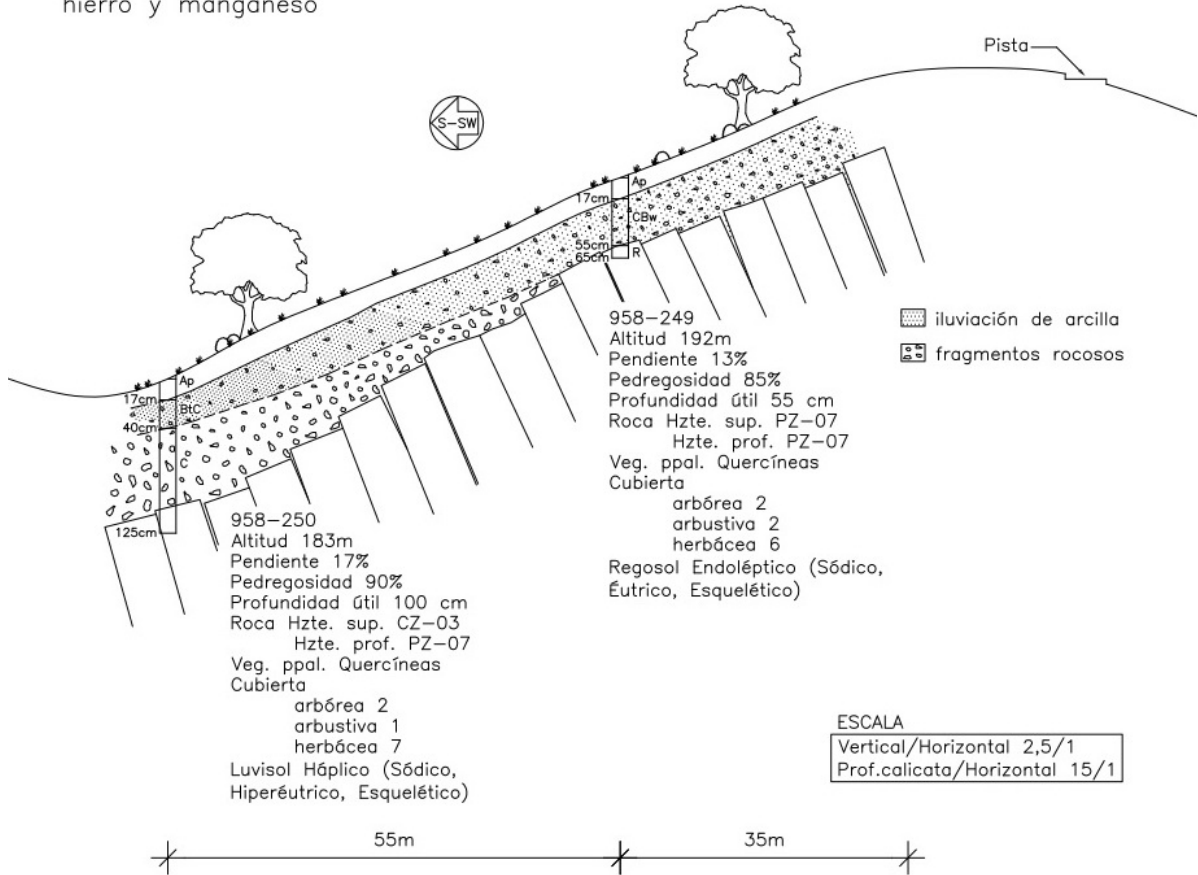


Figura 57. Transecto 43. Catena de suelos de GL-1340 con distribución típica del espesor del suelo que aumenta a lo largo de la ladera, además de formar horizontes de acumulación de arcilla (árgicos) de mayor nivel de evolución. De forma excepcional, sobre esta litofacies la roca proporciona un suministro de bases muy alto, que puede deberse a la presencia de capas o nódulos ricos en minerales.



Fotografía 32. Punto de muestreo 958-249, en el transecto 43, en zona de reforestación de tierras agrícolas.

TRANSECTO 48

Puntos de muestreo 958-263-264-265 (GL 1340)

Litología: Pizarras, areniscas y cuarcitas con nódulos y capas finas de hierro y manganeso

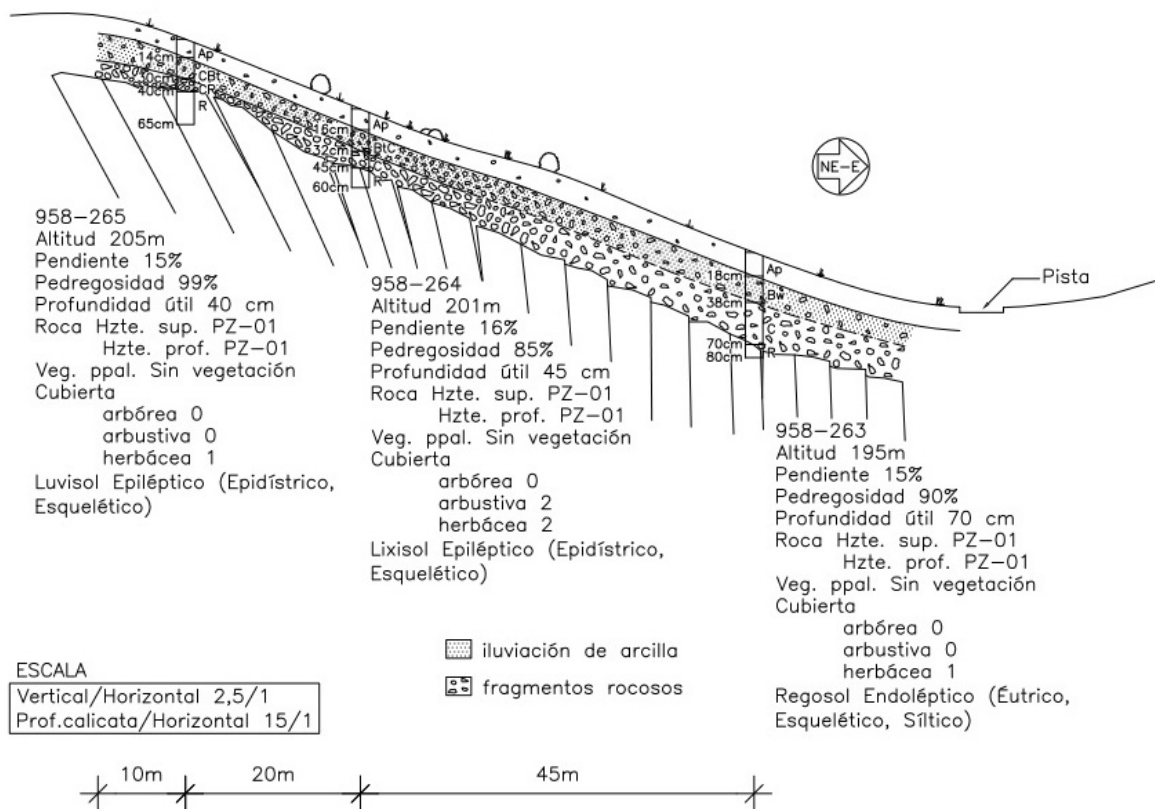


Figura 58. Transecto 48. Ladera con uso forestal intensivo (eucaliptal), recientemente preparada para nueva plantación. Presenta una distribución de propiedades típica, con perfiles más profundos en las partes bajas de ladera. La ausencia de horizonte árgico (enriquecido en arcilla) en la parte baja de la ladera puede ser debida a procesos erosivos que han hecho aflorar los horizontes de profundidad.



Fotografía 33. Transecto 48 en el que se puede apreciar la gran pedregosidad superficial, indicadora de procesos de erosión laminar superficial, aunque esta circunstancia se ha transformado actualmente en un escudo protector de la superficie del suelo frente al impacto de las gotas (Stone mulching).

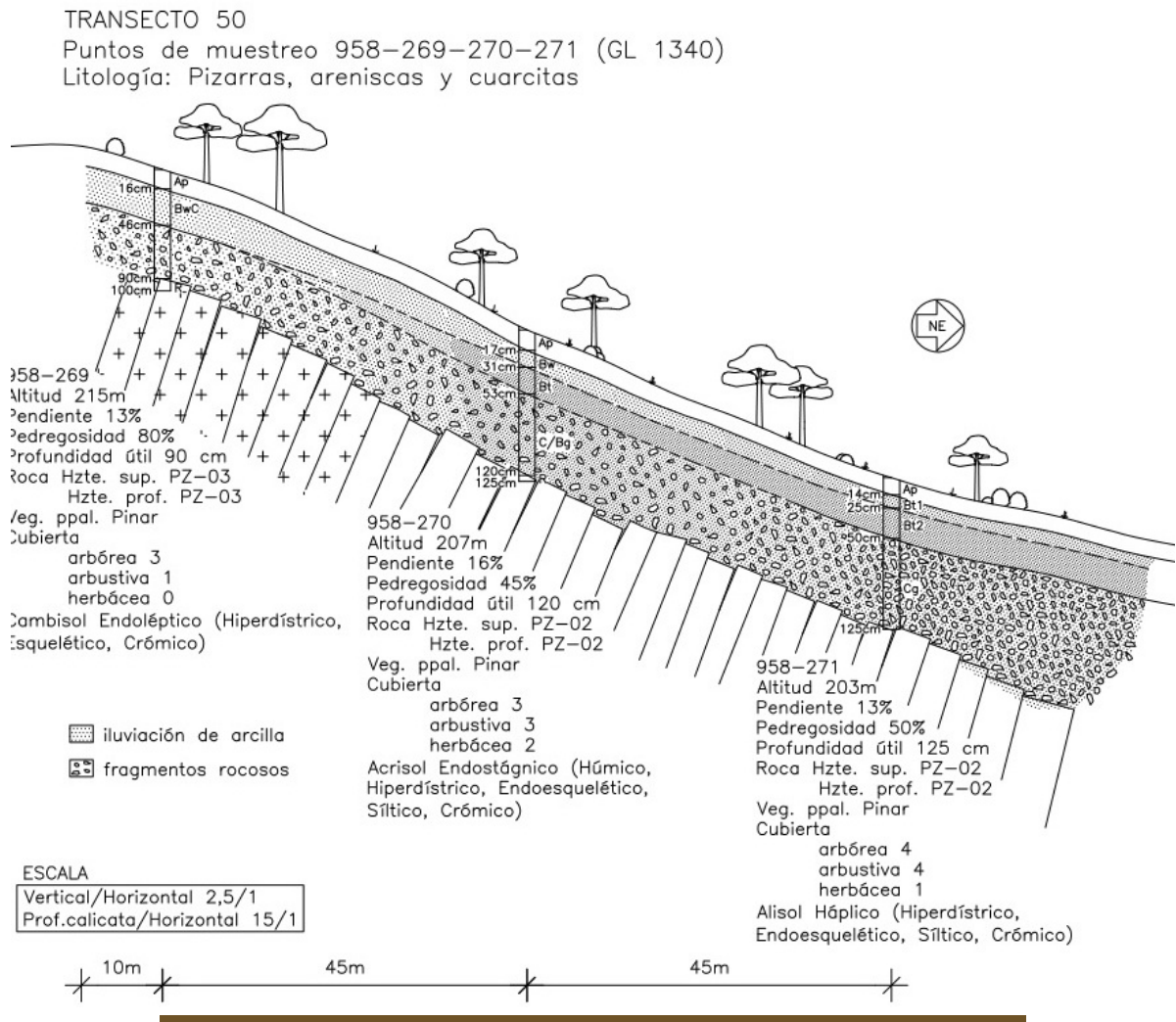


Figura 59. Transecto 50. Ladera con distribución típica de las propiedades del suelo, con incremento de profundidad y aparición, con posterior engrosamiento, de horizonte árgico a medida que se desciende. La orientación NE y la pendiente que se suaviza hacia abajo contribuyen niveles mayores de humedad que pueden generar mayores espesores de suelo.



Fotografía 34. Transecto 50, con el terreno cubierto por una repoblación joven de pinar. Se puede apreciar la mayor profundidad de los suelos, probablemente gracias a la pendiente suave y a usos más conservadores, aunque siguen siendo muy pedregosos.

TRANSECTO 53

Puntos de muestreo 938-278-279 (GL 1340)

Litología: Pizarras, grauwacas y cuarcitas

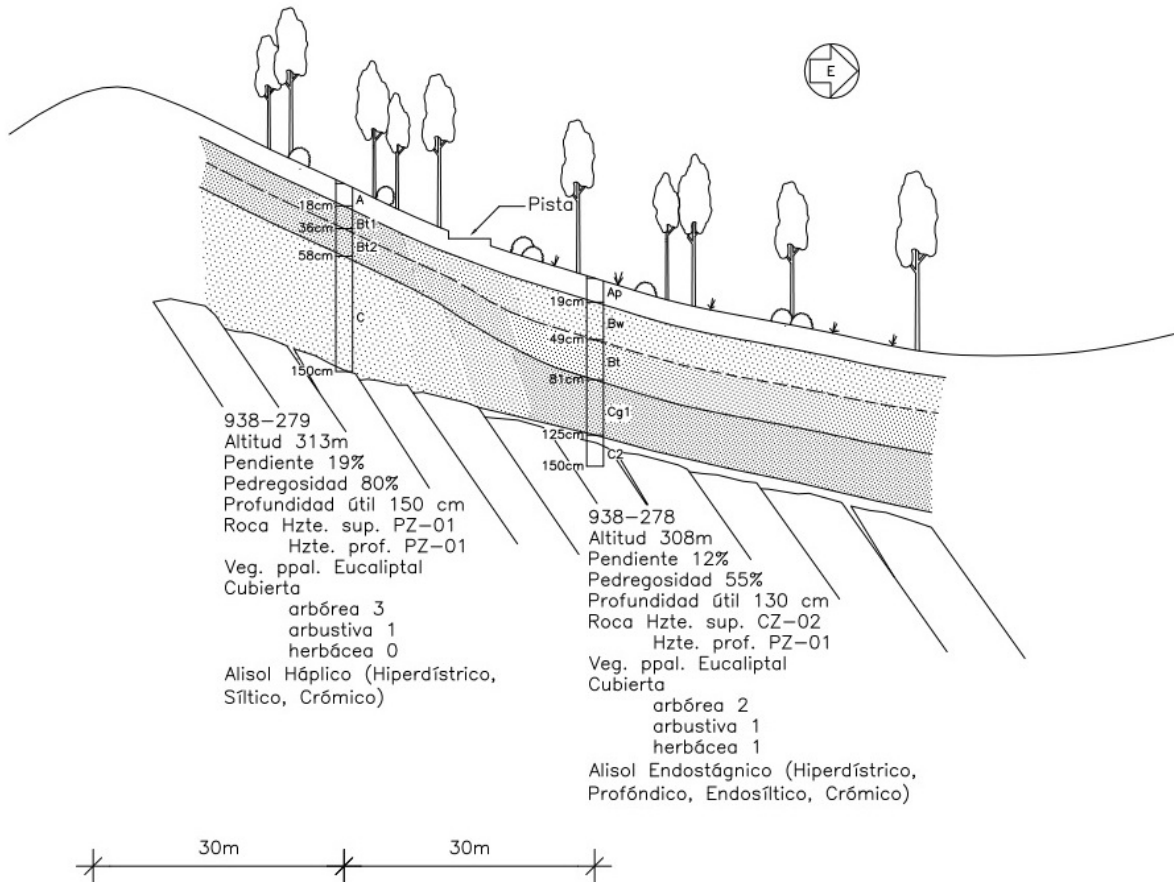


Figura 60. Transecto 53. El espesor del horizonte C se reduce notablemente en la parte baja de la ladera, en favor del aumento de horizontes de mayor nivel de evolución, gracias a una mayor humedad profunda (rasgos de encharcamiento temporal) y por la posible acumulación de arrastres de ladera.



Fotografía 35. Punto de muestreo 938-278, en la formación vegetal más abundante de la unidad, el eucaliptal.

TRANSECTO 54

Puntos de muestreo 938-280-281 (GL 1340)

Litología: Pizarras, grauwacas y cuarcitas

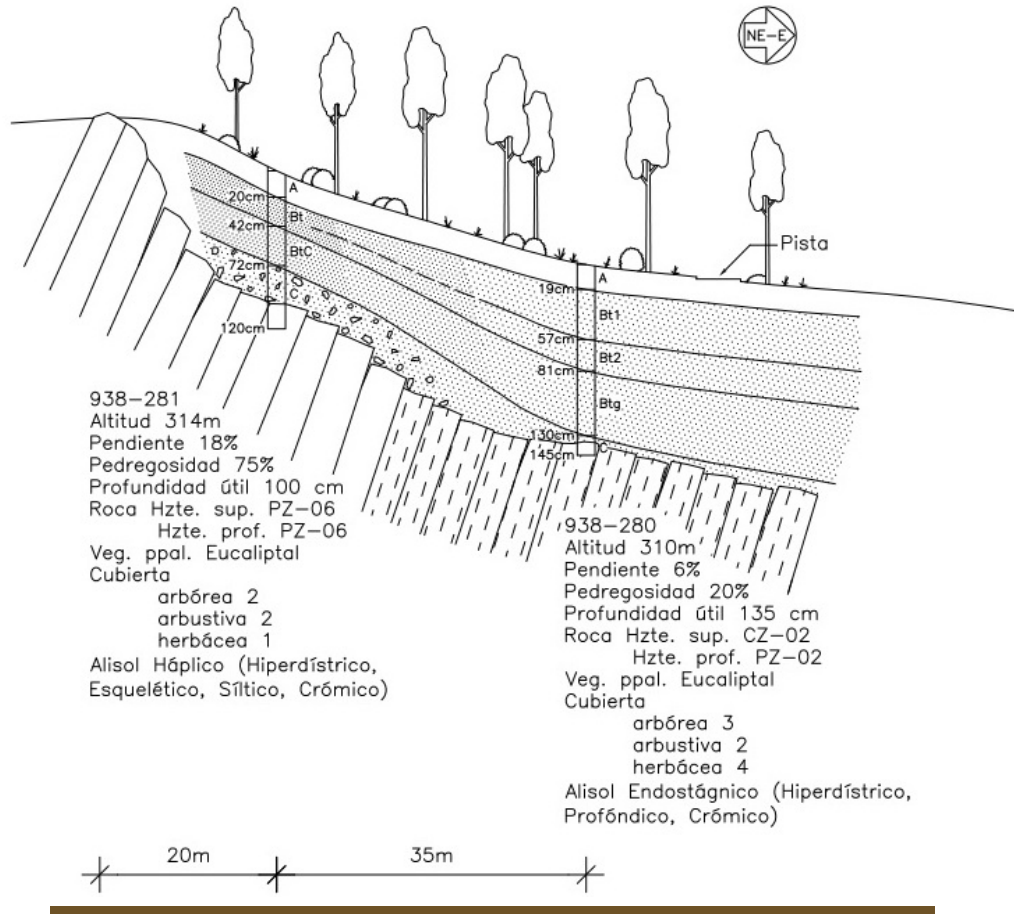


Figura 61. Transecto 54. Catena en la que se aprecia un efecto de “relleno de cubeta” en la parte baja, con mayores niveles de evolución y acumulación de sedimentos, así como una mayor cantidad de materiales finos. Los rasgos hidromórficos confirman que se trata de una zona de evacuación lenta en la que habrá acumulación de materiales y de humedad.



Fotografía 36. Perfil correspondiente al punto de muestreo 938-280, en el transecto 54, que alcanza gran profundidad.

TRANSECTO 63

Puntos de muestreo 938-306-307 (GL 1340)

Litología: Pizarras, grauwacas y cuarcitas

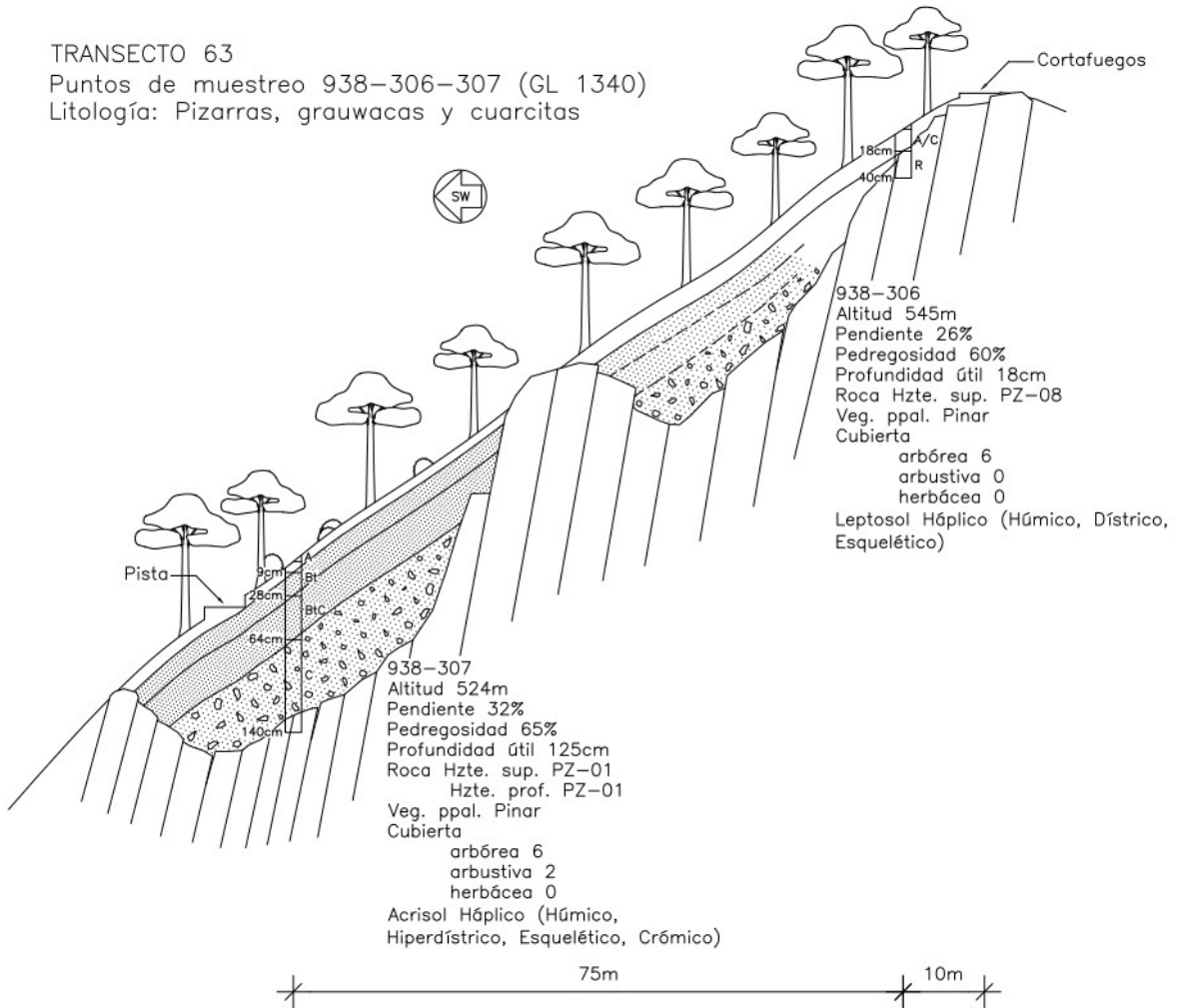


Figura 62. Transecto 63. Importante efecto de ladera que produce la mayor disponibilidad de agua en las partes bajas y, probablemente, el transporte de sedimentos desde la zona superior. La acumulación de materiales (embolsamientos) se ve favorecida por la topografía y ha permitido la formación de horizontes árgicos, a pesar de la fuerte pendiente.



Fotografía 37. Transecto 63, en la zona correspondiente a la calicata 938-307, ocupada por un pinar muy denso.

TRANSECTO 72

Puntos de muestreo 960-326-327 (GL 1340)

Litología: Pizarras, grauwacas y cuarcitas

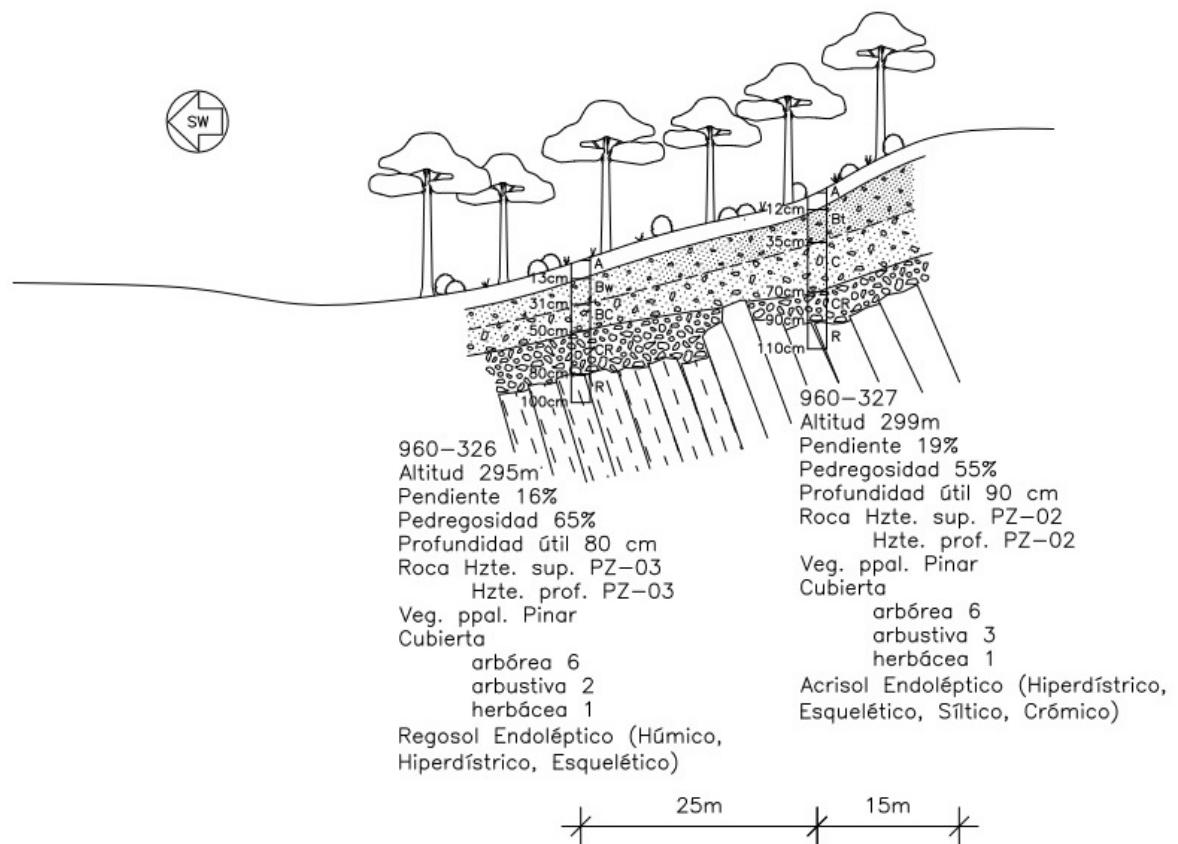


Figura 63. Transecto 72. Catena con escasa variación a lo largo de la ladera. En el perfil superior aparecen lóbulos rocosos que podrían originar embalsamientos o pequeñas cubetas de materiales finos que justifiquen una evolución ligeramente mayor que en la parte baja, donde se pueden haber producido episodios erosivos, además de llegar menos humedad subsuperficial de la esperada, debido a los citados embalsamientos.



Fotografía 38.  
Transecto 72, calicata  
960-326, bajo  
pinar con restos de  
eucaliptal.

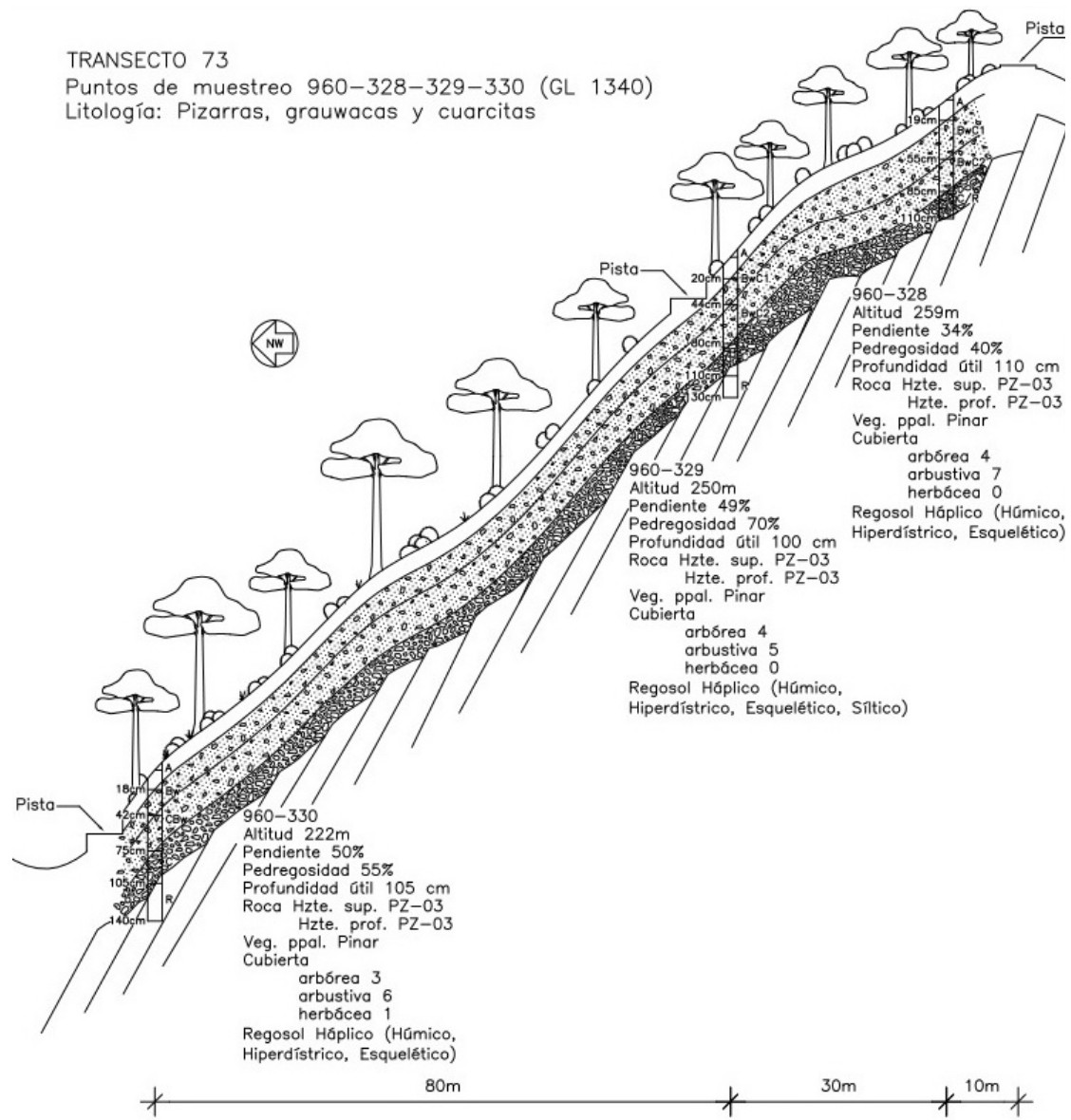


Figura 64. Transecto 73. La fuerte pendiente de la ladera dificulta la evolución de estos perfiles, que apenas presentan diferencia entre la media y la baja ladera. Además, el buzamiento oblicuo cercano a la conformidad que presenta el perfil más bajo podría también reducir su desarrollo, al dificultar la infiltración del agua a zonas profundas.



Fotografía 39. Transecto 73, calicata 960-328, realizado en una zona de pinar con fuerte pendiente.

TRANSECTO 74  
Puntos de muestreo 960-332-333 (GL 1340)  
Litología: Pizarras, grauwacas y cuarcitas

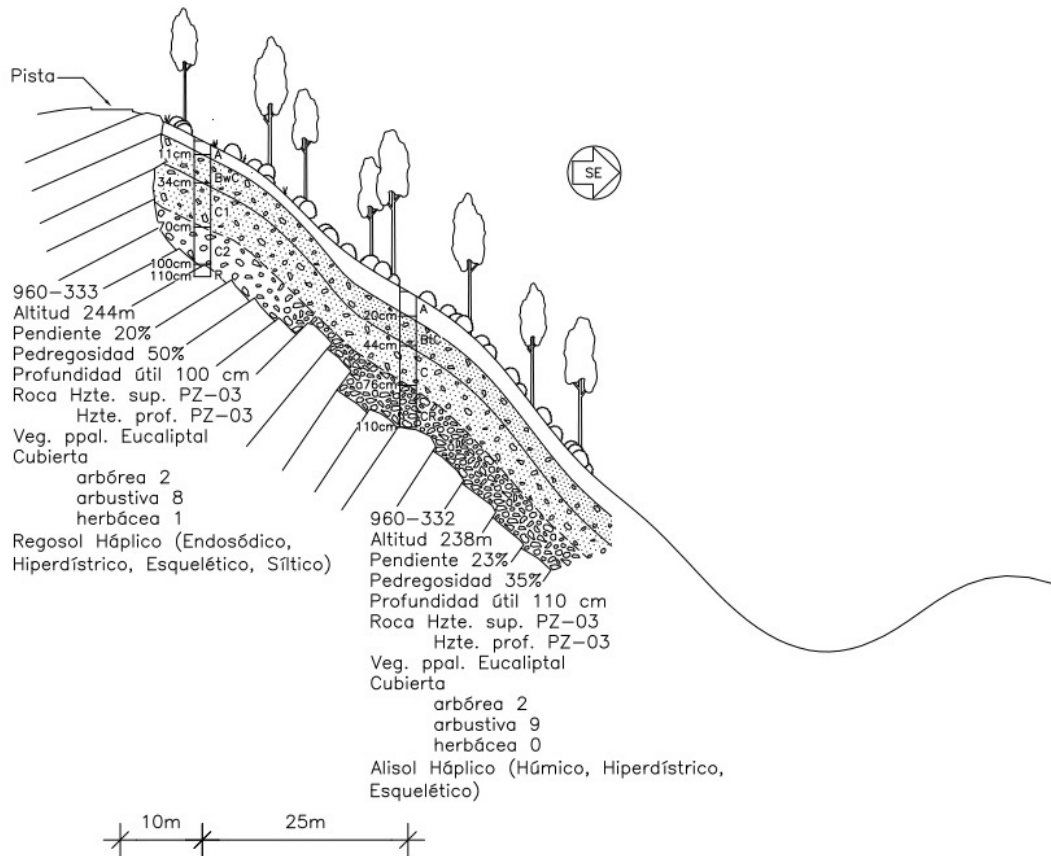


Figura 65. Transecto 74. Catena con un ligero efecto de ladera, que se refleja en la mayor evolución del perfil inferior.



Fotografía 40. Calicata 960-332, en la parte inferior del transecto 74.

## GL-1350

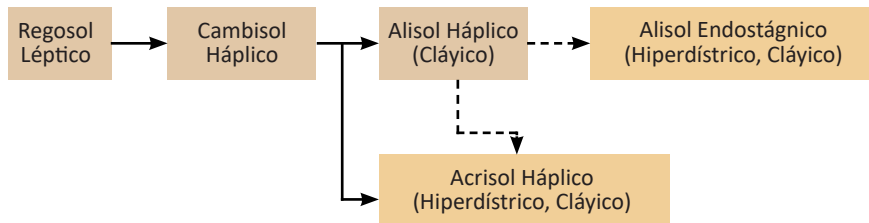
Se trata de un grupo secundario poco representado. Su roca característica es CZ-05 (cuarzarenisca de grano muy fino).

Presentan pedregosidad superficial abundante y gruesos de frecuentes a abundantes en el interior del perfil. Son suelos muy profundos, de textura fina (arcillosa) y con tendencia a la formación de horizontes árgicos. La capacidad de retención de agua es alta, incluso extremadamente alta para la capacidad total, si bien la textura arcillosa limita la disponibilidad de esa agua.

Con respecto a la reacción de cambio son muy extremadamente ácidos, mientras que en la solución del suelo pueden considerarse como fuertemente ácidos. Los contenidos en bases son

extremadamente pobres para el Ca, pobres para el Mg e intermedios para el K. La capacidad de intercambio catiónico es intermedia y el complejo de cambio presenta fuerte insaturación.

La alteración de la roca cuarcítica da lugar a materiales muy arcillosos, con una mayor argillización en profundidad, probablemente por la mayor humedad y por la eluviación de arcillas fácilmente móviles bajo las fuertes condiciones de acidez existentes. El conjunto acidez-horizonte árgico da lugar a alisoles háplicos y alisoles endostágnicos; cuando la arcilla presenta muy baja CIC, aparecen acrisoles háplicos, en todos los casos con el sufijo Cláyico, relativo al carácter arcilloso.

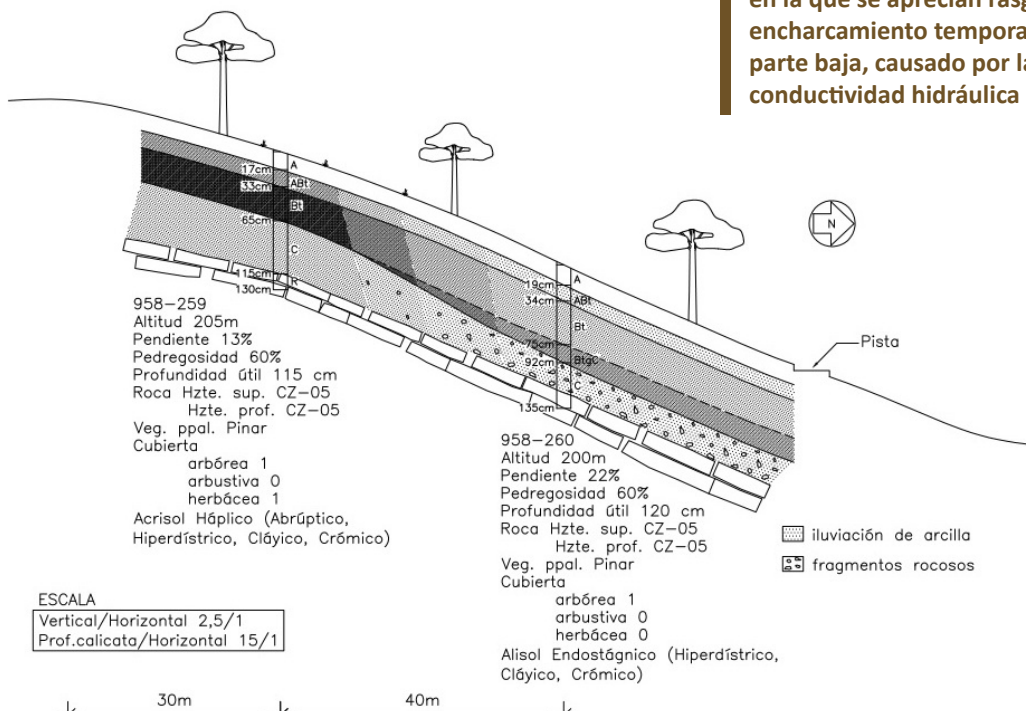


**Figura 66. Evolución probable de los suelos del GL-1350. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

La aptitud forestal de estos suelos es media-alta, puesto que, aunque ofrecen una excelente capacidad hídrica, pueden presentar problemas

de encharcamiento en zonas de pendientes suaves y se encuentran algo limitados desde el punto de vista nutritivo.

TRANSECTO 46  
Puntos de muestreo 958-259-260 (GL 1350)  
Litología: Pizarras, areniscas y cuarcitas



**Figura 67. Transecto 46. Ladera con perfiles muy arcillosos y profundos, en la que se aprecian rasgos de encharcamiento temporal de la parte baja, causado por la lenta conductividad hidráulica del terreno.**

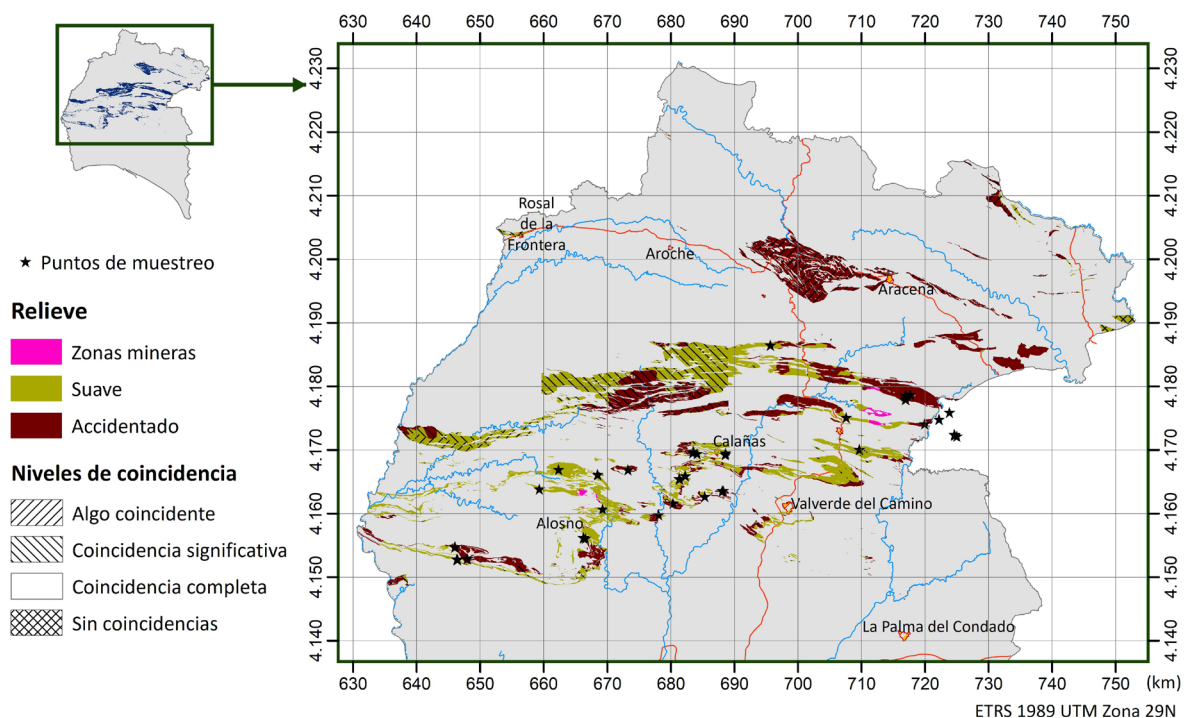


**Fotografía 41.** Pinar de repoblación sobre suelos muy profundos y arcillosos en parte baja de ladera (perfil 958-260).

### 3.3.10 Suelos sobre materiales volcánicos ácidos. Unidad LtS-1500

Suelos localizados sobre materiales ácidos del complejo vulcano sedimentario, compuestos en distintas proporciones de lavas, aglomerados, brechas, tobas y tufitas ácidas. Se trata de una unidad importante a escala provincial, pues representa el 6,5 % de la superficie total. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3 .

La localización de la unidad LtS-1500 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 68. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 64. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.



**Figura 68.** Localización de la unidad LtS-1500 en la provincia de Huelva.

**Tabla 64. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-1500.**

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	32.990,50	50,8	112	299,35	0,461
			122	4.292,12	6,609
			132	4.893,24	7,534
			212	8.782,84	13,523
			222	8.161,60	12,567
			232	14,35	0,022
			312	4.223,22	6,503
			322	2.323,79	3,578
Accidentado	31.431,08	48,4	113	304,20	0,468
			123	5.093,24	7,842
			133	9.415,79	14,498
			213	1.417,52	2,183
			223	9.505,45	14,636
			233	801,04	1,233
			313	3.694,13	5,688
Zonas mineras	524,15	0,8	210	135,79	0,209
			220	388,37	0,598
<b>TOTAL</b>	<b>64.945,73</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>64.945,73</b>	<b>100</b>

Se han establecido tres grupos litoedáficos, GL-1570, GL-1580 y GL-1590. El grupo GL-1570 es el dominante, mientras que los otros dos se consideran como casos menos frecuentes.

**Tabla 65. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Medio 10%	Máx.Medio 90%
GL 1570	Prof_Util (cm)	64,2	25	130	59	69
	CRAMU (mm)	120	34,1	322,9	106	133
	CRADU (mm)	68,4	19,8	171,5	61	76
GL 1580	Prof_Util (cm)	95,4	40	125	80	111
	CRAMU (mm)	189,7	55,4	362,5	134	245
	CRADU (mm)	98,9	34,5	187,8	73	125
GL 1590	Prof_Util (cm)	113,8	105	130	105	123
	CRAMU (mm)	280,6	248,5	331,3	250	311
	CRADU (mm)	129,3	111,5	152,7	115	143



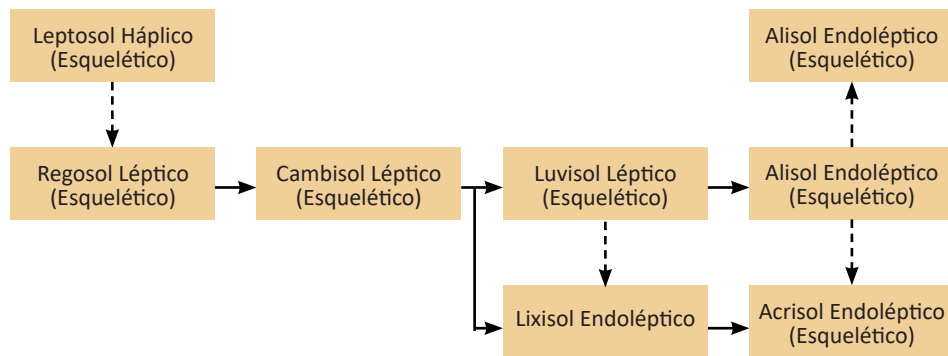
Es el grupo principal, con VS-09 (Vulcano detrítica limolítica (Toba-Tufita ácida blanca)) y VS-15 (Pórfido dacítico blanco) como rocas más características, y un gran número de rocas tipo VS como rocas ocasionales, típicas o no típicas.

Son suelos de pedregosidad superficial entre abundante y moderada, con abundantes a frecuentes gruesos en el interior del perfil. La textura es de gruesa a media, franca por regla general, y los espesores son muy variables, aunque predominan de intermedios a profundos. Las capacidades hídricas varían entre bajas e intermedias, bajas principalmente.

La reacción de cambio se mueve entre extremadamente ácida y muy fuertemente ácida, con valores frecuentes de pH-KCl inferiores a 4. La solución del suelo tiene una reacción más atenuada, tipificada entre fuertemente y

ligeramente ácida. Las riquezas en bases son de extremadamente pobres a pobres para el Ca, de muy pobres a intermedias para el Mg, y de pobres a ricas para el K. La mayor parte de los perfiles tienen capacidades de intercambio catiónico bajas y el complejo de cambio presenta saturación muy variable, dominando los suelos ligeramente saturados e insaturados.

Taxonómicamente estos suelos se ven dominados por la formación de horizontes árgicos, que dan lugar a luvisoles poco profundos (endo o, incluso, epilépticos), normalmente a partir de situaciones de menor evolución, como regosoles y cambisoles, lépticos y esqueléticos en ambos casos. Cuando la roca madre es más pobre en cationes los suelos evolucionan hacia alisoles, lixisoles y acrisoles lépticos.



**Figura 69.**  
Evolución probable de los suelos del GL-1570.

Su aptitud forestal es moderada a baja en general, por las limitaciones hídricas y el limitado desarrollo en profundidad, que pueden presentar variaciones importantes a lo largo de la ladera. Aunque no es fácil generalizar estas observaciones, se ha apreciado en el estudio de catenas de ladera que, por término medio, las partes bajas de laderas mejoran en profundidad un 5% sobre la media y hasta un

13% en capacidad hídrica; las partes altas de ladera suelen presentar espesores inferiores en un 7% respecto de la media y reducciones de la capacidad hídrica alrededor del 10%. Nutritivamente dominan las condiciones de fuerte acidez y escasez de nutrientes, aunque pueden aparecer zonas con rocas menos ácidas y condiciones mejores.

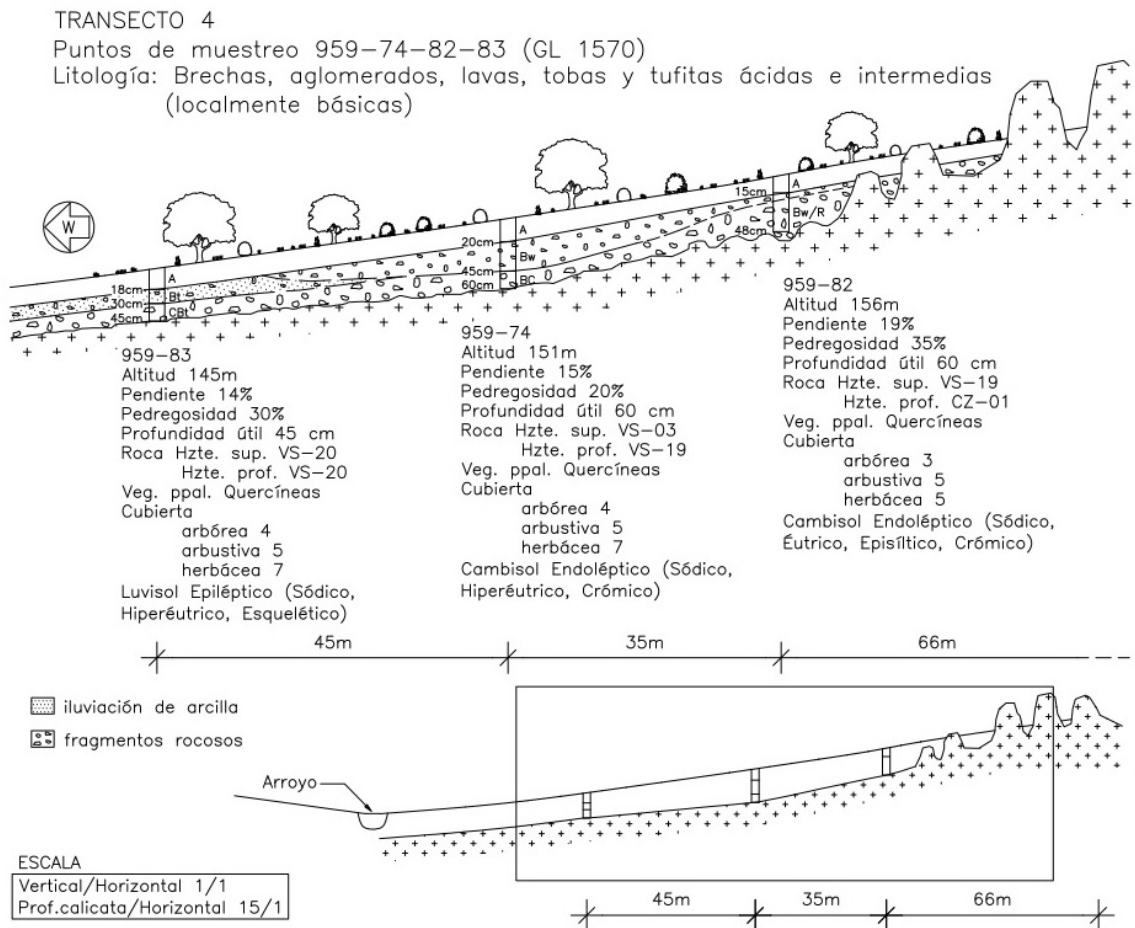
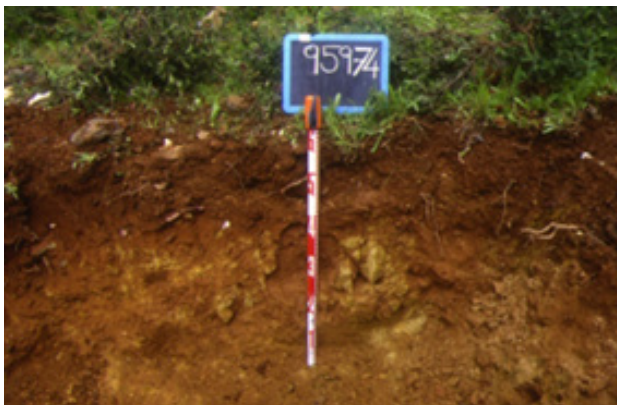


Figura 70. Catena de suelo del GL-1570. El efecto de parte baja de ladera puede ser el causante de la aparición de un horizonte de acumulación de arcilla en el muestreo 959-83.



Fotografía 42. Transecto 4 sobre pendiente moderada, con perfiles de desarrollo escaso.

TRANSECTO 5

Puntos de muestreo 959-85-86-87 (GL 1570)

Litología: Lavas, aglomerados, brechas, tobas y tufitas ácidas

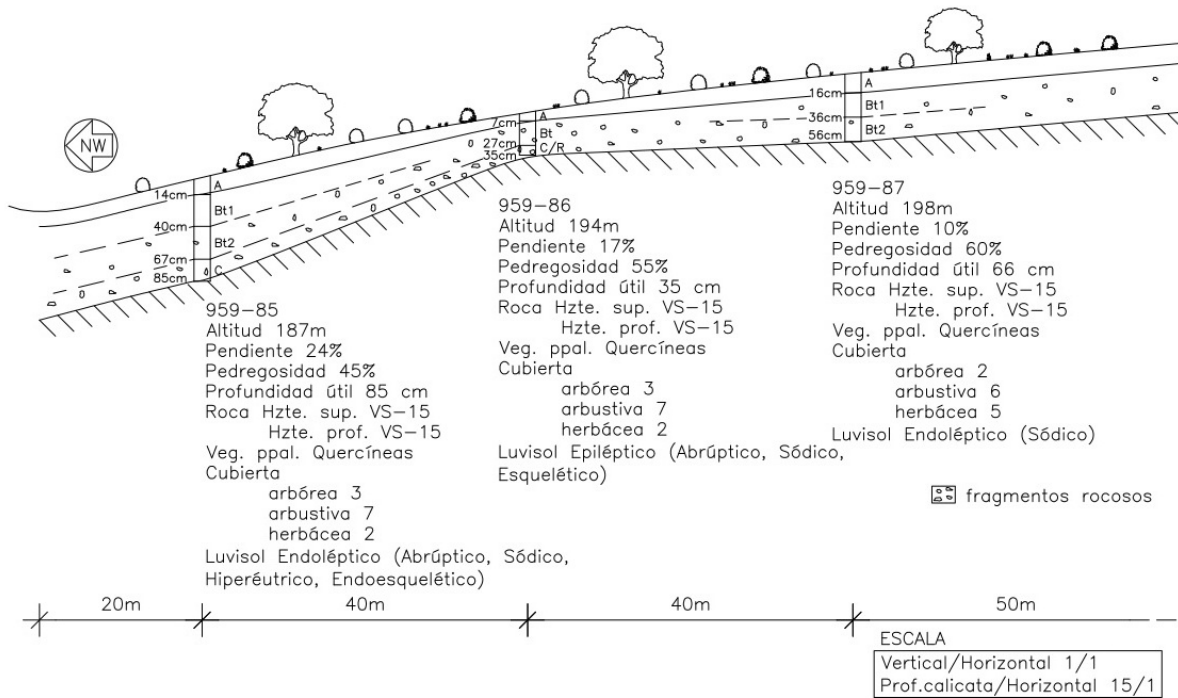
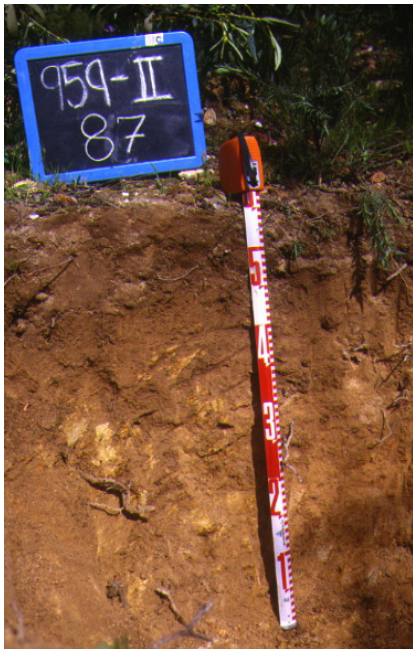


Figura 71. Catena de suelos del GL-1570, donde se aprecia la influencia de la curvatura vertical en el espesor de los perfiles.



Fotografía 43. Transecto 5, (izquierda) aspecto del perfil de la cabecera de la catena, de profundidad intermedia, notablemente menor que el de la parte baja de la ladera. Arriba, aspecto de dehesa degradada que presenta la zona de muestreo.

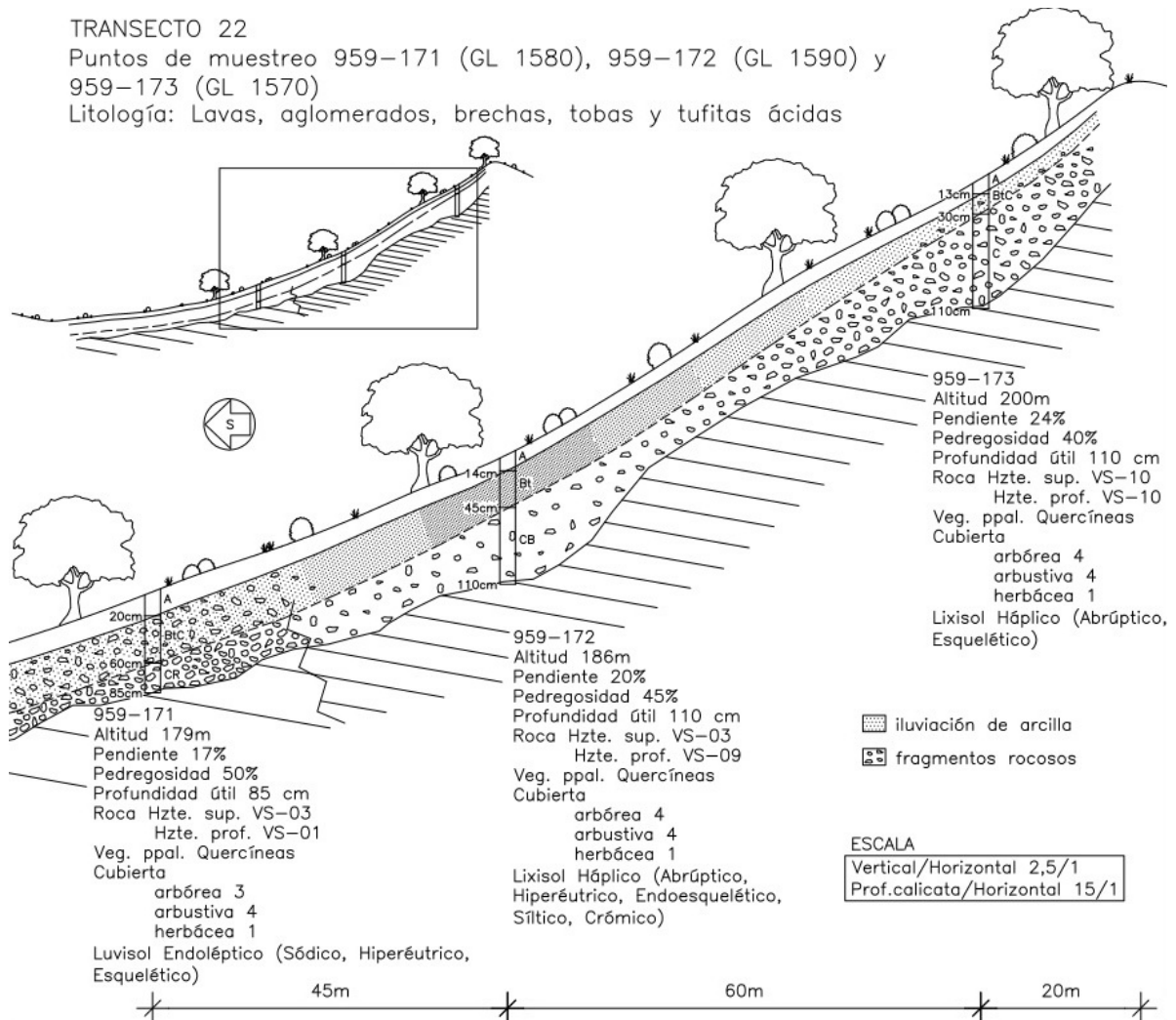


Figura 72. Catena de suelos sobre tres GL de la LtS 1500. Las condiciones atípicas de profundidad en el perfil inferior pueden verse ocasionadas por el cambio de roca. Esto explicaría también el fuerte salto en el contenido de cationes.



Fotografía 44. Transecto 22 en ladera adhesionada con pendiente moderada. A pesar de identificarse varios GL de la misma LtS-1500, la profundidad del suelo se mantiene entre suelos profundos y muy profundos.

TRANSECTO 23

Puntos de muestreo 959-175 (GL 1570) y 959-176 (GL 1580)

Litología: Brechas, aglomerados, lavas, tobas y tufitas ácidas e intermedias (localmente básicas)

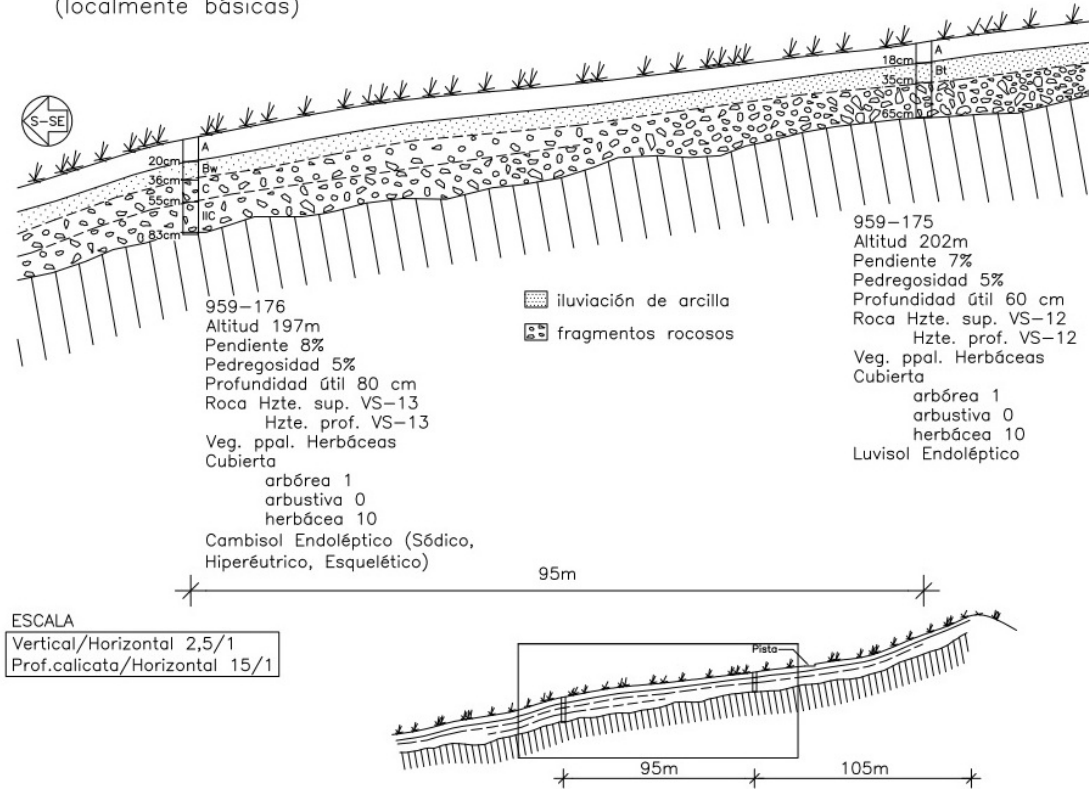
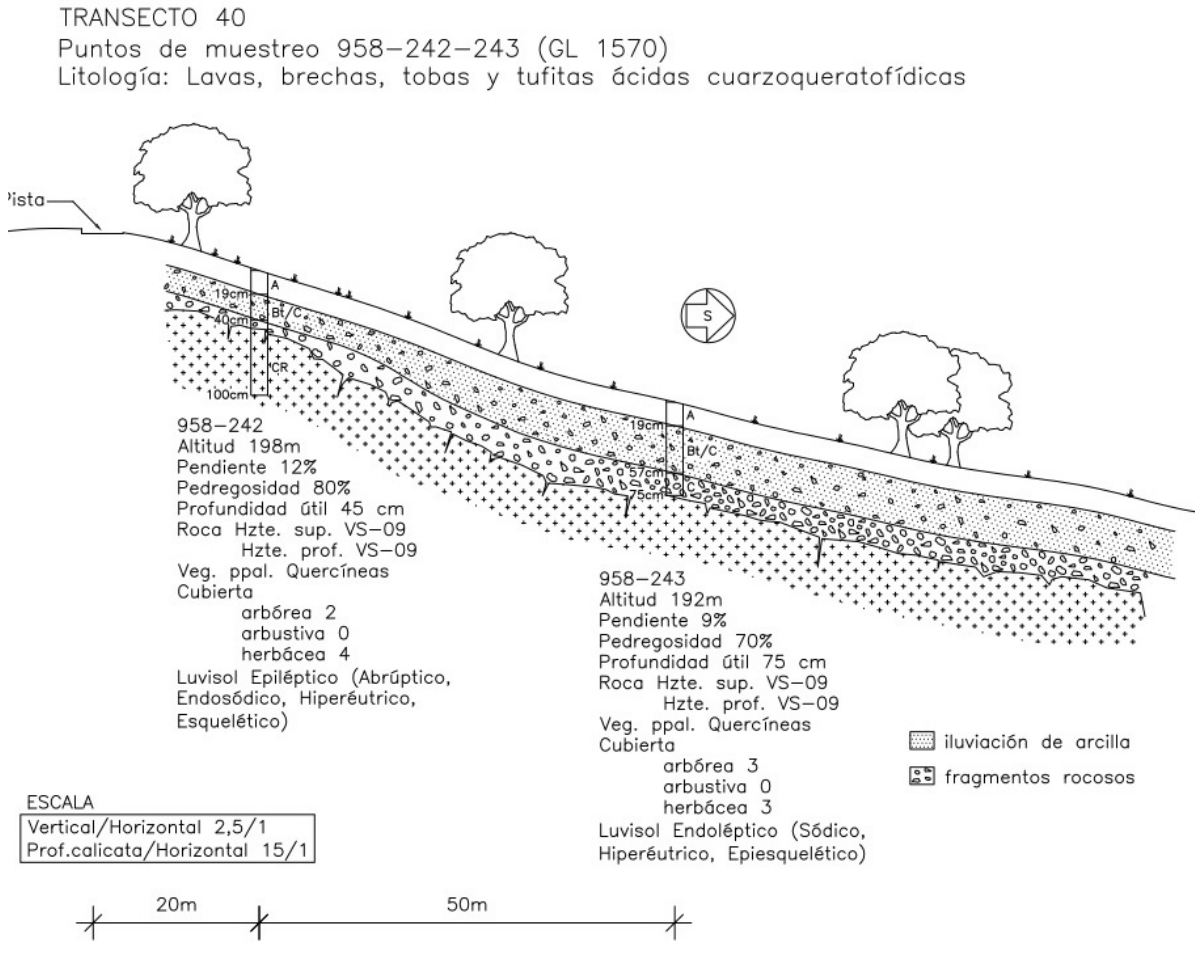


Figura 73. Transecto 23. El perfil inferior, de GL diferente, tiene altos contenidos en cationes, lo que puede explicar la estabilización de las arcillas y la ausencia de horizonte árgico.



Fotografía 45. Punto de muestreo 959-176, en la parte baja del transecto 23.



**Figura 74. Transecto 40. Ladera de pendiente suave sobre roca volcánica ácida de difícil meteorización. En la parte baja de la ladera se aprecia un aumento del espesor, que debe ser generado por una mayor duración de la humedad en el terreno.**



**Fotografía 46. Dehesa de encinar representativa del transecto 40.**

TRANSECTO 51

Puntos de muestreo 958-273-274 (GL 1570)

Litología: Lavas, brechas, tobas y tufitas ácidas cuarzoqueratofídicas

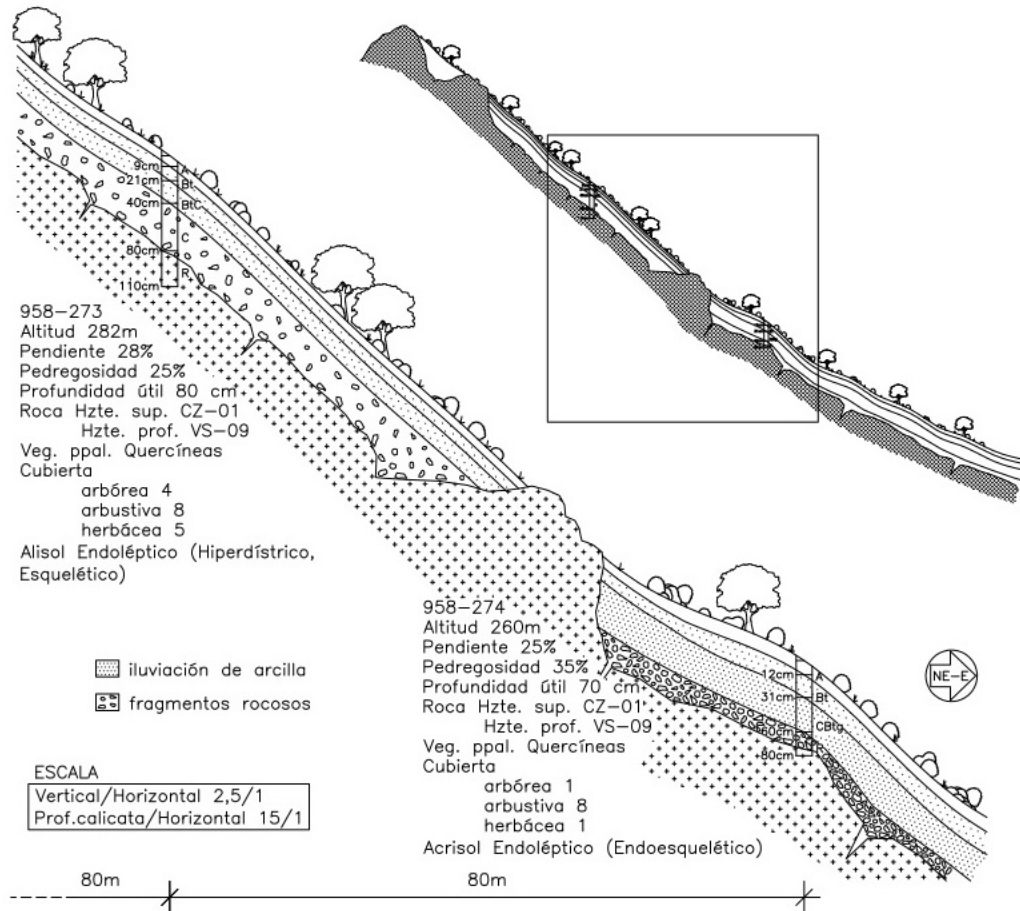


Figura 75. Transecto 51. Ladera larga y con fuerte pendiente sobre una roca volcánica ácida de lenta meteorización. La profundidad media-alta de estos suelos se ve favorecida por la densa cubierta vegetal. Sin embargo, los afloramientos frecuentes hacen que la profundidad del suelo varíe de forma difícil de predecir, eliminando los posibles efectos de ladera.



Fotografía 47.  
 Especies de *Quercus*  
 vegetando en  
 fuerte pendiente,  
 representativo del  
 transecto 51.

TRANSECTO 78

Puntos de muestreo 938-344-345 (GL 1570)

Litología: Aglomerados, lavas y tobas esquistosas ácidas e intermedias

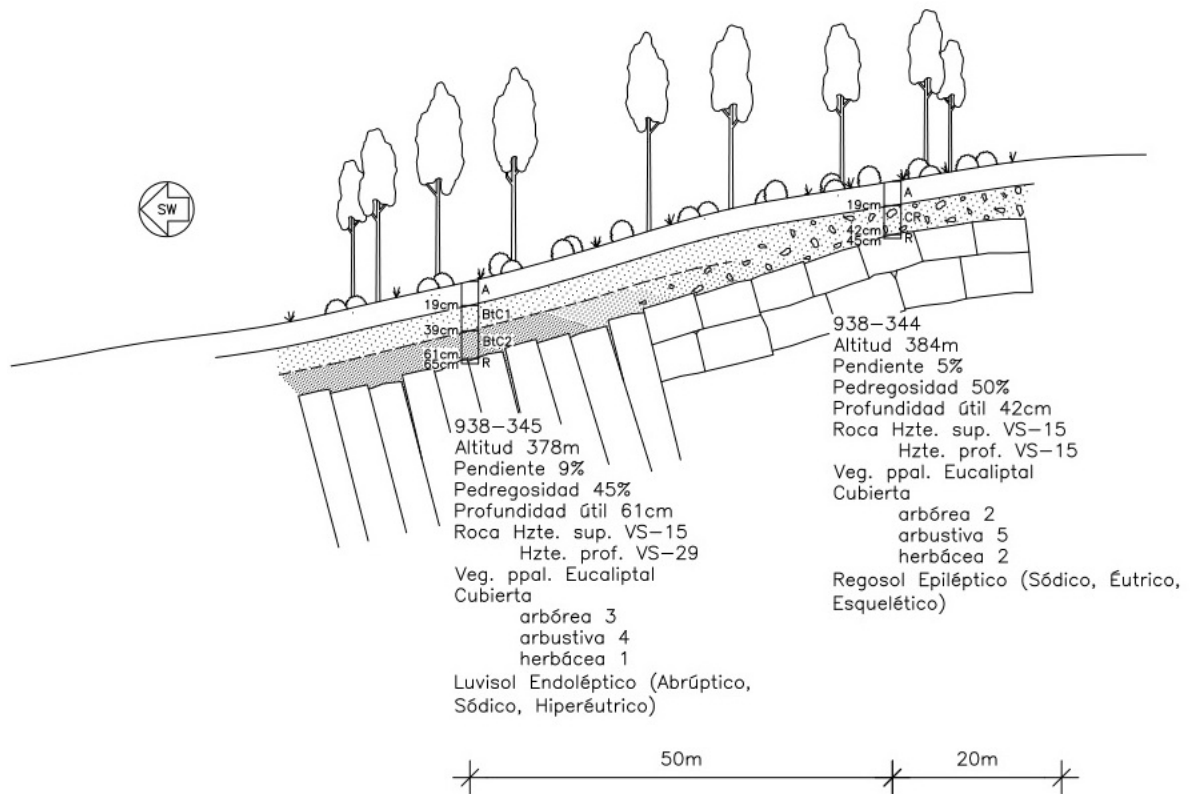


Figura 76. Transecto 78. Se trata de una catena en la que aparece un cambio de roca madre. Esta puede ser la causa de la notable diferencia entre ambos perfiles, ya que la escasa pendiente hará que cualquier efecto de ladera se encuentre muy atenuado.



Fotografía 48.  
Transecto  
78, punto de  
muestreo 938-  
344.

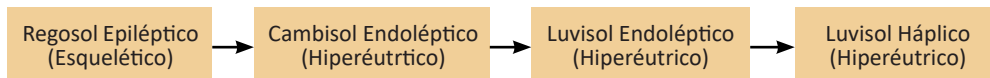
Es un grupo de importancia secundaria, con VS-13 (Pórfido dacítico pardo claro) como roca característica y un gran número de rocas tipo VS como rocas ocasionales, típicas o no típicas.

Son suelos con pedregosidad superficial generalmente moderada, aunque es variable, y con gruesos entre frecuentes y abundantes en el interior del perfil. La textura es media-fina (franca o franco-arcillosa), con tendencia a la formación de horizontes árgicos. Varían entre profundos y muy profundos, con una capacidad de retención de agua intermedia, en ocasiones extremadamente alta en capacidad total.

La reacción de cambio varía de extremadamente ácida a muy fuertemente ácida, mientras que en la solución del suelo va de medianamente

ácida a neutra. El contenido en Ca es intermedio, en Mg de intermedio a muy rico y variable de pobre a muy rico para el K. La mayor parte de los perfiles tiene capacidades de intercambio catiónico intermedias y el complejo de cambio se encuentra de ligeramente saturado a saturado; de hecho, este grupo no se considera típico de la LtS por el alto contenido en cationes, que no es propio de litofacies de lavas ácidas.

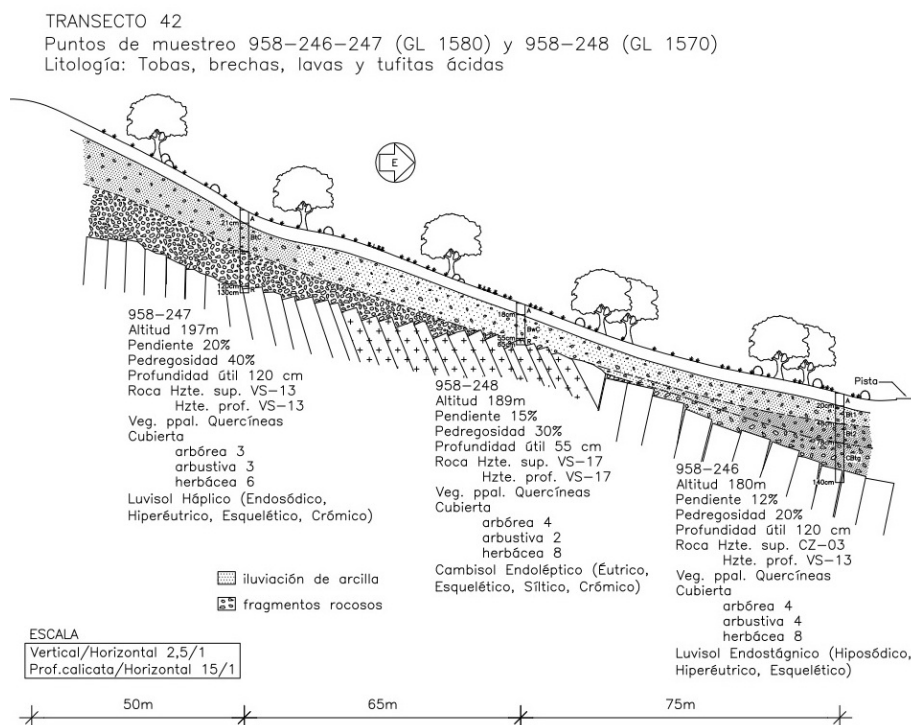
El taxón más abundante son los luvisoles con sufijo hiperéutrico, que evolucionan desde regosoles y cambisoles endolépticos. Han aparecido con frecuencia luvisoles endostágnicos, que normalmente van asociados a zonas de drenaje lento.



**Figura 77. Evolución probable de los suelos del GL-1580. En la mayor parte de los perfiles se ha aplicado el sufijo Esquelético por su elevada pedregosidad.**

Son suelos con una aptitud forestal entre buena e intermedia, en consonancia con su profundidad y su buen contenido en bases. Sin embargo, se han detectado perfiles con elevada salinidad asociados a posiciones de fondo de valle, en

donde se pueden concentrar sales minerales lavadas por el agua, además de los posibles ascensos por capilaridad. La profundidad suele estar en consonancia con los efectos de ladera ya indicados para el GL-1570.



**Figura 78. Transecto 42. Perfiles en ladera de litología variable; en la parte central de la ladera aparece una roca distinta, más resistente a la meteorización, con una localización subsuperficial. En la parte baja de la ladera se aprecian indicios de acumulación de agua en profundidad durante varios meses al año.**



Fotografía 49. Dehesa de encina en la zona del Transecto 42 (muestreo 958-248).

TRANSECTO 61  
Puntos de muestreo 960-301-302 (GL 1580)  
Litología: Aglomerados, lavas y tobas esquistosas ácidas e intermedias

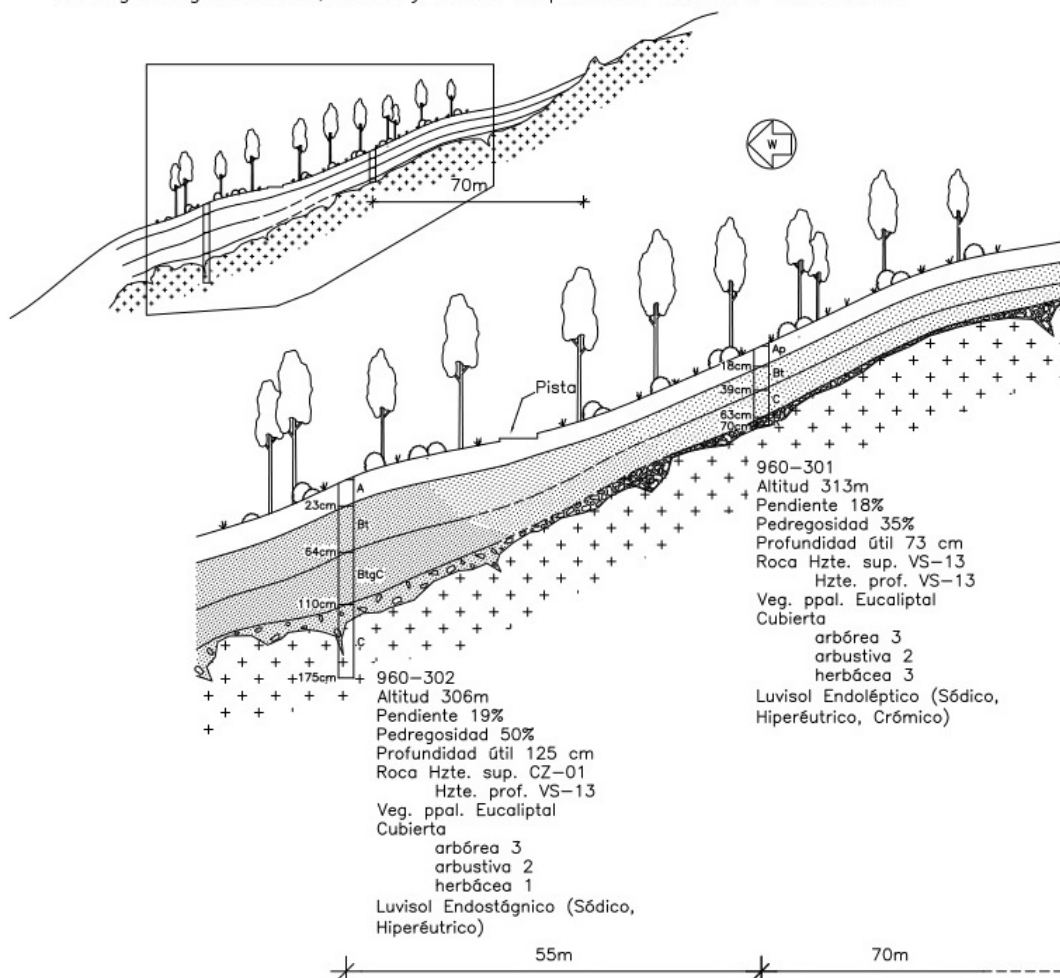


Figura 79. Transecto 61. Catena con un efecto de ladera patente, que se refleja principalmente en el aumento de espesor de los suelos de la parte media-baja, así como una mayor disponibilidad hídrica que se refleja en las manchas por hidromorfía en el horizonte árgico más profundo.



Fotografía 50. Punto de muestreo 960-302, en la parte baja del transecto 61.

## GL-1590

Es un grupo secundario, sus rocas características son: VS-11 (Limolita verdosa o Tufita verdosa ácida) y VS-23 (Jaspe-Chert rosa con magnetita); la VS-09 (Vulcano detrítica limolítica o Toba-Tufita ácida blanca) es una roca no típica.

Los suelos son, en general, de moderada a abundantemente pedregosos en superficie, con gruesos frecuentes y abundantes dentro del perfil. Texturas de tendencia fina (franco-arcillosas y franco-arcillo-limosas, principalmente). Son generalmente muy profundos, con capacidades hídricas muy altas en general.

La reacción de cambio es entre extremada y muy fuertemente ácida, con valores por debajo de 4,

y de muy fuertemente ácida a medianamente ácida para la solución del suelo. El contenido en Ca es de extremadamente pobre a intermedio y el de Mg varía de pobre a muy rico; la riqueza en K es también muy variable, entre muy pobre e intermedia principalmente. La capacidad de intercambio catiónico varía de baja a intermedia y el complejo de cambio se encuentra entre insaturado y ligeramente saturado.

Todos estos perfiles tienden a presentar horizonte árgico, con presencia principal de lixisoles y luvisoles háplicos, y acompañamiento de alisoles.

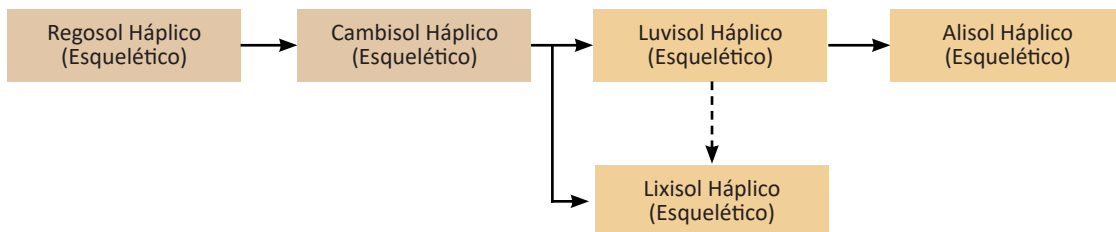


Figura 80. Evolución probable de los suelos del GL-1590. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.



### 3.3.11 Suelos sobre rocas intrusivas básicas (diabasas). Unidad LtS-1800

La litofacies representativa es “Gabro-diabasas”. Su importancia superficial es escasa, pues ocupa sólo el 0,6 % de la superficie provincial. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3. La localización de la unidad LtS-1800 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la

Figura 82. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 67. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5

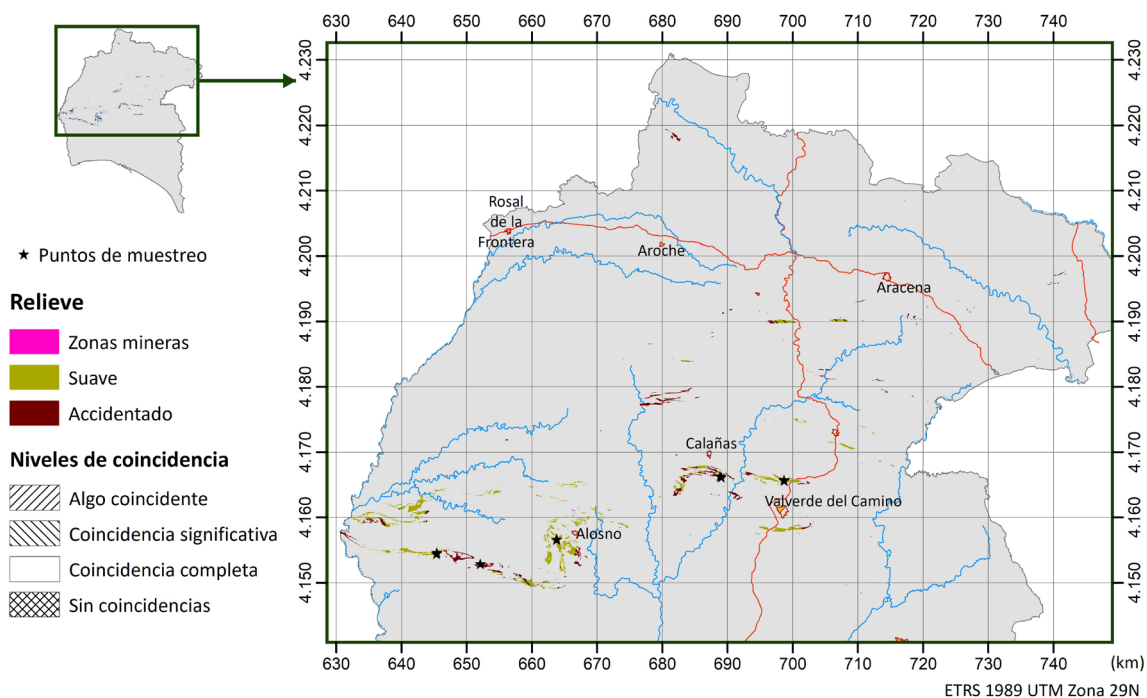


Figura 82. Localización de la unidad LtS-1800 en la provincia de Huelva.

Tabla 67. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-1800.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	3.878,66	67,54	112	0,24	0,004
			122	37,59	0,655
			132	266,33	4,637
			212	752,47	13,102
			222	128,37	2,235
			232	4,55	0,079
			312	1.960,59	34,139
			322	728,51	12,685
Accidentado	1.856,12	32,32	113	0,13	0,002
			123	370,26	6,447
			133	79,06	1,377
			213	6,75	0,118
			223	80,93	1,409
			233	34,70	0,604
			313	921,11	16,039
323	363,19	6,324			
Zona minera	8,29	0,14	210	8,29	0,144
<b>TOTAL</b>	<b>5.743,07</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>5.743,07</b>	<b>100</b>

Se han establecido tres grupos litoedáficos, GL-1840, GL-1850 y GL-1860. El grupo GL-1840 es el dominante, mientras que los otros dos se consideran como casos poco frecuentes.

**Tabla 68. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 1840	Prof_Util (cm)	110,8	70,0	145,0	92,6	129,1
	CRAMU (mm)	256,0	123,7	390,0	203,1	308,8
	CRADU (mm)	119,1	62,1	172,0	97,0	141,2
GL 1850	Prof_Util (cm)	40	40	40	33	47
	CRAMU (mm)	90,0	88,2	91,7	84,4	95,5
	CRADU (mm)	51,3	50,7	51,9	49,4	53,1
GL 1860	Prof_Util (cm)	130	130	130	123	137
	CRAMU (mm)	399	399	399	373	425
	CRADU (mm)	177	177	177	163	190

**Tabla 69. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-1800. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO resumida	FAO Prefijo	N_perfiles	Abrúptico	Cláýico	Crómico	Escálico	Esquelético	Hiperéutrico	Húmico	Rúptico	Sódico	
1800	1840	Cambisol	Háplico	2		1	1			2	1		2	
		Luvisol	Endoléptico	1					1	1				1
			Háplico	3	1		2			3				3
	1850	Luvisol	Epiléptico	1						1				1
		Regosol	Epiléptico	1				1	1	1				1
	1860	Luvisol	Cálcico	1	1	1	1			1		1	1	1
<b>Total</b>				<b>9</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>9</b>	

## GL-1840

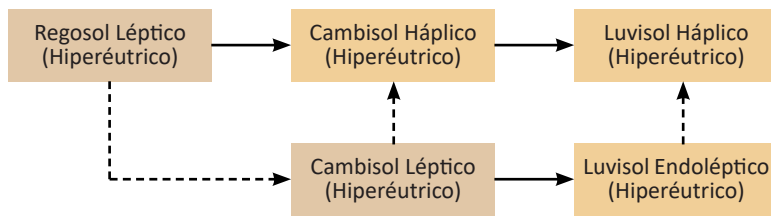
Suelos asentados sobre VS-04 (Diabasa (Lava básica verdosa)) y VS-30 (Diabasa oscura granulosa) como rocas características.

Suelos de pedregosidad superficial moderada o abundante, con frecuentes gruesos en el perfil, por lo general. Las texturas son medias-finas, con dominio de las franco-arcillosas, aunque también aparecen más gruesas. En cuanto al espesor se califican de intermedios a muy profundos y su capacidad de retención de agua es muy variable, de intermedia a extremadamente alta para la capacidad total y de baja a muy alta para el agua disponible.

La reacción de cambio se tipifica como muy fuertemente ácida a medianamente ácida, mientras que la solución del suelo presenta reacciones muy atenuadas, de neutra a medianamente básica. El contenido en Ca

es intermedio a muy rico y en Mg suele ser excesivamente rico; la riqueza en K es entre muy pobre y pobre. Tienen capacidades de intercambio catiónico elevadas y el complejo de cambio se encuentra saturado.

La dinámica de estos suelos tiende a la formación de horizontes de acumulación de arcilla en profundidad. En esta acumulación tendrá más peso la argillización in situ que los procesos de argiluvación. En condiciones favorables se pueden formar horizontes árgicos que darán lugar a luvisoles háplicos (hiperéutricos) y, en su defecto, cambisoles háplicos (hiperéutricos). En zonas altas de ladera o sobre topografías convexas la pedregosidad aumenta y es difícil que los suelos evolucionen más allá de regosoles lépticos (hiperéutricos) (Figura 83).



**Figura 83. Evolución probable de los suelos del GL-1840. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

El grupo presenta variaciones estadísticamente significativas frente a las variables ambientales siguientes:

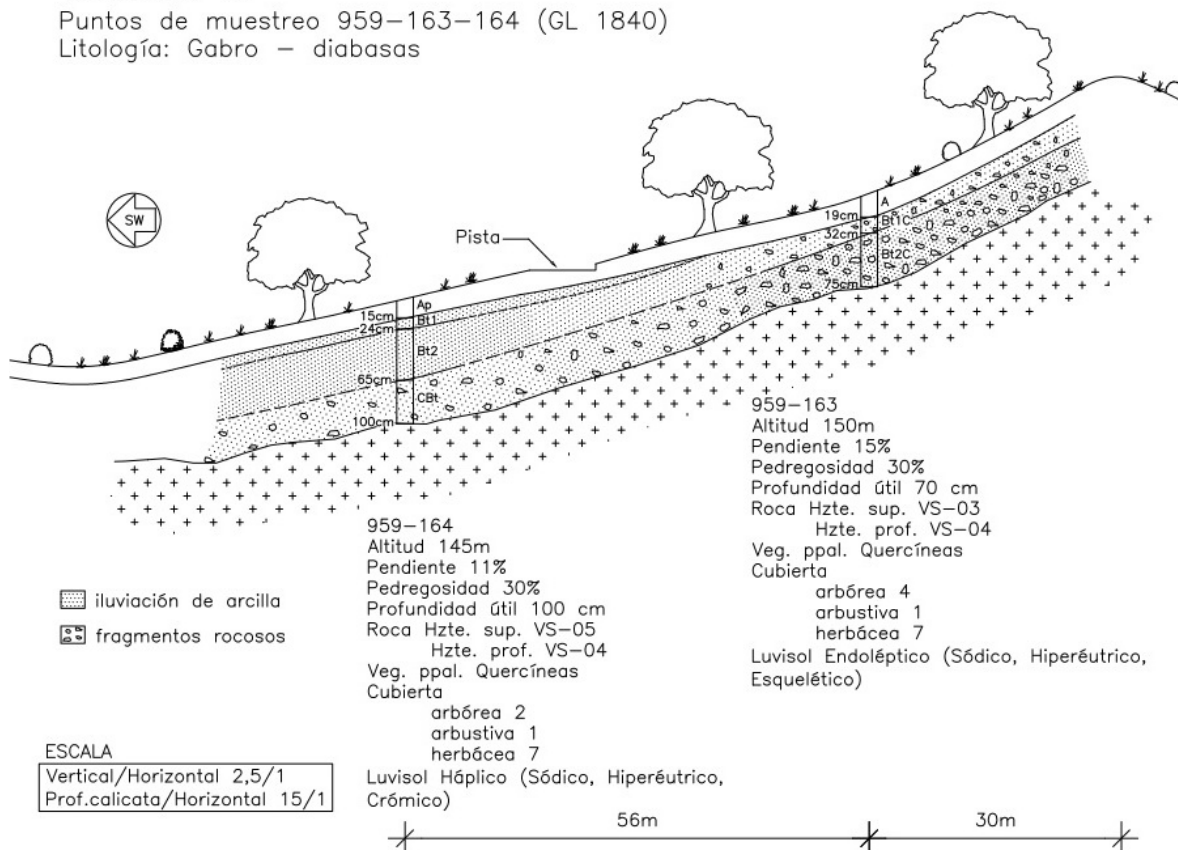
- Variables de ladera: principalmente el índice de humedad (CAT\_WI, véase Anejo 1). Los suelos mejoran en profundidad y capacidad hídrica sobre posiciones medias o bajas en la ladera, especialmente cuando la pendiente comienza a disminuir.
- Variables climáticas y variable clima-relieve: existe una relación respecto de estas variables, tal como se ha descrito en la introducción de este subcapítulo.

Los suelos de este GL-1840 presentan una excelente aptitud forestal, dada su profundidad, riqueza en bases y capacidad de retención de agua. Pueden ser limitantes para especies forestales que resistan mal los ambientes poco aireados o las que sean sensibles a la abundancia de Ca-Mg. Las partes bajas de ladera y zonas cóncavas pueden albergar especies más exigentes en agua, mientras que las zonas menos favorables presentarán una menor potencialidad.

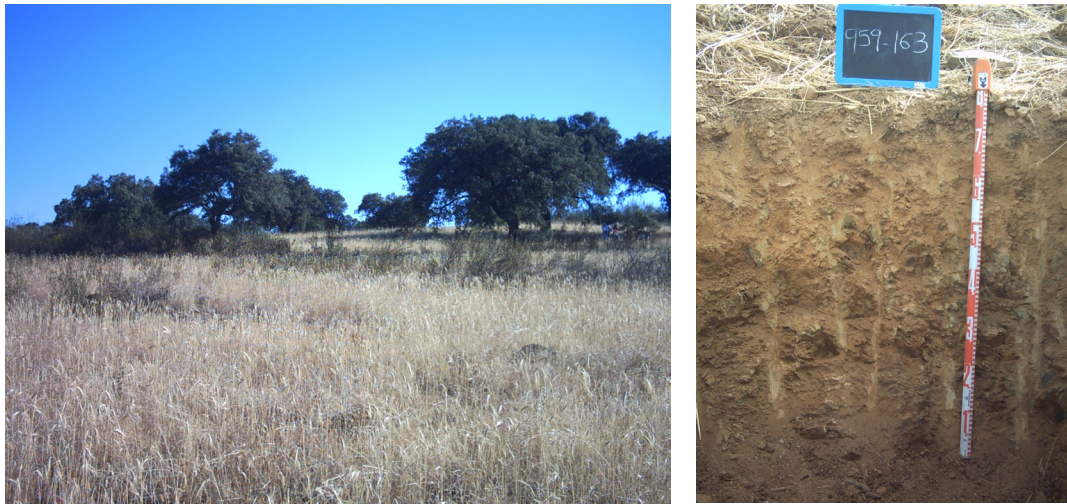
#### TRANSECTO 18

Puntos de muestreo 959-163-164 (GL 1840)

Litología: Gabro – diabasas

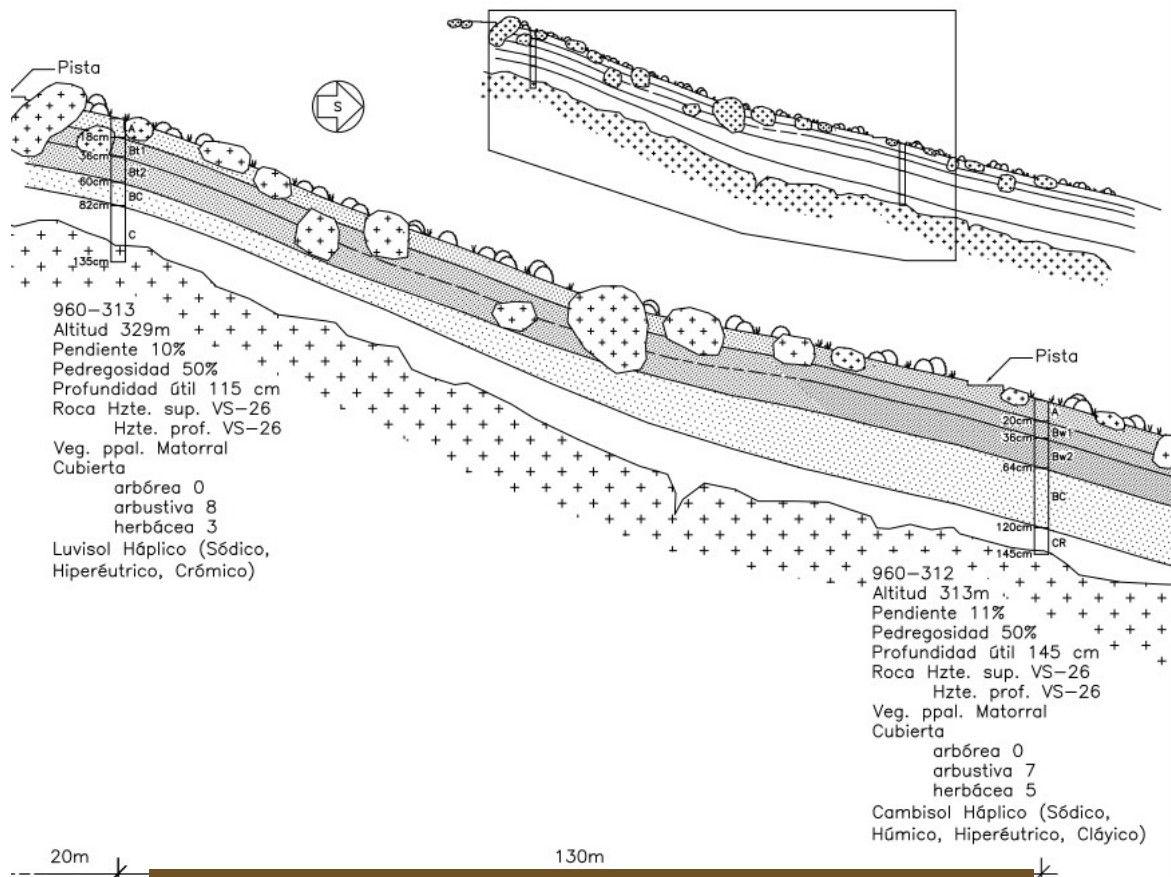


**Figura 84. Catena de suelo del GL-1840. Se pone de manifiesto la gran diferencia de desarrollo de los perfiles con respecto al GL-1850.**



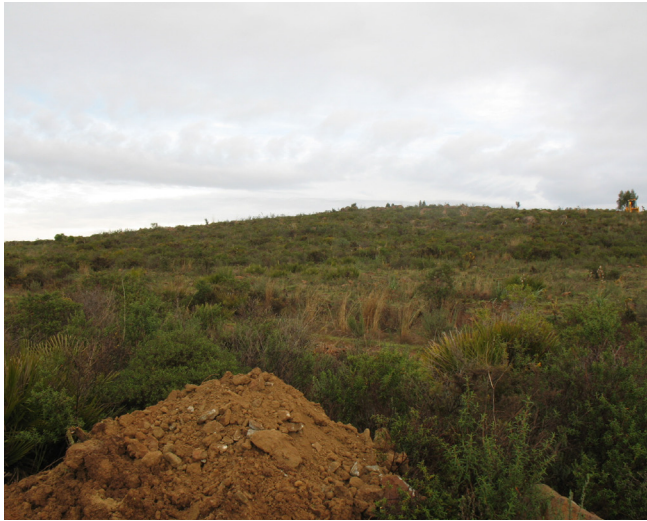
**Fotografía 52.** Transecto 18 en ladera de pendiente moderada, bajo dehesa de encinar. En la fotografía de la derecha se ve el perfil de la parte superior de la ladera, con un mayor contenido en gruesos y profundidad menor, aunque ambos perfiles presentan horizonte árgico y una textura franco-arcillosa.

TRANSECTO 66  
Puntos de muestreo 960-312-313 (GL 1840)  
Litología: Gabro – diabasas



**Figura 85.** Transecto 66. Catena sobre una ladera de pendiente suave; en la parte baja se aprecia una mayor formación de arcilla y un espesor ligeramente superior, probablemente por la mayor disponibilidad de agua. En la zona culminal el progresivo lavado de bases puede ser la causa de la eluviación de las arcillas de superficie, que han propiciado la formación de los horizontes árgicos. La argillización en el perfil inferior es potente en sus tres primeros horizontes sin que se observe eluviación.

Fotografía 53. Transecto 66, calicata 960-312.



Fotografía 54. Calicata 960-313, en la parte alta del transecto 66.

## GL-1850

Se trata de un grupo minoritario. La roca característica es VS-26 (Pórfido diabasa-gabrodiabasa).

La pedregosidad interior en estos perfiles varía de abundante a frecuente, mientras que la pedregosidad superficial es escasa. Las texturas son medias (francas), con tendencia a la escasez de limos. Son someros y con capacidad de retención de agua baja. Son cohesivos y compactos, y de buena resistencia a la erosión.

La reacción de cambio es muy fuertemente ácida y medianamente ácida, y en la solución del suelo toma valores entre neutra a ligeramente ácida. La riqueza en Ca es intermedia, son pobres y muy pobres en K, y excesivamente ricos en Mg.

Esta última riqueza puede ser un factor limitante muy importante, a juzgar por la tipología de la vegetación que ocupa esta zona, principalmente matorrales típicos de suelos básicos (palmitos, tojos, cantuesos, jaguarzos, etc.). La capacidad de intercambio catiónico es elevada y se encuentran completamente saturados en bases.

Se observa una tendencia al aumento de la concentración de arcillas en profundidad que, dada la saturación en bases existente, se atribuye principalmente a procesos de argillización in situ. Los taxones característicos son los regosoles epilépticos (hiperéutricos) y, en zonas favorables, se forman horizontes árgicos que dan lugar a luvisoles epilépticos (hiperéutricos) (Figura 86).

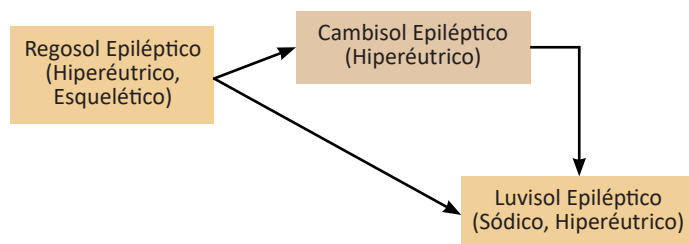


Figura 86. Evolución probable de los suelos del GL-1850. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.

La aptitud forestal de estos suelos es muy limitada, tanto por las condiciones restrictivas de profundidad y capacidad de retención de agua, como por la toxicidad que puede derivar del exceso de catión Mg. Su reserva de nutrientes y resistencia a la erosión pueden hacerlos adecuados para pastizales, aunque en las dehesas la vegetación arbórea acusará las épocas de sequía prolongada, a causa de la limitada profundidad del sustrato.

Una posible explicación a la supervivencia de las dehesas sobre estos suelos, en los que la roca aparece a menos de 0,5 m de profundidad, es que este material parental se presenta agrietado, formando refugios de frescura para las raíces de la vegetación leñosa. Contrariamente a lo que ocurría sobre pizarras, esta roca no es friable, por lo que la labor de las raíces será lenta. La actuación de un subsolador apenas obtendrá resultados y puede resultar muy perjudicial para la evolución y estabilidad del perfil.

Sus rocas características son PZ-07 (Pizarra limolítica verdosa) y CB-01 (Caliza en concreciones), esta última una roca carbonatada que podría provenir de una carbonatación secundaria por la abundancia de Ca y Mg.

El único perfil muestreado presenta pedregosidad superficial abundante, frecuentes gruesos dentro del perfil, textura franco-arcillosa, muy profundo y con capacidades hídricas muy altas para el agua disponible y extremadamente altas para la capacidad total.

La reacción de cambio se tipifica como ligeramente ácida, mientras que la solución del suelo presenta reacción básica. Es rico en Ca, muy rico en Mg y pobre en K. Tienen capacidades

de intercambio catiónico elevada y el complejo de cambio se encuentra totalmente saturado.

Forma un horizonte árgico, probablemente en las mismas condiciones descritas para el GL-1840, y se clasifica como Luvisol Cálculo.

Este grupo se considera excepcional dentro de la litofacies, probablemente se trate de una inclusión o, como ya se ha indicado, de una zona de recarbonatación; en consecuencia, su interés es más científico que práctico. En todo caso, su aptitud forestal se considera de buena a excelente; sus limitaciones principales serán el drenaje algo lento y la presencia de carbonatos, para aquellas especies que no los toleren.

### 3.3.12 Suelos sobre pizarras del Carbonífero, acompañadas de materiales piroclásticos finos. Unidad LtS-2000

Se encuentran incluidas en esta unidad las litofacies de materiales sedimentarios y vulcano sedimentarios del Carbonífero inferior, dominadas por "Tobas, tufitas y pizarras" y distintas combinaciones de los mismos materiales principalmente.

La unidad ocupa el 2,4 % de la superficie provincial. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden

consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-2000 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 87. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 70. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.

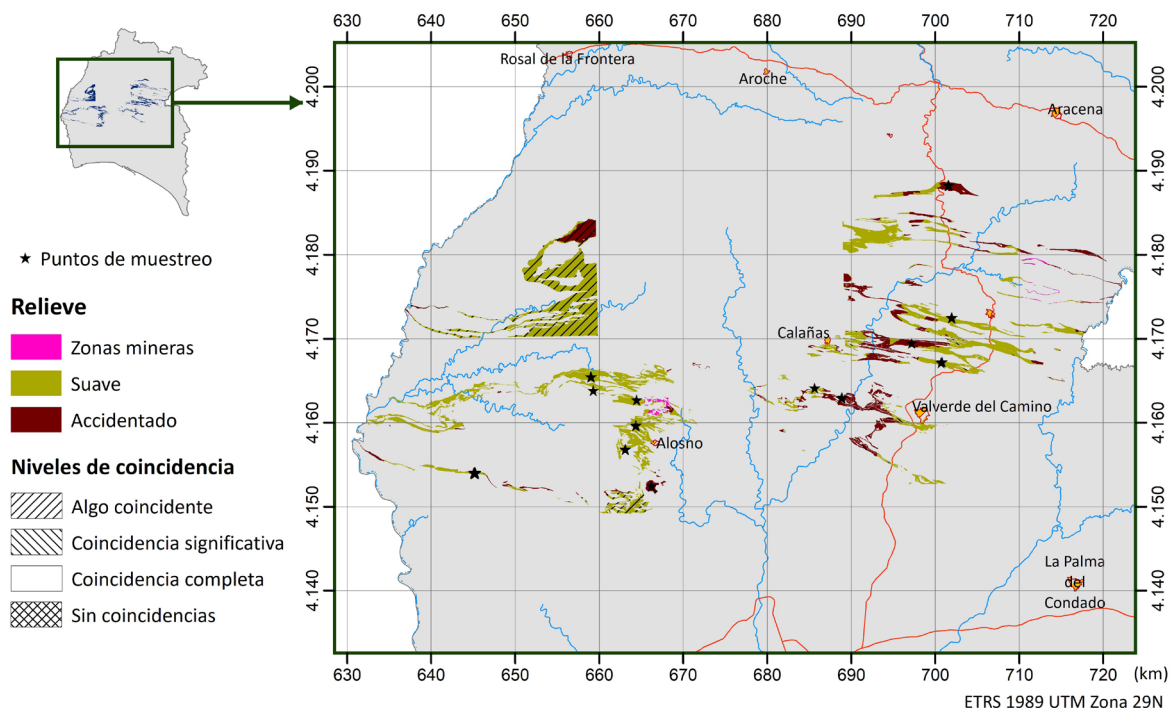


Figura 87. Localización de la unidad LtS-2000 en la provincia de Huelva.

**Tabla 70. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-2000**

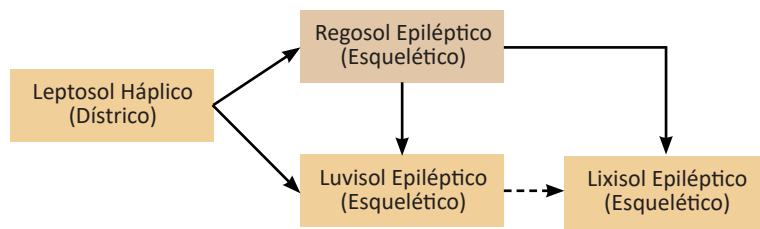
Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	18.691,42	76,94	112	5,21	0,021
			122	974,78	4,012
			132	1.010,21	4,158
			212	8.106,49	33,368
			222	4.334,76	17,843
			312	2.921,58	12,026
			322	1.338,37	5,509
Accidentado	5.366,98	22,09	113	86,69	0,357
			123	137,85	0,567
			133	624,54	2,571
			213	317,23	1,306
			223	1.489,50	6,131
			313	924,37	3,805
			323	1.786,81	7,355
			210	137,46	0,566
Zona minera	235,59	0,97	220	98,14	0,404
<b>TOTAL</b>	<b>24.293,99</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>24.293,99</b>	<b>100</b>

Se han diferenciado tres grupos litoedáficos dentro de esta unidad, GL-2040, GL-2050 y GL-2060, siendo el segundo el grupo principal.

**Tabla 71. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 2040	Prof_Util (cm)	28,8	15,0	35,0	21,0	36,5
	CRAMU (mm)	56,9	41,2	75,1	45,4	68,3
	CRADU (mm)	30,6	21,3	46,0	21,8	39,3
G 2050	Prof_Util (cm)	77,3	42,0	125,0	70,7	84,0
	CRAMU (mm)	179,8	52,5	376,4	156,6	202,9
	CRADU (mm)	88,9	28,9	167,4	79,0	98,8
GL 2060	Prof_Util (cm)	103,6	52,0	150,0	87,9	119,3
	CRAMU (mm)	174,9	100,8	233,1	151,6	198,2
	CRADU (mm)	91,0	57,6	142,1	78,5	103,4





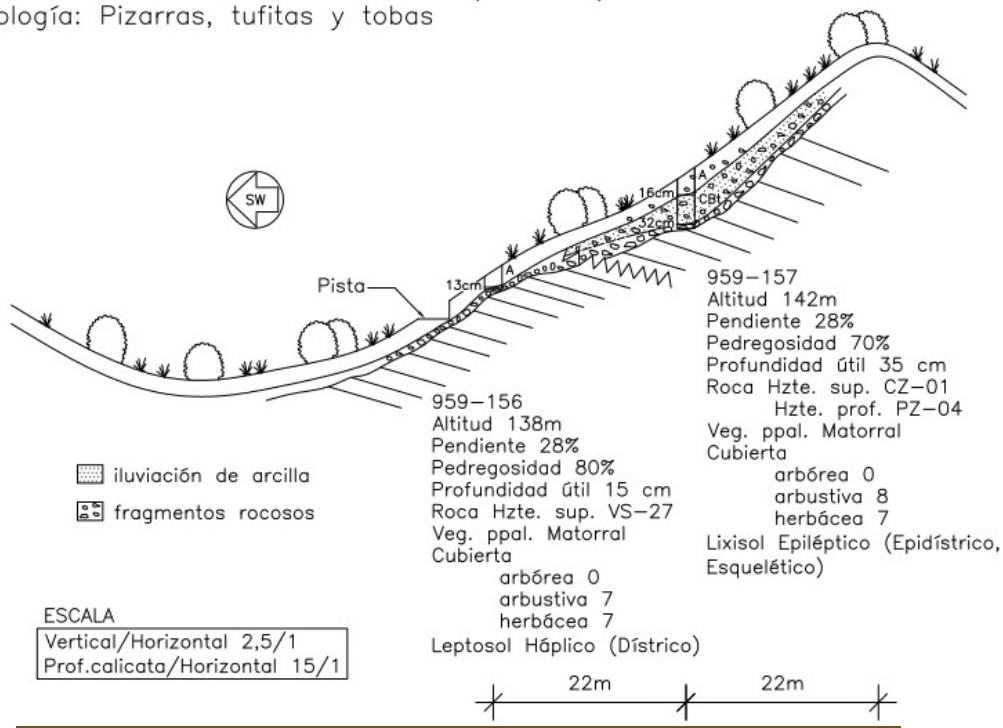
**Figura 88. Evolución probable de los suelos del GL-2040. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

Son sustratos de baja capacidad para su uso forestal que deben ser utilizados principalmente con objetivos protectores. Algunas de las rocas son fácilmente friables y esto puede incrementar notablemente los volúmenes explorables por las raíces cuando se aplica un subsolado profundo.

#### TRANSECTO 17

Puntos de muestreo 959-156-157 (GL 2040)

Litología: Pizarras, tufitas y tobas



**Figura 89. Se produce una distribución anormal de los espesores en esta ladera, que puede ser causada por los siguientes factores: probable discontinuidad litológica, curvatura convexa y buzamiento oblicuo. En cualquier caso, muestran gran degradación y desarrollo en espesor muy pequeño.**



**Fotografía 55. Transecto 17, ladera de pendiente fuerte cubierta de matorral de degradación.**

TRANSECTO 20

Puntos de muestreo 959-167 (GL 2040) y 959-168 (GL 2060)

Litología: Pizarras, tufitas y tobas

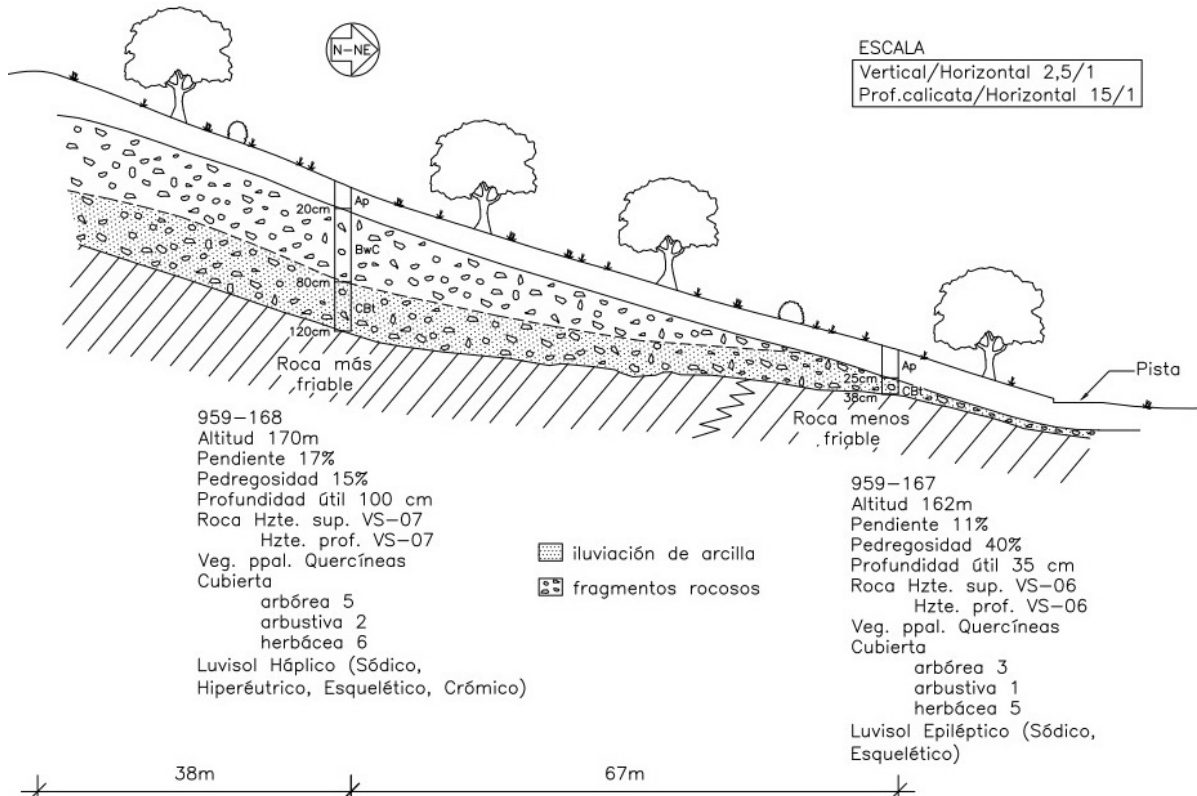


Figura 90. Distribución anormal de profundidades en esta catena, probablemente causada por la aparición de una roca más resistente en la parte inferior de la ladera.



Fotografía 56. Transecto 20 con perfil de gran desarrollo a media ladera. Este perfil es de reacción neutra, mientras que el de la parte baja de la ladera es medianamente ácido, aspecto que apoya la hipótesis de que se produce una discontinuidad litológica a mitad de ladera.

Es el grupo principal. Las rocas presentes en este grupo se han clasificado como PZ-16 (Pizarra negra violácea verde vinosa), PZ-07 (Pizarra limolítica verdosa), PZ-08 (Pizarras rosas exfoliables), PZ-03 (Pizarra gris-rosado-PQ), CZ-03 (Cuarzo arenisca) y CZ-01 (Cuarcita blanca con vetas ferruginosas).

Normalmente son suelos de abundante pedregosidad superficial y con frecuentes abundantes gruesos en el interior del perfil. La textura es media-fina (son muy frecuentes las texturas franco-arcillosas), en espesor van de intermedios a muy profundos, con unas capacidades hídricas muy variables.

La reacción de cambio es casi siempre extremadamente ácida, con valores de pH-KCl por debajo de 4; en la solución del suelo son principalmente fuertemente ácidos, aunque

llegan hasta ligeramente ácidos. Por lo general presentan valores de extremadamente pobres a muy pobres de Ca y de muy pobres a ricos en su contenido de Mg, aunque abundan los pobres; el K es variable, de pobre a rico. Tienen capacidades de intercambio catiónico bajas o intermedias, y el complejo de cambio se encuentra, en general, insaturado o muy insaturado.

Taxonómicamente estos suelos se caracterizan por la formación generalizada de horizontes árgicos, que dan lugar, en función de la riqueza en cationes y CIC de la arcilla, a luvisoles, alisoles, acrisoles y lixisoles. Aparecen también fases menos evolucionadas en forma de regosoles y cambisoles lépticos, en general pedregosos (esqueléticos) y con bajo contenido en bases (dístricos).

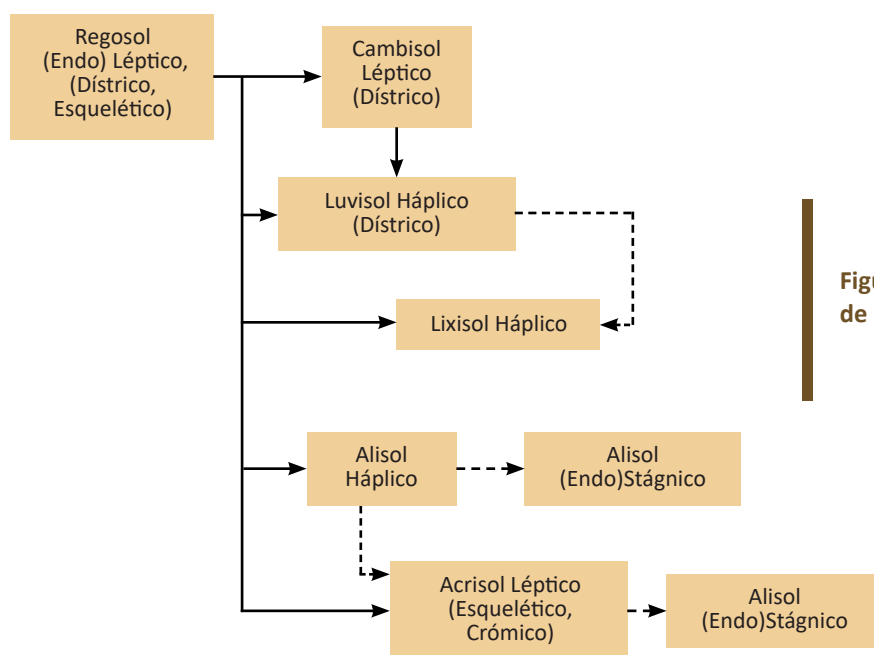


Figura 91. Evolución probable de los suelos del GL-2050.

Su aptitud forestal es muy variable y se encuentra notablemente influenciada por el relieve y los gradientes climáticos, puesto que presenta variaciones estadísticamente significativas frente a las variables ambientales siguientes:

- Variables de ladera: principalmente el índice de humedad (CAT\_WI) y el índice combinado de longitud de ladera (variable Topo\_J, véase Anejo 1). Los suelos mejoran en profundidad y capacidad hídrica sobre posiciones medias o bajas en la ladera, especialmente cuando la pendiente comienza a disminuir.

- Variables climáticas y variable clima-relieve: tal como se ha descrito en la introducción de este subcapítulo, los climas más húmedos y de temperaturas intermedias suelen presentar mayor desarrollo edafológico.

En consecuencia, aunque siempre presentarán una cierta limitación nutritiva por falta de bases, estos suelos pueden variar en cortas distancias desde aptitudes bajas a medias-altas.

En la Figura 92 y en la Fotografía 57 se pueden apreciar las características de un transecto singular asociado al GL-2050. La elevada acidez

parece ser la causa de las coloraciones oscuras detectadas en uno de los perfiles (959-97), que le dan un aspecto “podzólico”, para lo que se han encontrado dos posibles hipótesis explicativas:

- Solubilización de óxidos de hierro y manganeso con posterior deposición en horizontes profundos, por la menor acidez (precipitación) o por falta de agente de transporte.

- Meteorización completa de pizarras grafitosas o carbonosas cuya alterita mantiene la coloración negruzca. El MAGNA (CN IGME, n.d.) cita la presencia de estas pizarras acompañando a sulfuros masivos en esta litología y la presencia de manchas amarillas en el perfil podría deberse a estos compuestos.

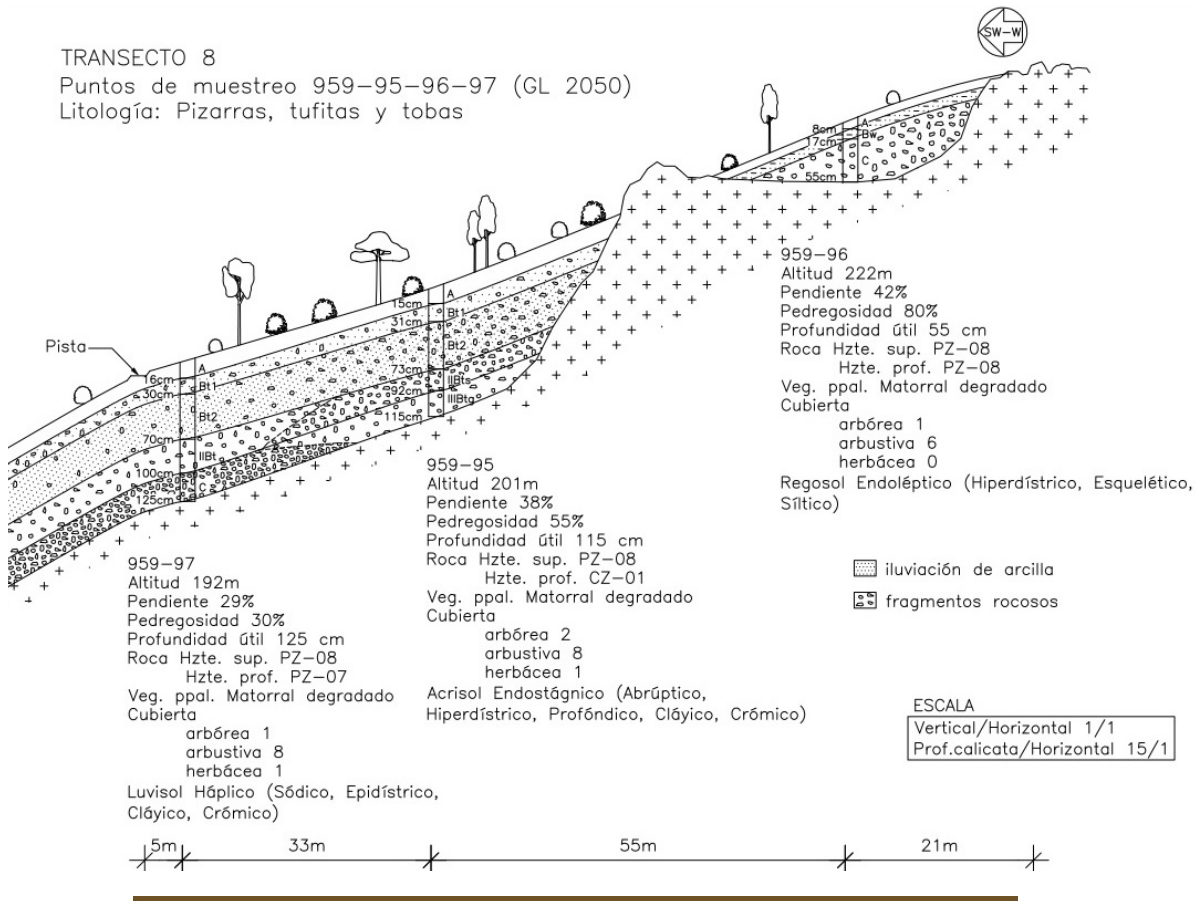


Figura 92. El incremento de la disponibilidad de agua a medida que se desciende en la ladera puede ser una de las principales causas de la mayor evolución que presentan los suelos en las partes bajas de las laderas. La presencia de una “línea de piedras” en el interior del perfil 959-95 y el grado de organización general que presenta, ponen de manifiesto que se trata de un perfil policíclico, que ha disfrutado de una buena protección contra la erosión durante milenios, con algún avatar (incendios, sequías con aguaceros extraordinarios, desprendimientos, etc.) que ha originado esta línea.



Fotografía 57. Izquierda: perfil muy profundo con aparición de horizonte oscuro seguido de una banda de color azufrado cuyo posible origen se explica en el texto. Arriba: Ladera cubierta de denso matorral en la que se levantó el transecto 8 (puede apreciarse la presencia de dos personas en el punto 959-97). La extrema acidez puede ser una de las causas del mal desarrollo del arbolado.

TRANSECTO 16

Puntos de muestreo 959-153-154 (GL 2050)

Litología: Pizarras, tufitas y tobas

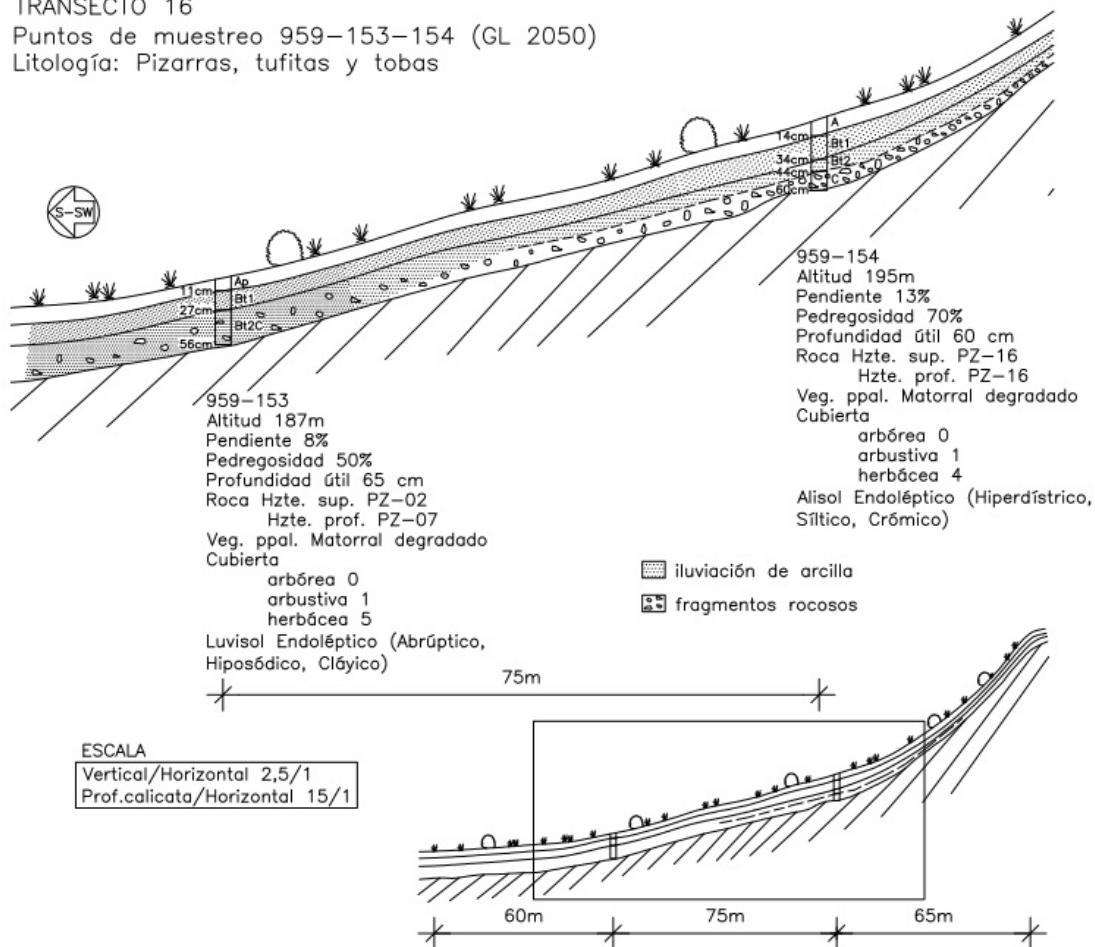


Figura 93. El cambio de pendiente y la curvatura cóncava puede ser un factor relevante en la distribución de los espesores. El buzamiento oblicuo puede dificultar el desarrollo en profundidad de los perfiles.



Fotografía 58. Perfil 959-153 sobre el transecto 16. Se advierte el carácter pedregoso y su profundidad intermedia. Abajo vista general de la zona del transecto 16, donde se ha eliminado el eucaliptal recientemente.

TRANSECTO 28  
Puntos de muestreo 958-189-190 (GL 2050)  
Litología: Pizarras y tufitas

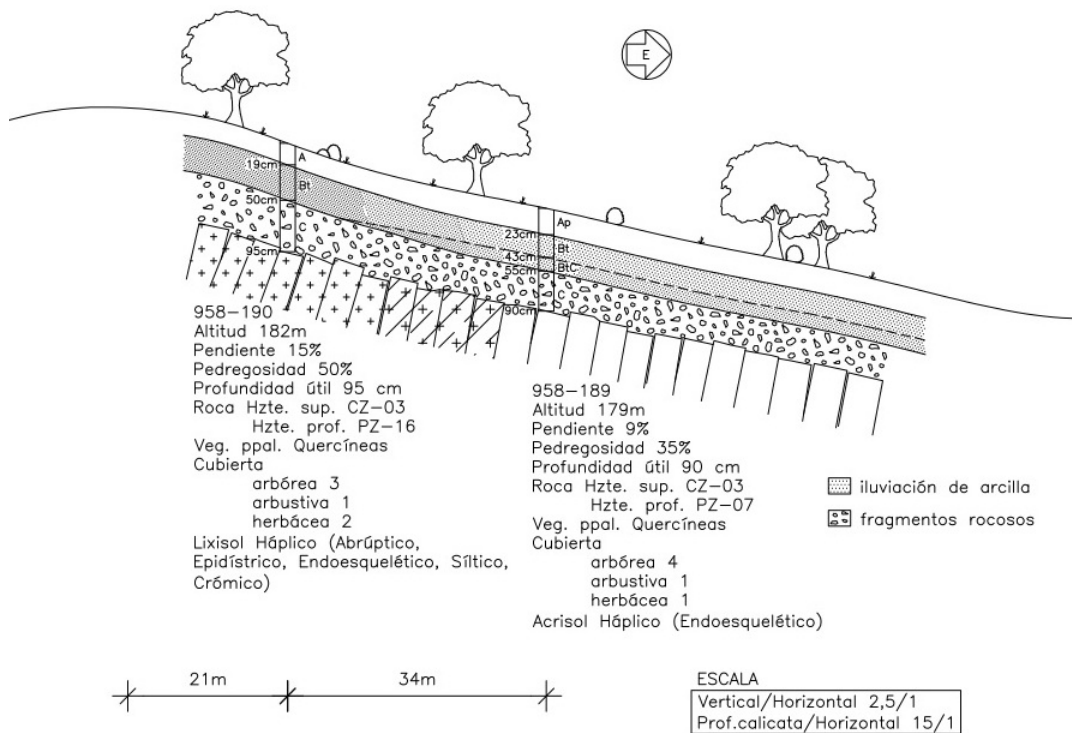


Figura 94. Transecto 28. Ladera de pendiente suave a moderada, con un cambio en la roca madre que puede estar relacionado con el carácter algo más somero y más pedregoso del perfil inferior (958-189).

Fotografía 59. Dehesa sobre pendiente moderada; corresponde a 958-190.

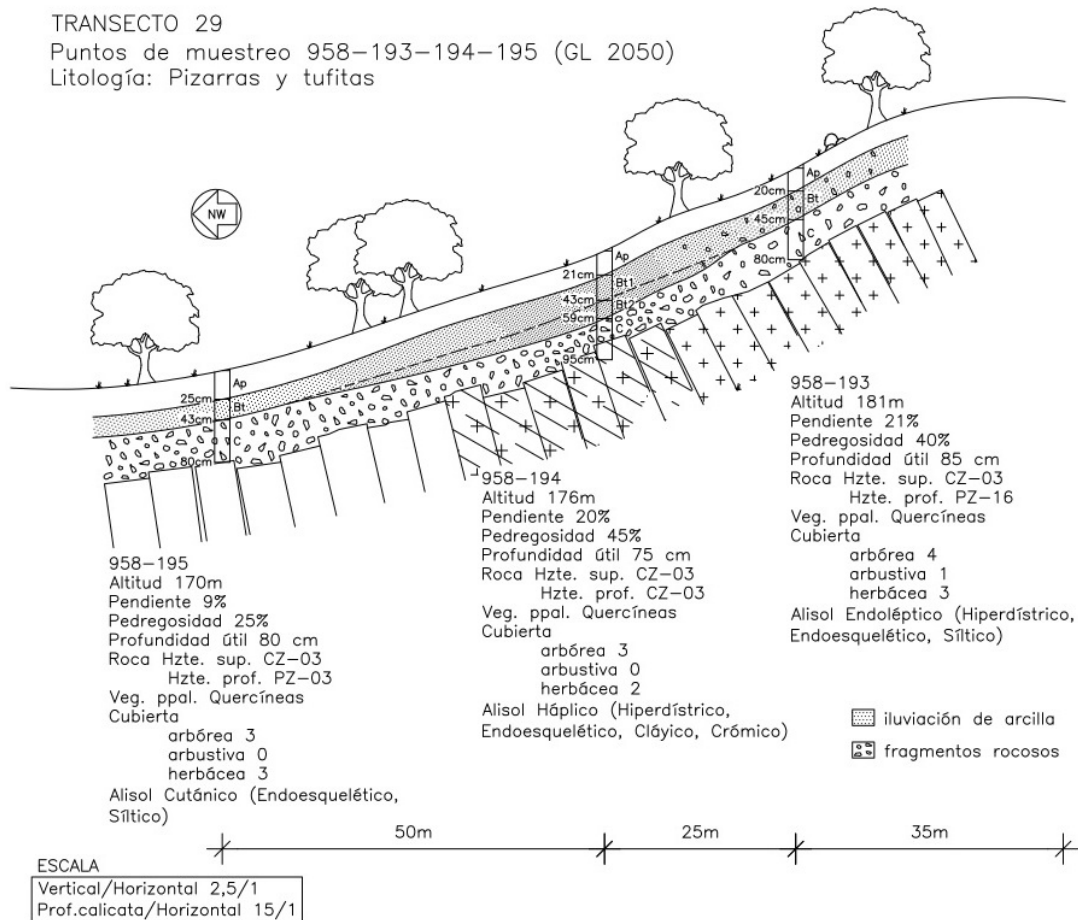


Figura 95. Transecto 29. Ladera de pendiente moderada con variaciones en la roca debidas a la disposición casi vertical de los estratos geológicos. Estas variaciones litológicas pueden enmascarar el efecto del relieve. Se aprecia una mayor pedregosidad dentro del perfil de la parte alta. La mayor circulación de agua en la parte baja de la ladera produce la formación de cutanes o microdepósitos de arcilla sobre gruesos y agregados del suelo.



Fotografía 60. Dehesa sobre pendiente suave (transecto 29).

TRANSECTO 47

Puntos de muestreo 958-261 (GL 2050) y 958-262 (GL 1570)

Litología: Pizarras y tufitas (LtS 2000); Tobas y tufitas ácidas (LtS 1500)

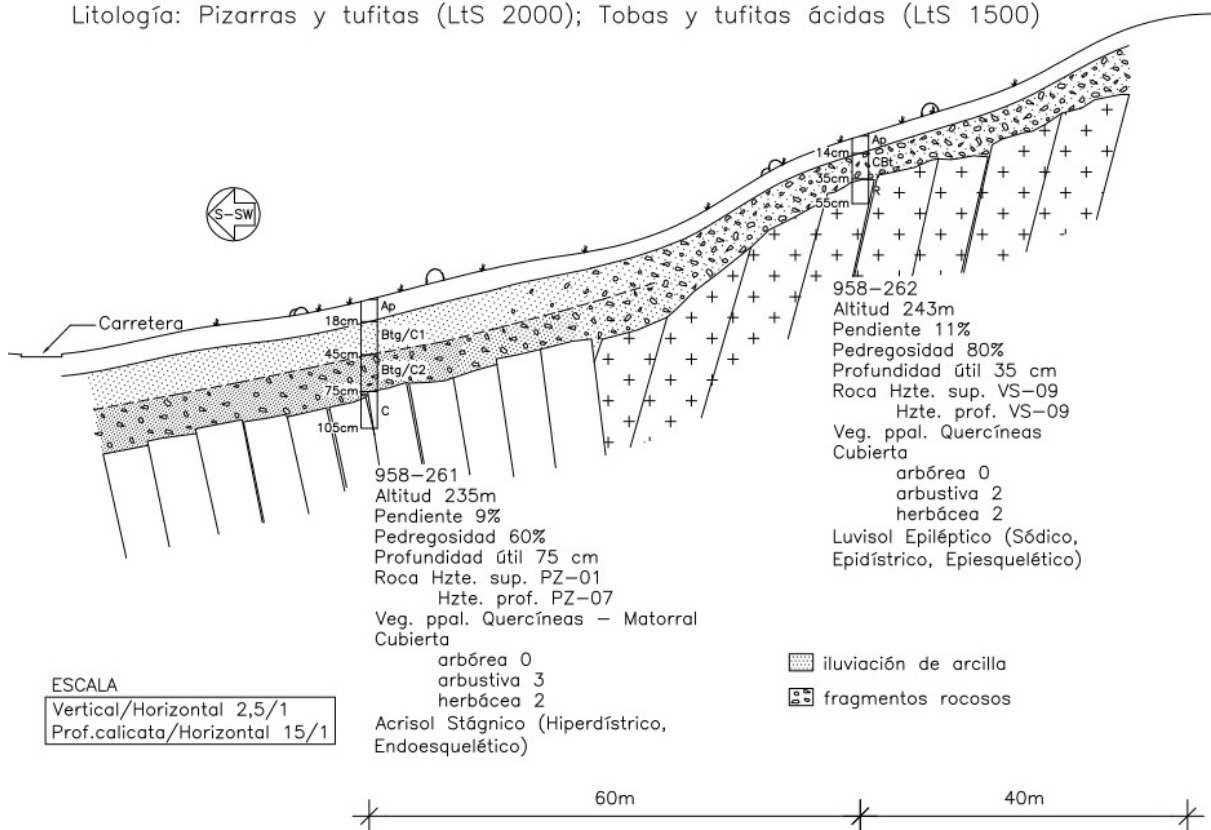


Figura 96. Transecto 47. Ladera que presenta una discontinuidad litológica que queda reflejada tanto en la roca sobre el terreno como en las propiedades del suelo. El perfil inferior, además de tener una posición en la ladera más ventajosa, se asienta sobre pizarras, cuya meteorización es lenta, aunque no tanto como la de las rocas volcánicas ácidas del perfil superior. La pendiente suave y el efecto del aporte lateral de agua de la ladera producen fenómenos de encharcamiento temporal en la parte baja.

Fotografía 61. Perfil 958-262 sobre rocas volcánicas ácidas, probablemente riolitas. Puede apreciarse que, aunque la retroexcavadora ha roto la roca, la profundidad prospectable del suelo no supera los 40 cm.



TRANSECTO 49  
Puntos de muestreo 958-266-267-268 (GL 2050)  
Litología: Pizarras y tufitas

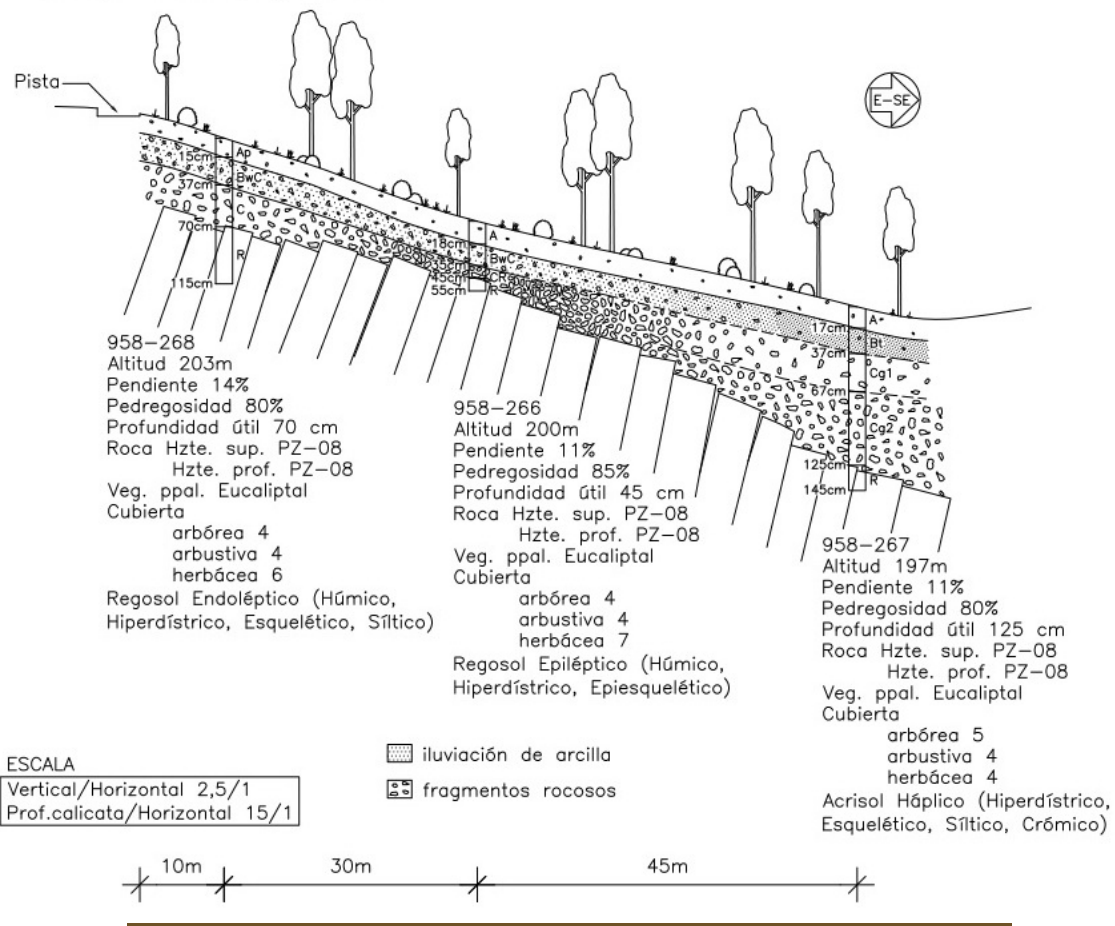


Figura 97. Transecto 49. Ladera de pendiente media - suave que en su parte baja presenta un mayor espesor edáfico y señales de encharcamiento temporal, debido a los aportes hídricos de la parte superior y los mayores contenidos en arcilla y limo.



Fotografía 62. Eucaliptal sobre pendiente media, 958-268.

## GL-2060

Se trata de un grupo secundario dentro de la litofacies. Las rocas características presentes en este grupo son VS-29 (Brecha volcánica intermedia) y VS-28 (Brecha morada); también aparecen, pero como rocas no típicas, VS-07 (Toba o tufita verdosa blanda), VS-12 (Tufita ácida verdosa (vulcano clástica)) y VS-25 (Lava básica dura)

La pedregosidad superficial es muy variable y, por lo general, tienen abundantes gruesos en el interior del perfil. La textura es media-fina (franca, franco-arcillosa y también franco-limosa), con tendencia a la formación de horizontes árgicos.

Aparecen perfiles desde medianamente profundos a muy profundos, con unas capacidades hídricas también variables, de bajas a altas, incluso muy altas en alguna ocasión.

La reacción de cambio suele ser muy fuertemente ácida, mientras que la solución del suelo tiene una reacción más atenuada, generalmente neutra. Presentan valores de intermedios a ricos en Ca, alguna vez pobres, y de intermedios a excesivamente ricos en Mg; el K varía de muy pobre a intermedio. Tienen capacidades de intercambio catiónico muy variables, aunque la mayoría de los perfiles tienen CIC elevadas, y el complejo de cambio se encuentra en general saturado, con valores por encima del 80%.

El taxón dominante son los luvisoles endolépticos y háplicos. Su formación debe venir a partir de regosoles y cambisoles, también presentes, en los que el horizonte árgico se formará principalmente por argillización in situ, al descomponerse la roca madre rica en bases.

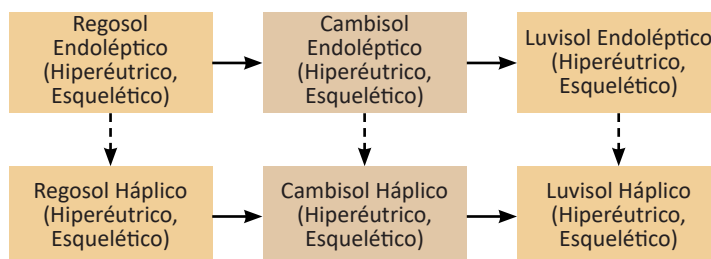


Figura 98. Evolución probable de los suelos del GL-2060. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.

Buena aptitud forestal en general, por tratarse de suelos profundos y de gran capacidad hídrica. Están bien provistos de bases; en ocasiones podría resultar limitante el contenido en Mg, o la combinación Ca-Mg, para algunas especies forestales como el alcornoque. Con frecuencia

aparecen texturas algo pesadas, que pueden generar condiciones de encharcamiento temporal en zonas de drenaje lento o en laderas largas con pendientes suaves o intermedias.

TRANSECTO 57  
 Puntos de muestreo 938-287-288 (GL 2060)  
 Litología: Tobas, tufitas y pizarras

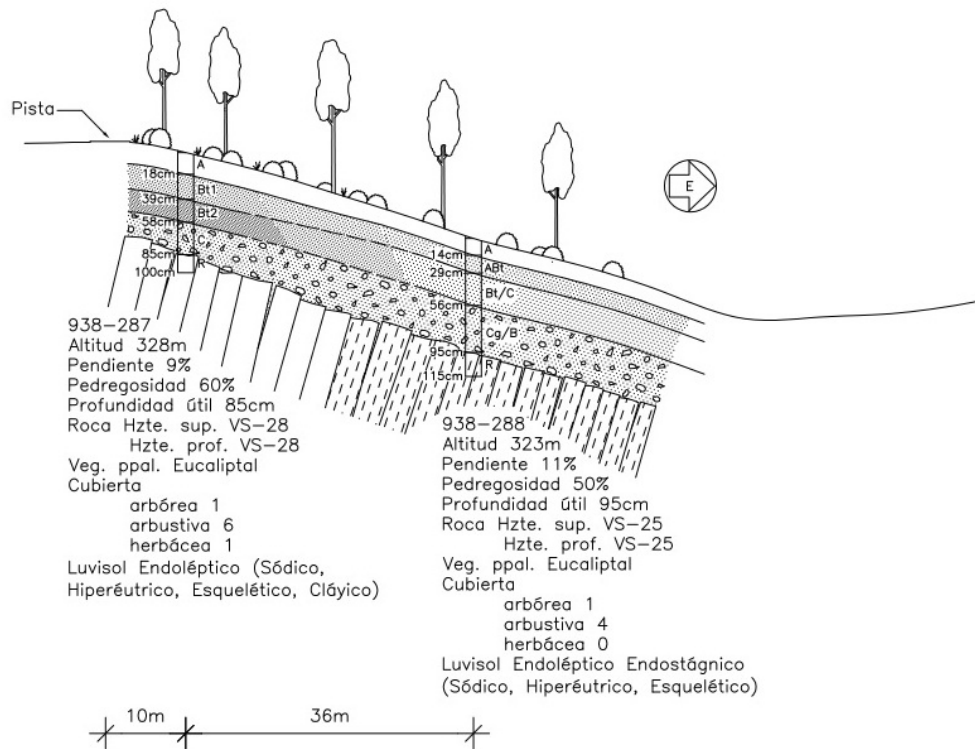


Figura 99. Transecto 57. Catena con pocas variaciones a lo largo de la ladera de suave pendiente; en la parte baja se aprecian marcas de hidromorfía, probablemente por la acumulación del agua que evacúa lentamente en la parte baja de la ladera.



Fotografía 63. Transecto 57, punto de muestreo 938-287 en zona de eucaliptal.

TRANSECTO 67  
Puntos de muestreo 960-314-315 (GL 2060)  
Litología: Tobas, tufitas y pizarras

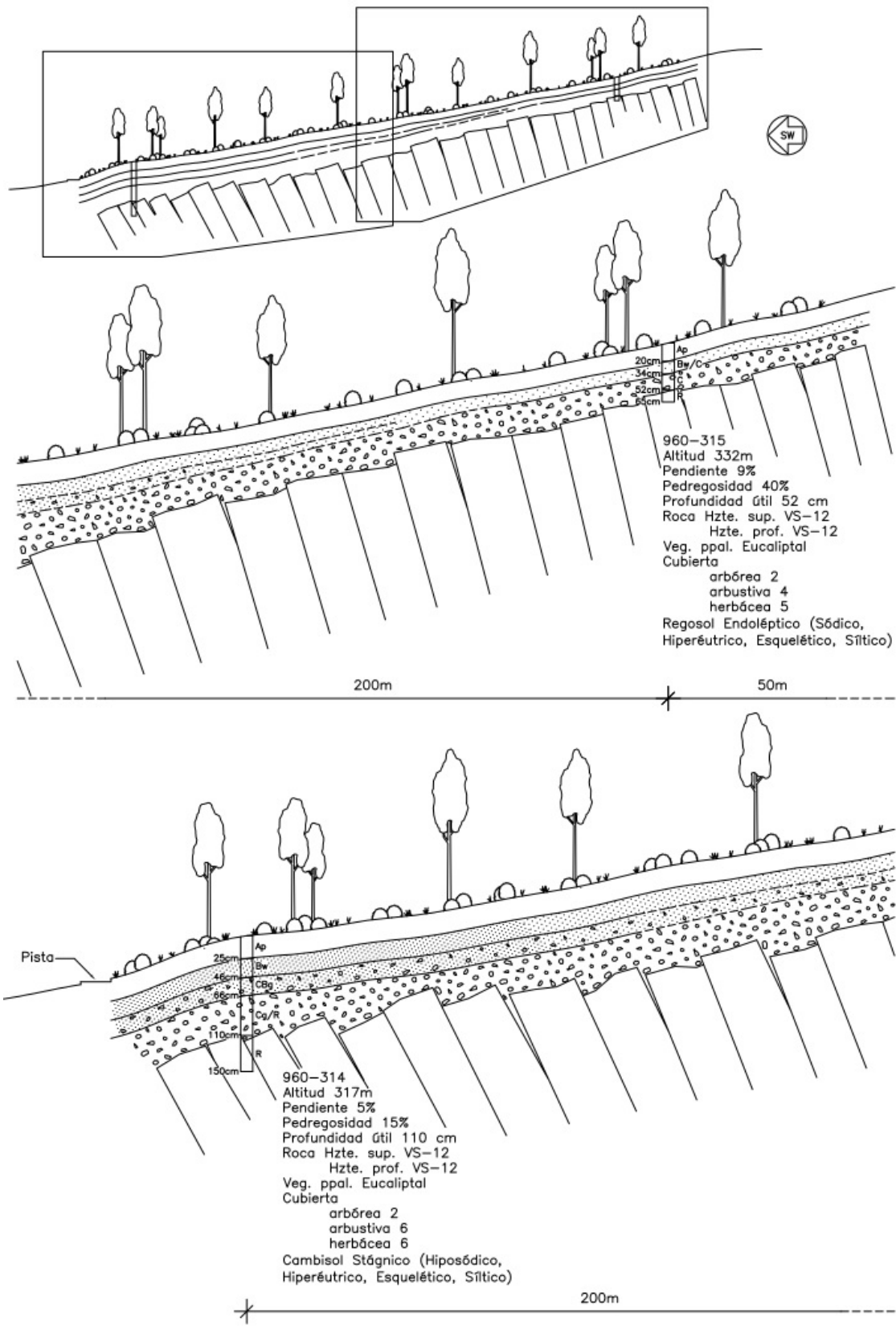


Figura 100. Transecto 67. Ladera de pendiente suave en cuya parte baja se aprecia un mayor espesor del perfil, que puede deberse a una tasa superior de meteorización de la roca madre que dispone de humedad durante largos periodos de tiempo, como lo atestiguan las manchas por hidromorfía.

**Fotografía 64.**  
Calicata 960-314,  
en la parte baja del  
transecto 67.



**Fotografía 65. Transecto 76,**  
punto de muestreo 938-338.



TRANSECTO 76

Puntos de muestreo 938-338-339-340 (GL 2060)

Litología: Tobas, tufitas y pizarras

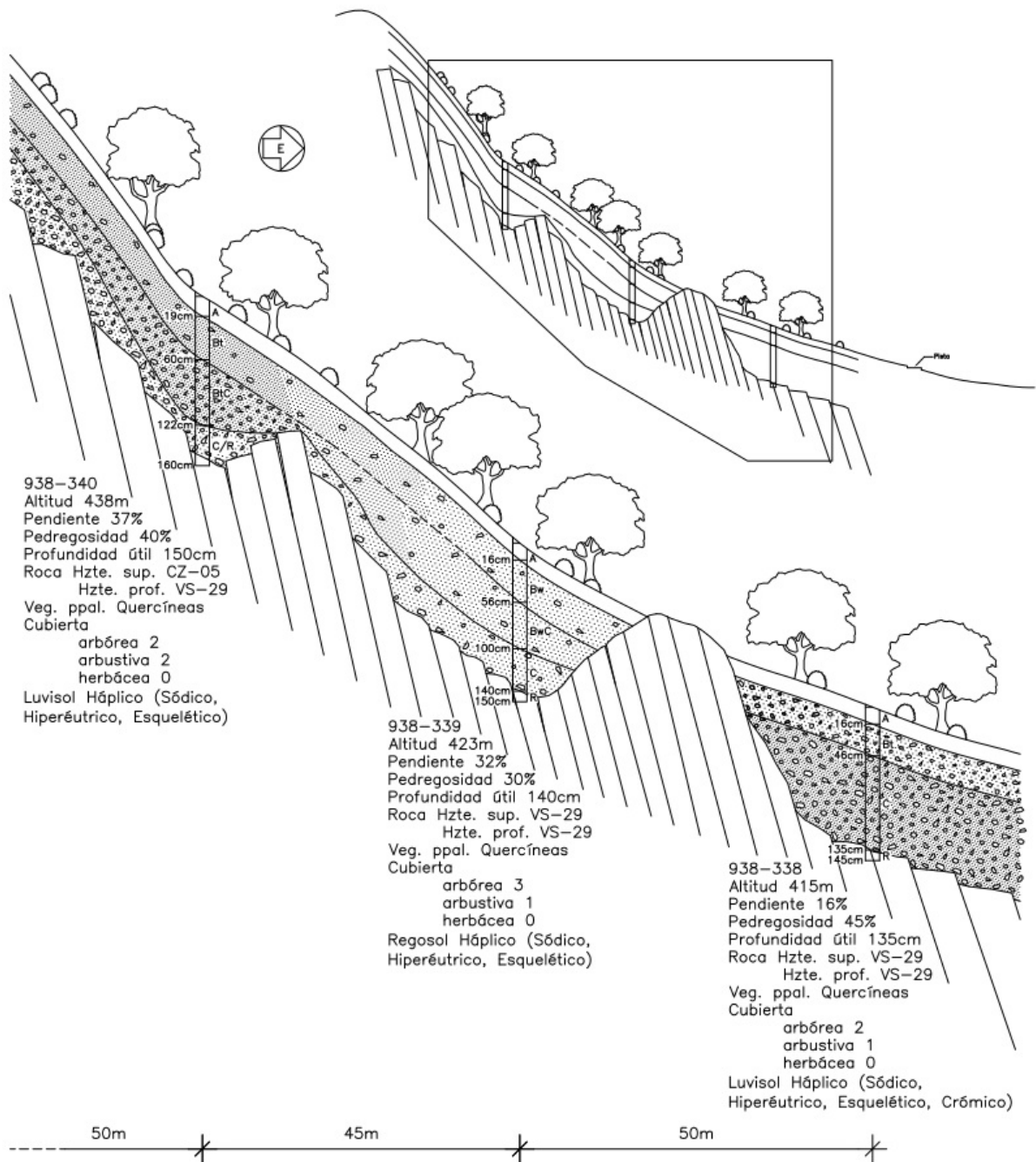


Figura 101. Transecto 76. Ladera de pendiente irregular con formación de embolsamientos que suelen estar producidos por el perfil de la roca madre, que en algunos puntos presenta afloramientos y formación de rellanos por encima. Esta discontinuidad impide que se puedan apreciar efectos claros de ladera.

### 3.3.13 Suelos sobre filitas, esquistos y materiales cuarcíferos acompañantes. Unidad LtS-2100

Se trata de una unidad importante a escala provincial, pues representa el 10,9 % de la superficie total. Las rocas presentes en la LtS 2100 son materiales metamórficos de textura fina denominados filitas, con distintas rocas acompañantes que, en general, presentan alto contenido en cuarzo: cuarcitas micáceas, cuarcitas, cuarzofilitas con intercalaciones cuarcíticas, metaarenitas y grauwasas. Por su semejanza edafológica y mineralógica se han añadido a este grupo los esquistos. Las litofacies

MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-2100 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 102. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 73. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.

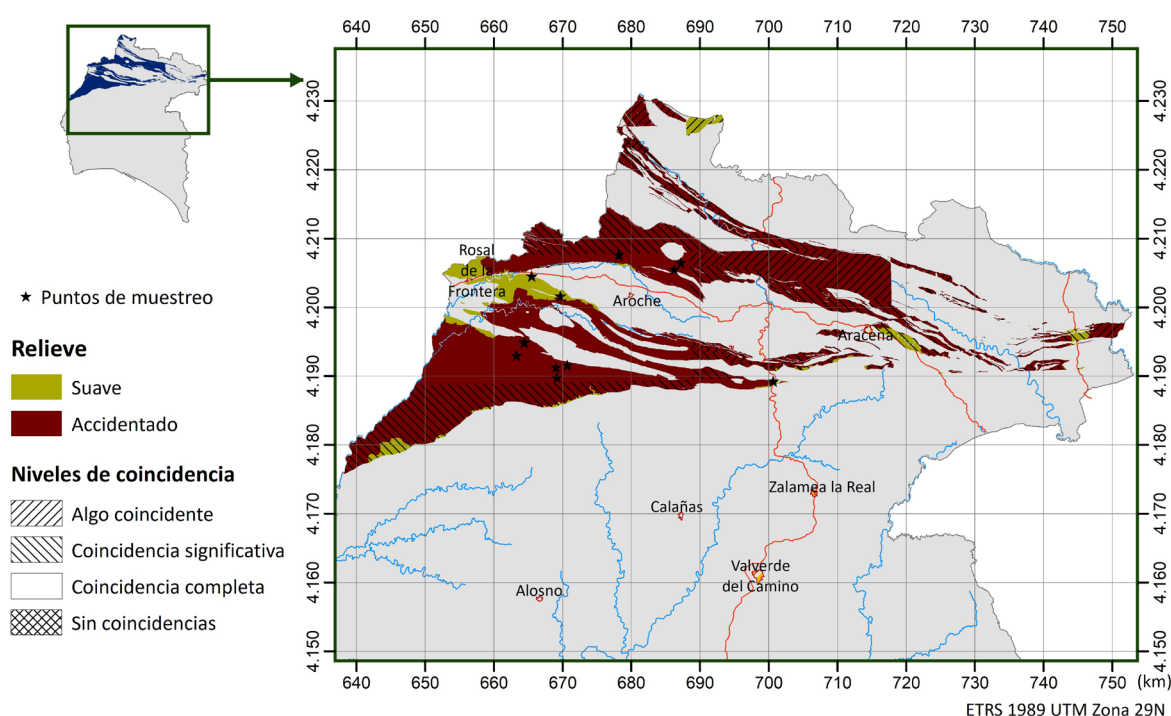


Figura 102. Localización de la unidad LtS-2100 en la provincia de Huelva.

Tabla 73. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-2100.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	8.626,58	7,99	112	3.322,22	3,079
			122	2.509,82	2,326
			132	804,37	0,745
			212	922,24	0,855
			222	557,35	0,517
			232	510,58	0,473
Accidentado	99.274,4	92,01	113	5.703,66	5,286
			123	23.645,39	21,914
			133	50.728,96	47,014
			213	5.449,07	5,05
			223	12.637,72	11,712
			233	1.109,6	1,028
<b>TOTAL</b>	<b>107.900,98</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>107.900,98</b>	<b>100</b>

Se han establecido tres grupos litoedáficos, GL-2140, GL-2150 y GL-2160. El grupo GL-2140 es el dominante, mientras que los otros dos se consideran como casos poco frecuentes.

**Tabla 74. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 2140	Prof_Util (cm)	74,6	45,0	130,0	65,7	83,5
	CRAMU (mm)	128,7	78,7	237,5	111,0	146,3
	CRADU (mm)	67,5	40,7	116,9	59,3	75,7
GL 2150	Prof_Util (cm)	80,0	75,0	85,0	64,6	95,4
	CRAMU (mm)	231,7	170,6	292,9	43,4	420,0
	CRADU (mm)	121,7	92,4	151,0	31,5	211,9
GL 2160	Prof_Util (cm)	77,5	65,0	90,0	39,0	116,0
	CRAMU (mm)	153,4	119,6	187,1	49,5	257,2
	CRADU (mm)	84,4	68,2	100,7	34,4	134,4

**Tabla 75. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la Lts-2100. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

Lts	GL	FAO grupo	FAO prefijo	N_perfiles	Abrúptico	Cláyico	Crómico	Endoesquelético	Endosódico	Epidiátrico	Episítico	Escálico	Esquelético	Éutrico	Hiperdiátrico	Hiperéutrico	Húmico	Ortidátrico	Rúptico	Síltico	Sódico		
2100	2140	Acrisol	Háplico	1	1	1		1							1								
		Alisol	Endoléptico	3	1		1							3		3		3					
			Háplico	2			2							2		2		2					
		Cambisol	Endoléptico	3			2								3		2		2	1			
			Epiléptico	1											1		1		1				
		Luvisol	Epiléptico	1								1							1				
	Háplico		1						1	1				1				1	1				
	Regosol	Endoléptico	4								1		4		4		4						
	2150	Luvisol	Endoléptico	1										1			1	1			1	1	
			Háplico	1	1												1				1	1	
2160	Regosol	Endoléptico	1										1	1	1						1		
		Háplico	1										1	1							1		
<b>Total</b>				<b>20</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		

## GL-2140

Se trata del grupo dominante dentro de la litofacies; su roca característica es PZ-09 (Pizarras nacaradas) y también aparece, como roca menos frecuente, PZ-14 (Filita).

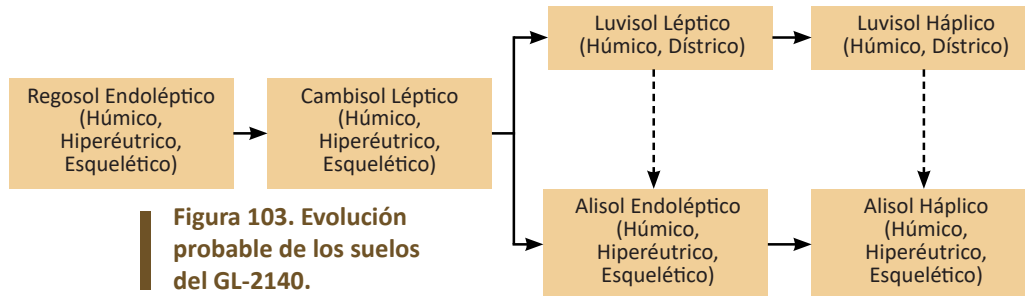
Los suelos tienen pedregosidad superficial variable y abundantes gruesos en el interior del perfil. Presentan texturas medias (francas) o algo más finas en algunos casos (franco-limoso o franco-arcilloso). Tienen tendencia a ser medianamente profundos y profundos, aunque pueden ser también muy profundos. La capacidad de almacenamiento de agua es también muy variable, de baja a alta.

La reacción de cambio es extremadamente ácida, con valores por debajo de 4, y pasa a fuertemente

ácida y medianamente ácida en la solución del suelo. Son de extremadamente pobres a pobres en Ca, generalmente muy pobres o pobres en Mg; el K lo encontramos en concentraciones muy variables, de muy pobre a muy rico. La capacidad de intercambio catiónico es intermedia, en ocasiones baja, y el complejo de cambio suele encontrarse muy insaturado, frecuentemente por debajo del 20%. Es destacable el contenido moderado o alto en materia orgánica de una gran parte de estos suelos, el cual, además de con su fuerte acidez, puede estar relacionado con el clima fresco y algo más húmedo del norte de la provincia, donde este GL es muy frecuente, así como con las cubiertas boscosas densas, de pinar principalmente.

Este grupo presenta taxones de todos los niveles evolutivos. En las zonas más perturbadas o menos evolucionadas son frecuentes los regosoles, que se van organizando para formar cambisoles; tanto en cambisoles como en regosoles las condiciones de acidez y permeabilidad favorecerán el movimiento de las arcillas y la formación del horizonte árgico

que caracteriza a luvisoles y alisoles. La fuerte escasez de bases (sufijo hiperdístico) es la causa de que los alisoles sean el taxón más abundante. En todos los casos se trata de pedregosos (esqueléticos), de profundidad limitada (lépticos) y con altos contenidos en materia orgánica (húmicos) (Figura 103).



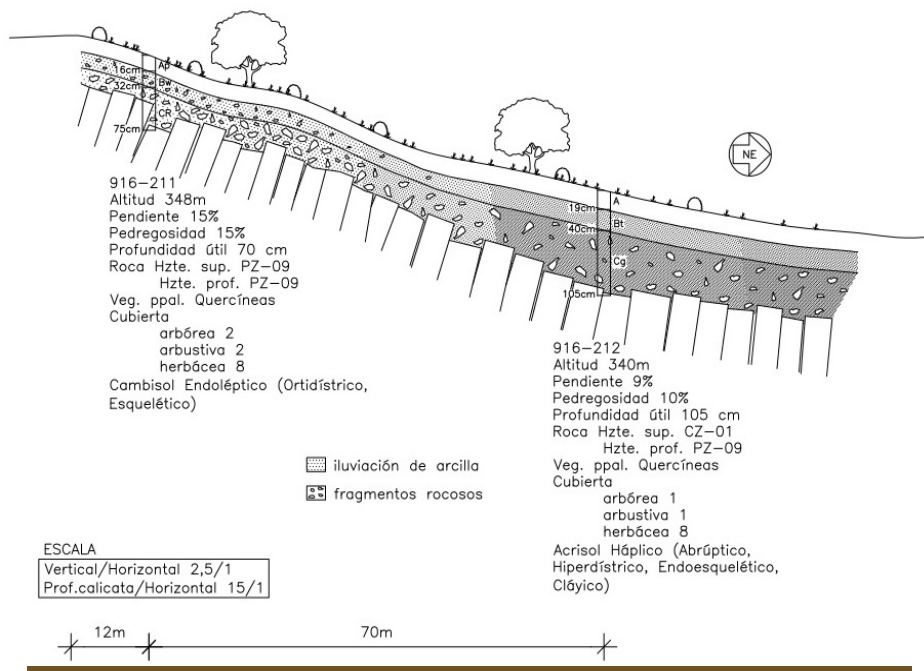
**Figura 103. Evolución probable de los suelos del GL-2140.**

No se han apreciado relaciones estadísticamente significativas entre las características del suelo y las variables topográficas o climáticas, quizás porque esta litofacies se encuentra bastante concentrada en términos geográficos. Sin embargo, sí se aprecia que el buzamiento inverso u oblicuo, que aparece casi siempre, propicia la variación en los materiales que pueden aparecer en una misma ladera. Son frecuentes los afloramientos de rocas más ricas en cuarzo que han resistido más el desgaste, así como la aparición de embolsamientos de materiales

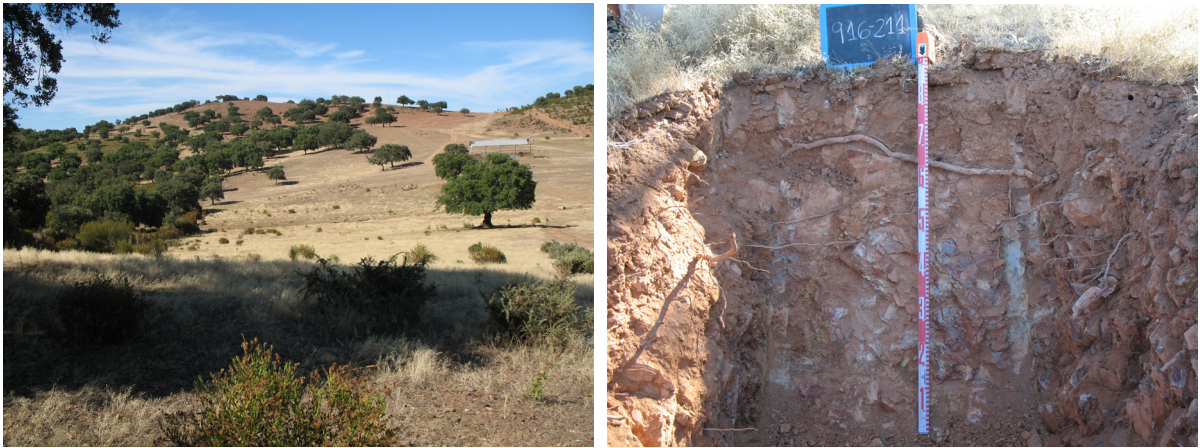
finos que forman perfiles más profundos.

Aptitud forestal variable, aunque en líneas generales se puede considerar media. Son suelos muy pedregosos y muy pobres en bases. La extrema pobreza en Ca y, en general, la extrema acidez pueden resultar limitantes, aunque estas situaciones podrían paliarse con ligeras fertilizaciones. La capacidad hídrica mayor o menor será el condicionante principal de la aptitud forestal, siempre dentro de las limitaciones expuestas.

TRANSECTO 33  
Puntos de muestreo 916-211-212 (GL 2140)  
Litología: Filitas y metaarenitas



**Figura 104. El efecto de acumulación de humedad y arrastre de finos hace que las partes bajas de ladera presenten un mayor espesor de suelo y mayores contenidos en arcilla, con la aparición de horizontes árgicos, siempre en un contexto de suelos muy pedregosos y arcillosos.**



Fotografía 66. Transecto 33. Ladera de pendiente suave con vegetación de dehesa. En la fotografía de la derecha se aprecia la gran pedregosidad y el carácter menos orgánico, en relación a las características generales del GL-2140.

TRANSECTO 36  
Puntos de muestreo 916-223-224 (GL 2140)  
Litología: Filitas y metaarenitas

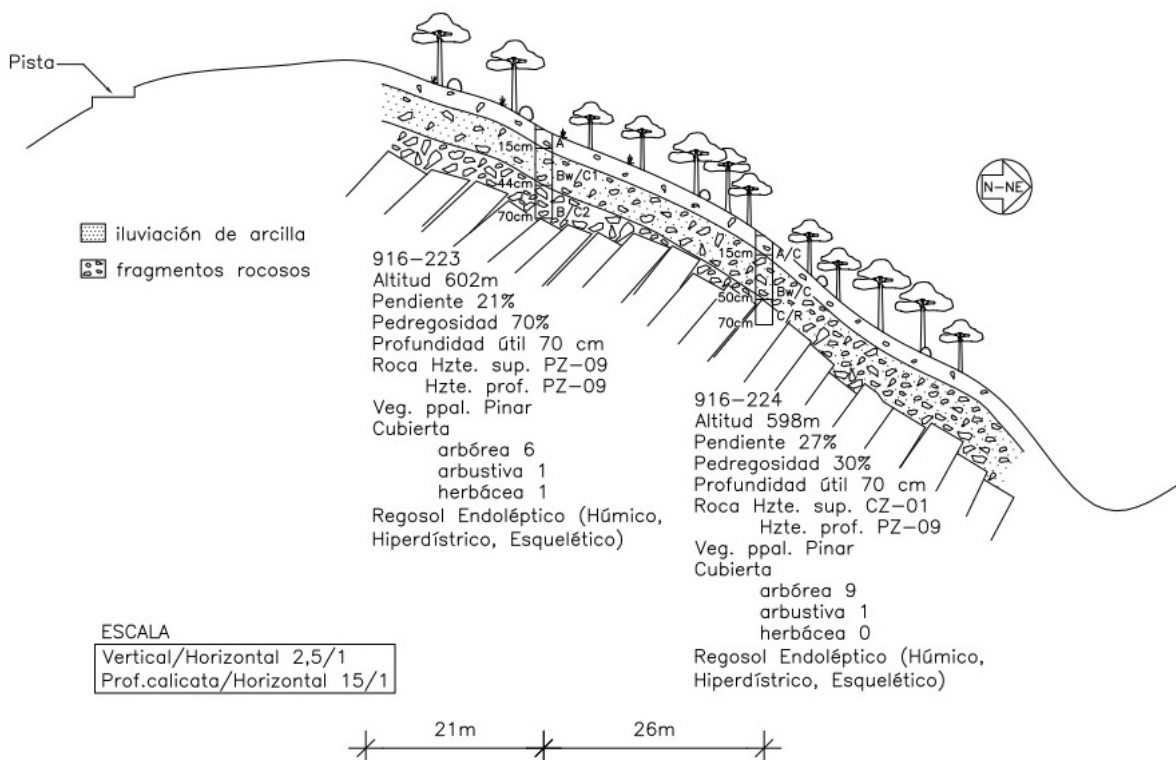


Figura 105. La abundancia de cuarzo en esta zona y la degradación erosiva por un manejo inadecuado en el pasado pueden ser la causa del carácter esquelético (pedregoso) y de la presencia de afloramientos.

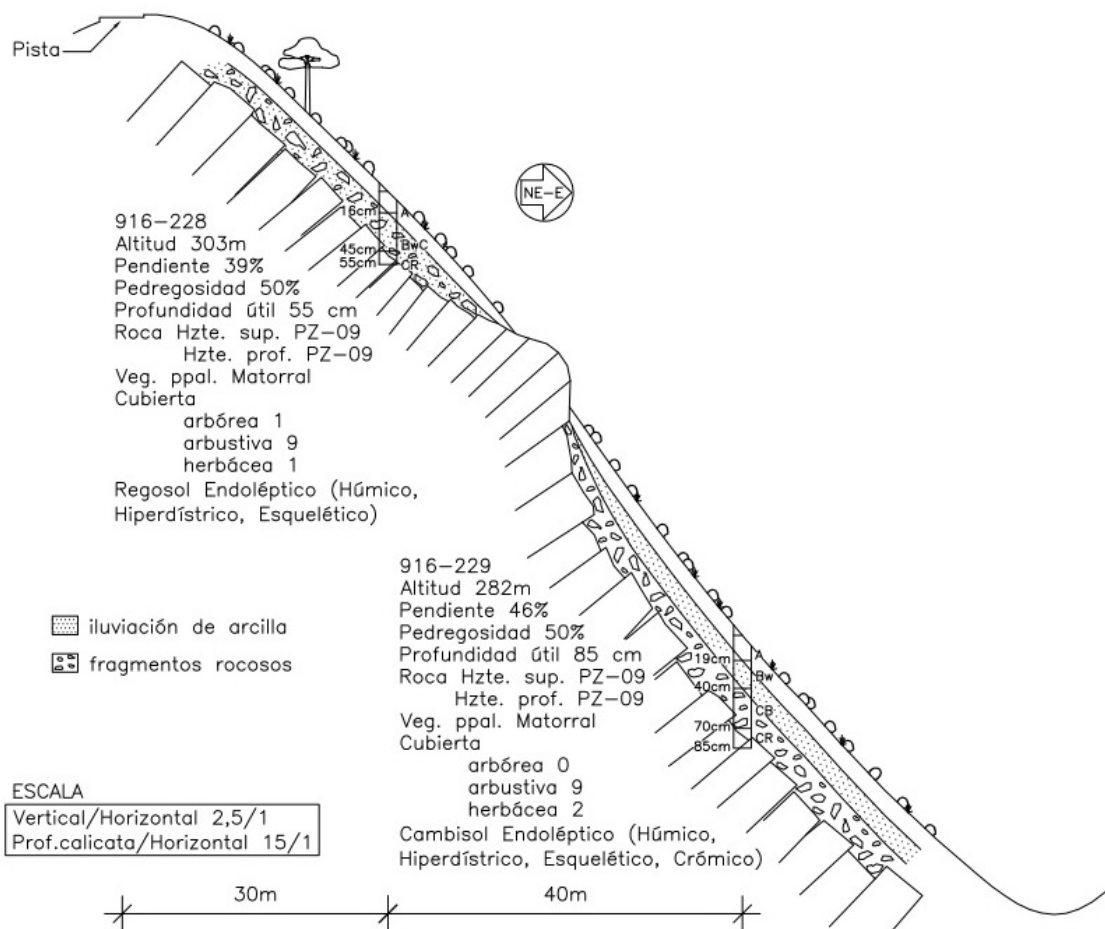


**Fotografía 67. Transecto 36. Catena abierta en pinar denso que se refleja en el alto contenido en materia orgánica del perfil, el cual es por otra parte de escasa evolución.**

**TRANSECTO 37**

Puntos de muestreo 916-228-229 (GL 2140)

Litología: Filitas con intercalaciones de cuarcitas micáceas



**Figura 106. Transecto en ladera de pendiente muy fuerte con afloramientos rocosos y suelo esquelético de profundidad media, que aumenta de espesor en la parte baja de la ladera.**



**Fotografía 68. Transecto 37 en ladera de fuerte pendiente en el norte de la provincia de Huelva, con restos de repoblación de pinos, probablemente supervivientes de un incendio. El perfil de la parte alta de la ladera resulta típico de zonas de desgaste, muy pedregoso y de profundidad baja (somera)-media.**



**Fotografía 69. Paisaje forestal típico del GL-2140, con pinares, eucaliptal, que está en esta ocasión abandonado, y matorral de degradación, proveniente de incendios frecuentes y usos ganaderos y para leñas, con escasa gestión conservadora.**

TRANSECTO 38

Puntos de muestreo 916-231-232-233 (GL 2140)

Litología: Filitas y metaarenitas

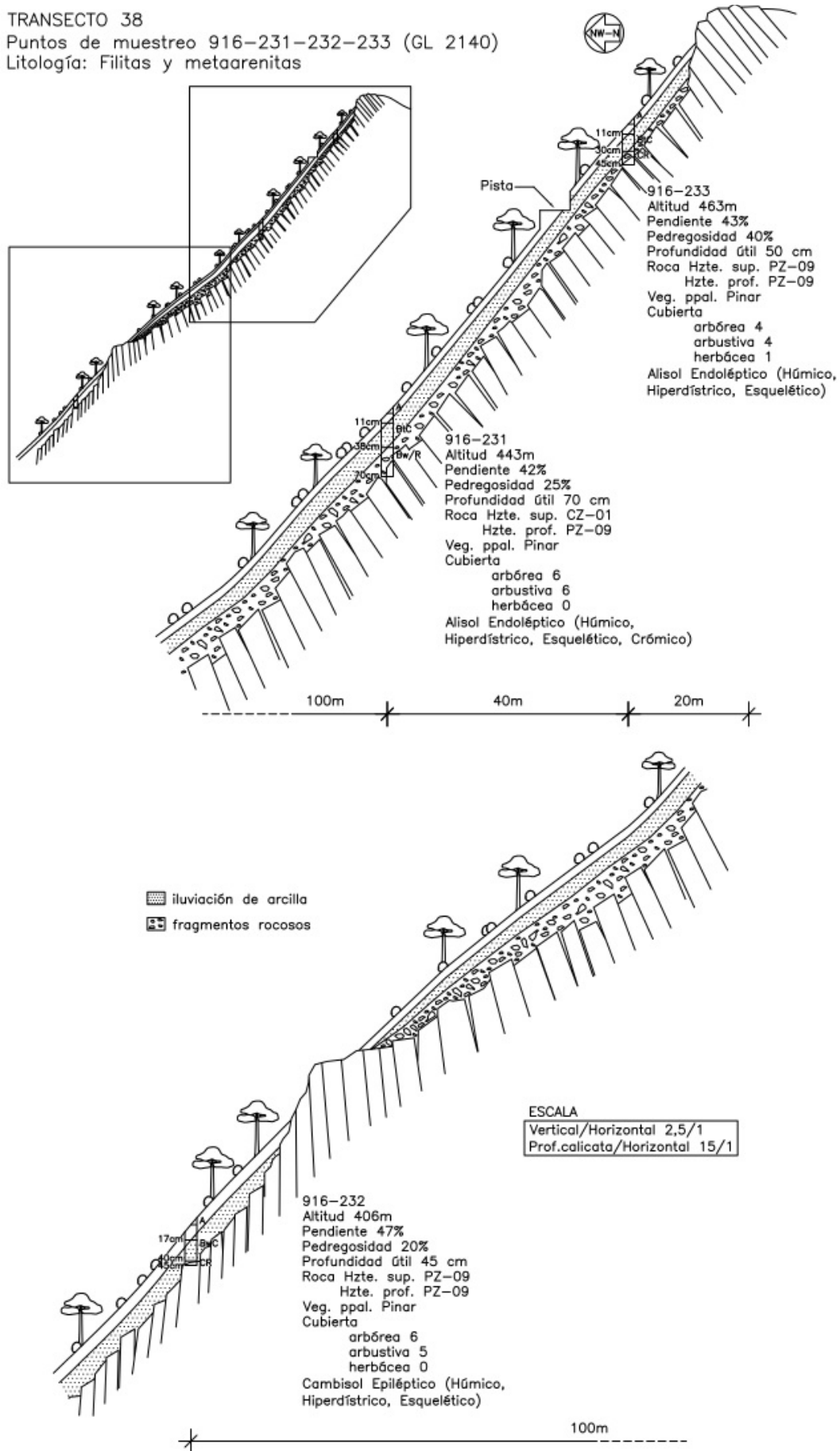


Figura 107. Catena de suelos con fuerte influencia de la pendiente y de la roca, cuya lenta disgregación da suelos esqueléticos y de profundidad media-baja con frecuentes afloramientos.



Fotografía 70. Transecto 38 en pinar de pendiente muy fuerte, con suelos muy pedregosos y de profundidad media a somera.

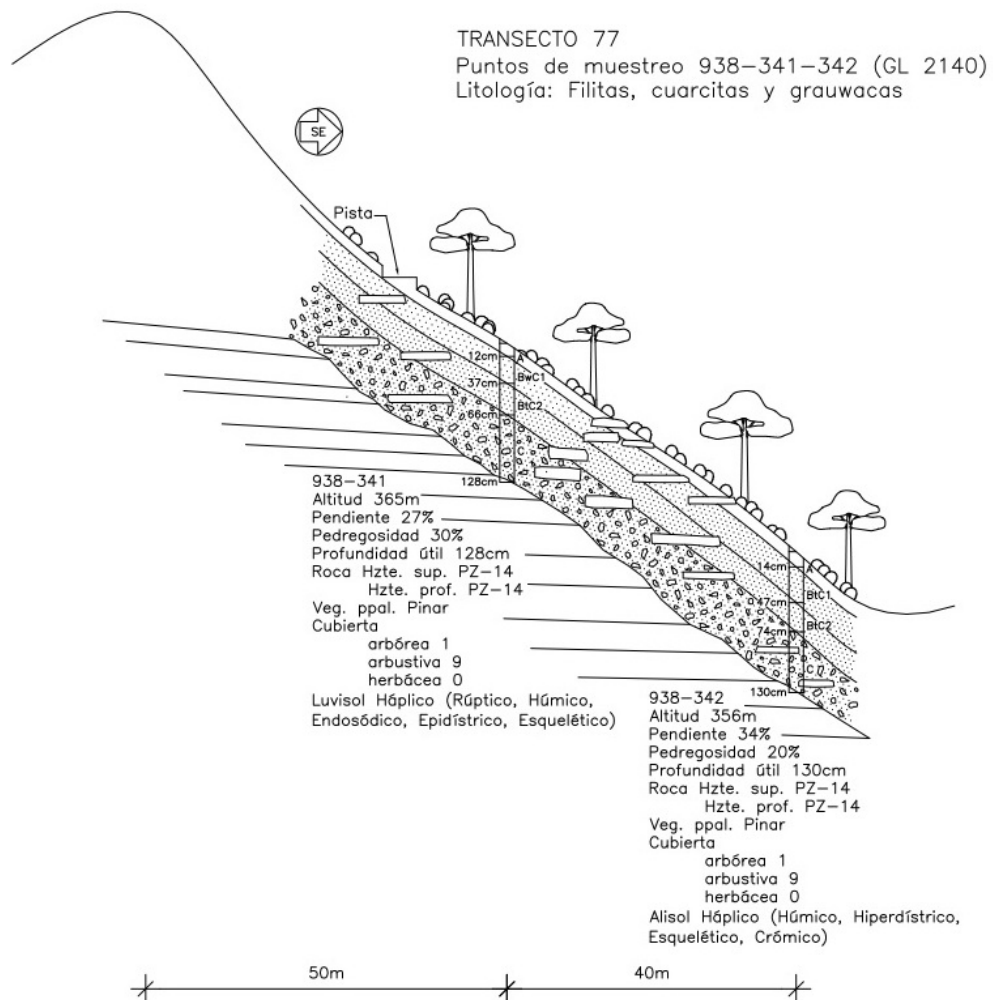


Figura 108. Transecto 77. Catena de suelo muy homogénea en sus características físicas entre las zonas media y baja de la ladera. No se dispone de muestreos en la parte alta de la ladera que pudieran dar mayor contraste. Toda la ladera es muy pedregosa, aunque el carácter friable del material lo hace muy prospectable, aunque también aparecen filitas con núcleos de cuarzo y algunas grauwacas, que originan afloramientos o aparición de rocas de mayor tamaño.



**Fotografía 71. Ladera donde se ha realizado el transecto 77, formación vegetal de pinar y matorral, característica de esta unidad. Los suelos son muy profundos, probablemente favorecidos por una gestión más conservadora y una pendiente menor que en el transecto 38.**

## GL-2150

Grupo no característico en el que la roca dominante es PZ-17 (Filita gris oscura brillante).

La pedregosidad superficial de estos suelos es escasa, con frecuentes gruesos en el interior del perfil. Las texturas son medias o más finas (francas y franco-arcillo-limosas), con tendencia a la formación de horizonte árgico. Son suelos profundos y la capacidad de retención de agua varía desde intermedia hasta alta o, para la capacidad total, muy alta.

Encontramos una reacción de cambio extremadamente ácida y algo más atenuada para la solución de suelo, que se tipifica en medianamente ácida. En cuanto a la riqueza en

bases, presentan concentraciones intermedias de Ca, muy ricas para el Mg y de intermedias a ricas para el K. La capacidad de intercambio catiónico es intermedia y el complejo de cambio suele encontrarse saturado.

La roca correspondiente a este GL 2150 presenta una mayor facilidad de meteorización, por lo que forma fácilmente perfiles menos pedregosos que en el GL 2140, que puede considerarse como el grupo litoedáfico principal de esta litofacies simplificada. La formación del horizonte árgico se ve facilitada, probablemente, por fenómenos de argillización in situ, de forma que la evolución de estos suelos desde etapas incipientes (regosoles) suele alcanzar estados evolucionados (luvisoles).



**Figura 109. Evolución probable de los suelos del GL-2150. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

Buena aptitud forestal en general. Los altos contenidos en limo y arcilla pueden producir situaciones puntuales de encharcamiento en áreas de drenaje lento.



## GL-2160

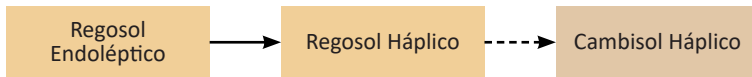
Es un grupo secundario en el que la roca típica es PZ-18 (Filita gris brillante), roca similar a PZ-09, pero más micácea y con elevada riqueza en Mg.

Los suelos tienen pedregosidad superficial abundante y frecuentes y abundantes gruesos en el interior del perfil. Presentan texturas francas de tendencia limo-arenosa, lo que les hace fácilmente erosionables por su escasa cohesividad. La profundidad es variable, de intermedios a profundos. La capacidad de almacenamiento de agua varía de baja a intermedia para el agua disponible, y de intermedia a alta para la capacidad total.

La reacción de cambio es extremadamente

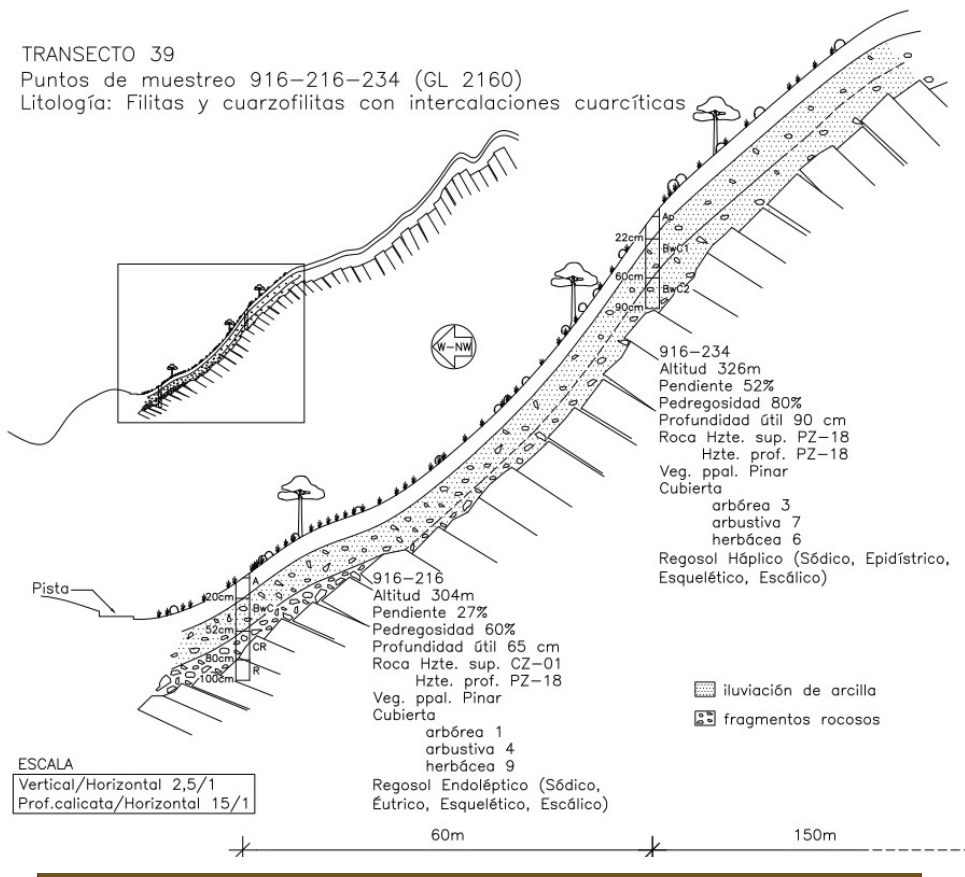
ácida a fuertemente ácida y en la solución del suelo varía de ligeramente ácida a neutra. Son extremadamente pobres a pobres en Ca, con riqueza intermedia en Mg y muy pobres a pobres en K. La capacidad de intercambio catiónico es baja y el complejo de cambio presenta niveles de saturación alrededor del 50%, entre insaturado y ligeramente saturado.

La roca, resistente a la meteorización, y el relieve sobre el que aparecen estas filitas dificulta la evolución de estos suelos desde etapas inmaduras (regosoles) hacia otras más evolucionadas, que podrían ser cambisoles o, eventualmente, luvisoles o acrisoles.

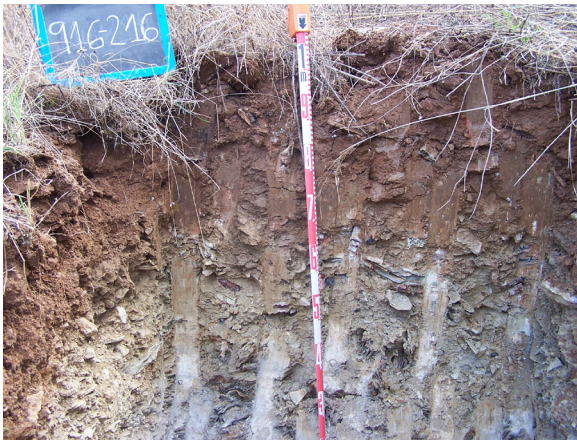


**Figura 111. Evolución probable de los suelos del GL-2160. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

Presentan una aptitud forestal de moderada a buena; son suelos sensibles a la erosión, por su alto contenido en limo.



**Figura 112. La pendiente muy fuerte dificulta la evolución de estos perfiles. La pedregosidad del perfil inferior puede tener su origen, en parte, en la progresiva caída de derrubios de ladera.**



Fotografía 73. Transecto 39, bajo formación mixta de pinar y matorral. Las fuertes pendientes y el hecho de encontrarse casi en el fondo de la ladera pueden haber causado el rejuvenecimiento de este perfil y la consiguiente anomalía de que el que se encuentra por encima, con una pendiente mayor, presenta un mayor espesor.

### 3.3.14 Suelos sobre rocas de silicatos cálcicos. Unidad LtS-2200

Las rocas sobre las que se asientan estos suelos son silicatadas básicas de origen ígneo. Presentan escasa superficie (0,2%) dentro de la provincia, por lo que, aunque existe una notable heterogeneidad, no se han diferenciado grupos litoedáficos. Por las mismas razones el número de muestreos realizados sobre la unidad es muy pequeño. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3; la principal litofacies se denomina "Rocas de silicatos cálcicos".

La localización de la unidad LtS-2200 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 113. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 76. Como ya se indicó en la sección 3.2.5, esta LtS y su GL único se encuentran muy localizados en el norte de la provincia, con poca variación de clima o relieve, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.

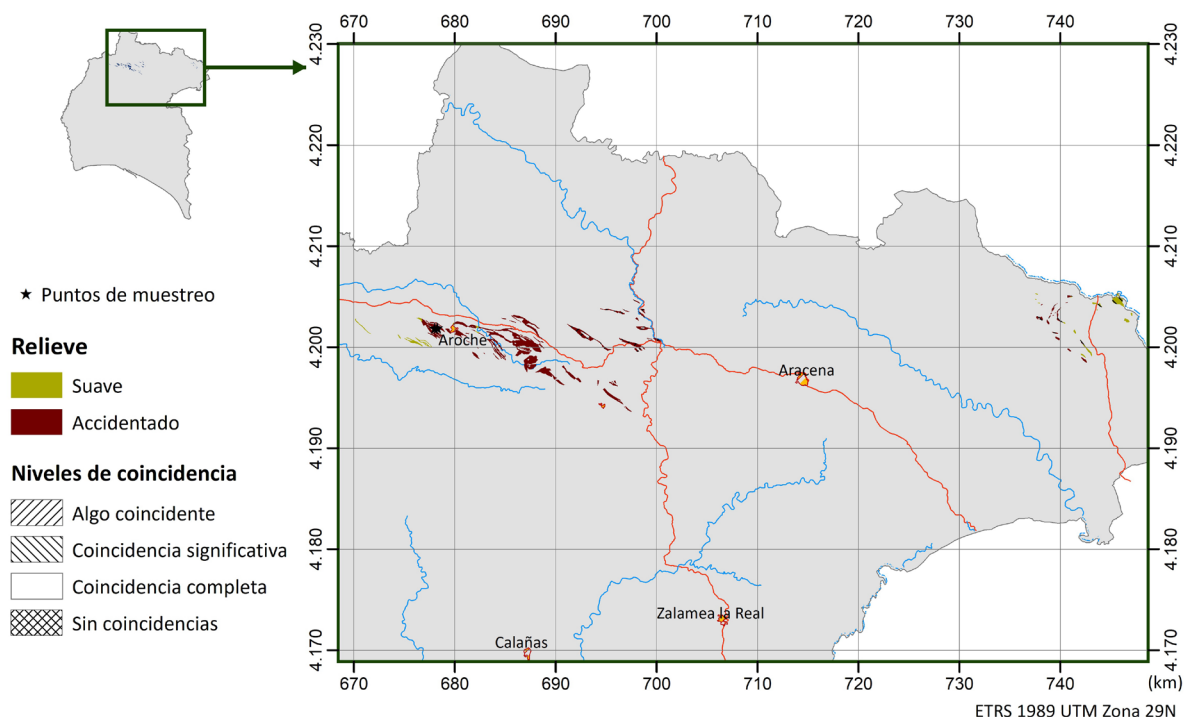


Figura 113. Localización de la unidad LtS-2200 en la provincia de Huelva.

**Tabla 76. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-2200**

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	242,35	12,6	122	19,06	0,991
			132	77,15	4,011
			222	146,14	7,598
Accidentado	1.680,98	87,4	123	3,06	0,159
			133	1.585,57	82,439
			223	92,35	4,802
<b>TOTAL</b>	<b>1.923,33</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>1.923,33</b>	<b>100</b>

En la unidad sólo se ha establecido un grupo litoedáfico, que se describe a continuación.

**Tabla 77. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 2200	Prof_Util (cm)	100	100	100	93,0	107,0
	CRAMU (mm)	270	227,2	312,7	215	325
	CRADU (mm)	125,6	117,4	133,8	114,6	136,6

**Tabla 78. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-2200. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

Lts	GL	FAO_resumida	FAO_prefijo	N_perfiles	Endoesquelético	Hiperéutrico	Sódico
2200	2200	Cambisol	Háplico	1	1	1	1
		Phaeozem	Háplico	1			

## GL-2200

Las rocas características del grupo son IG-03 e IG-04, silicatos cálcicos.

Los suelos presentan pedregosidad media, en ocasiones abundante. Las texturas son entre francas y franco-arcillosas. Son suelos profundos y las capacidades hídricas presentan valores altos.

La reacción de cambio es fuertemente ácida y neutra en la solución del suelo. En cuanto al contenido en bases son ricos en Ca, medios a muy ricos en Mg y medios-ricos para el K. La capacidad de intercambio catiónico es alta y el complejo de cambio se encuentra cercano a la saturación.

Dada su escasa extensión y la elevada dificultad de movimiento en el terreno, no se han

efectuado muestreos en transecto que permitan suministrar información individualizada sobre la influencia del relieve en los suelos sobre esta litofacies.

El alto contenido en bases puede ser la razón para que la formación de horizontes de acumulación de arcilla sea muy lenta o no se lleve a cabo, por lo cual, el grupo de suelos dominante será el Cambisol. La abundancia de Ca también facilita la estabilización de la materia orgánica con formación de horizontes móllicos que pueden dar lugar a phaeozems.

Son suelos de buena aptitud forestal, aunque pueden presentar alguna limitación para especies sensibles a la abundancia de Ca-Mg.

### 3.3.15 Suelos sobre ortoanfibolitas de grano fino. Unidad LtS-2300

Las ortoanfibolitas son rocas de origen ígneo que han sufrido posteriormente un proceso metamórfico. Son silicatos ultrabásicos con gran presencia de un mineral negro y de aspecto fibroso denominado anfíbol. Las principales litofacies asignadas son “Ortoanfibolitas toleíticas de grano fino”, “Ortoanfibolitas toleíticas (esquistos verdes)” y “Ortoanfibolitas de grano fino” (véase Anejo 3).

Este grupo de litofacies ocupa sobre el 0,5% de la superficie provincial, por lo que su relevancia es escasa. Por ello se ha hecho un solo grupo litoedáfico, a pesar de que presenta cierta

heterogeneidad interna, dado que el tipo de roca no discrimina adecuadamente las diferencias advertidas.

La localización de la unidad LtS-2300 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 114. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 79. Como ya se indicó en la sección 3.2.5, esta LtS y su GL único se encuentran muy localizados en el norte de la provincia, con poca variación de clima o relieve, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.

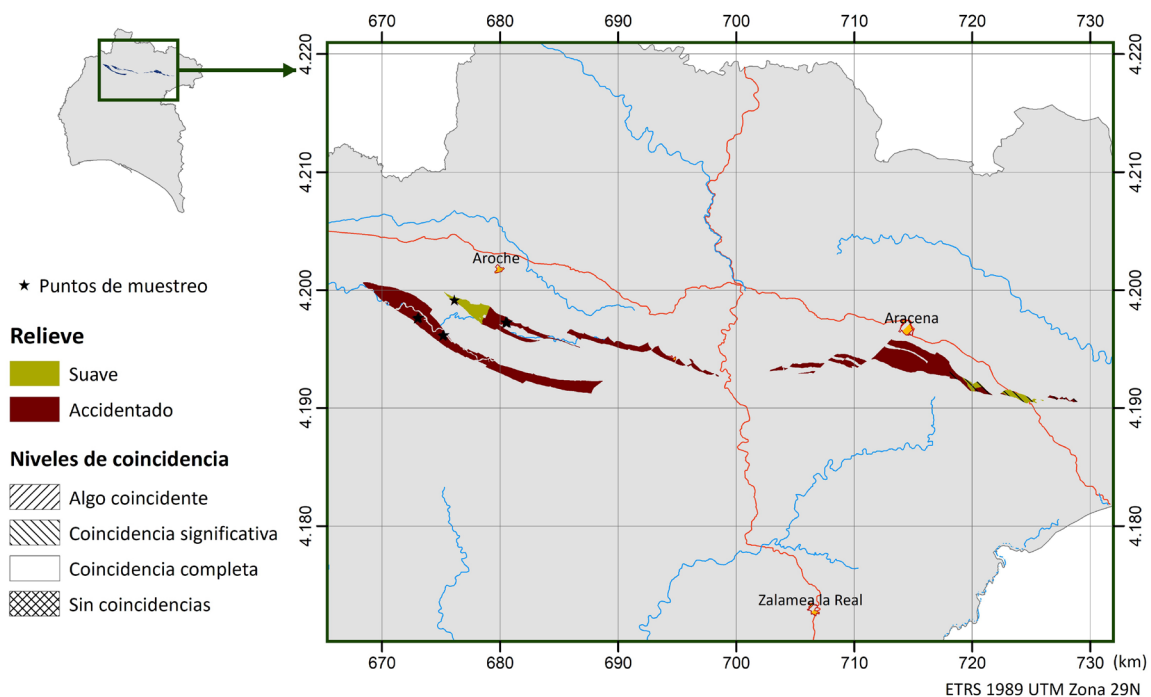


Figura 114. Localización de la unidad LtS-2300 en la provincia de Huelva.

Tabla 79. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-2300.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	494,04	9,57	132	291,68	5,652
			232	202,36	3,921
Accidentado	4.666,72	90,43	123	451,27	8,744
			133	3.966,70	76,863
			223	10,82	0,21
			233	237,93	4,61
<b>TOTAL</b>	<b>5.160,76</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>5.160,76</b>	<b>100</b>

Tal y como ya se ha comentado, en la unidad sólo se ha establecido un grupo litoedáfico, que se describe a continuación.

**Tabla 80. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 2300	Prof_Util (cm)	96,3	80	130	88,3	104,3
	CRAMU (mm)	237,3	155,4	306,4	214,3	260,3
	CRADU (mm)	133,8	87,2	186,9	119,8	147,8

**Tabla 81. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la Lts-2300. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

Lts	GL	FAO resumida	FAO prefijo	N_perfiles	Crómico	Endoesquelético	Endosíltico	Endosódico	Esquelético	Hiperéutrico	Húmico	Profúndico	Síltico	Sódico
2300	2300	Luvisol	Endoléptico	5				1	2	5			4	2
			Háplico	3	1	1	1	1		2	1	1		4
<b>Total</b>				<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>6</b>

## GL-2300

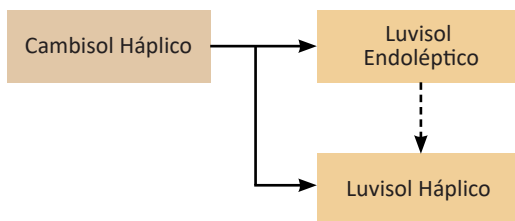
Las rocas presentes en este grupo se han clasificado como MT-01 (Ortoanfíbolita verde esquistosa) y MT-06 (Ortoanfíbolita de aspecto filítico).

Son suelos de pedregosidad abundante y texturas medias, de francas a franco-limosas, en las que abundan los limos, lo que les hace sensibles a la erosión. En cuanto al espesor se califican como profundos y su capacidad de retención de agua suele ser de alta a muy alta.

La reacción de cambio se tipifica como muy fuertemente ácida a fuertemente ácida, aunque no aparecen pH-KCl por debajo de 4; por otro lado, la solución del suelo presenta reacciones muy atenuadas, de ligeramente ácida a neutra.

Por lo general, son ricos en Ca y de intermedios a muy ricos en su contenido de Mg; el contenido en K es en general muy pobre. Tienen capacidades de intercambio catiónico altas y el complejo de cambio se encuentra, en general, cercano a la saturación.

La riqueza en bases facilita el ataque y disgregación de esta roca madre, que formará con facilidad cambisoles con evolución natural, relativamente fácil, hacia luvisoles, siempre que no exista un relieve muy recortado o una gestión inadecuada que rejuvenezca en exceso estos perfiles. La presencia abundante de Ca y Mg propiciarán que dominen los procesos de argillización in situ sobre la iluviación.



**Figura 115. Evolución probable de los suelos del GL-2300. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

Los sufijos más frecuentes son: Sódico, por la elevada proporción de Na y Mg en el complejo de cambio; Hiperéutrico por presentar niveles de saturación en bases superiores al 80%; Síltico,

por el alto contenido en limo.

Estos suelos presentan una excelente aptitud forestal, sin especiales limitaciones.

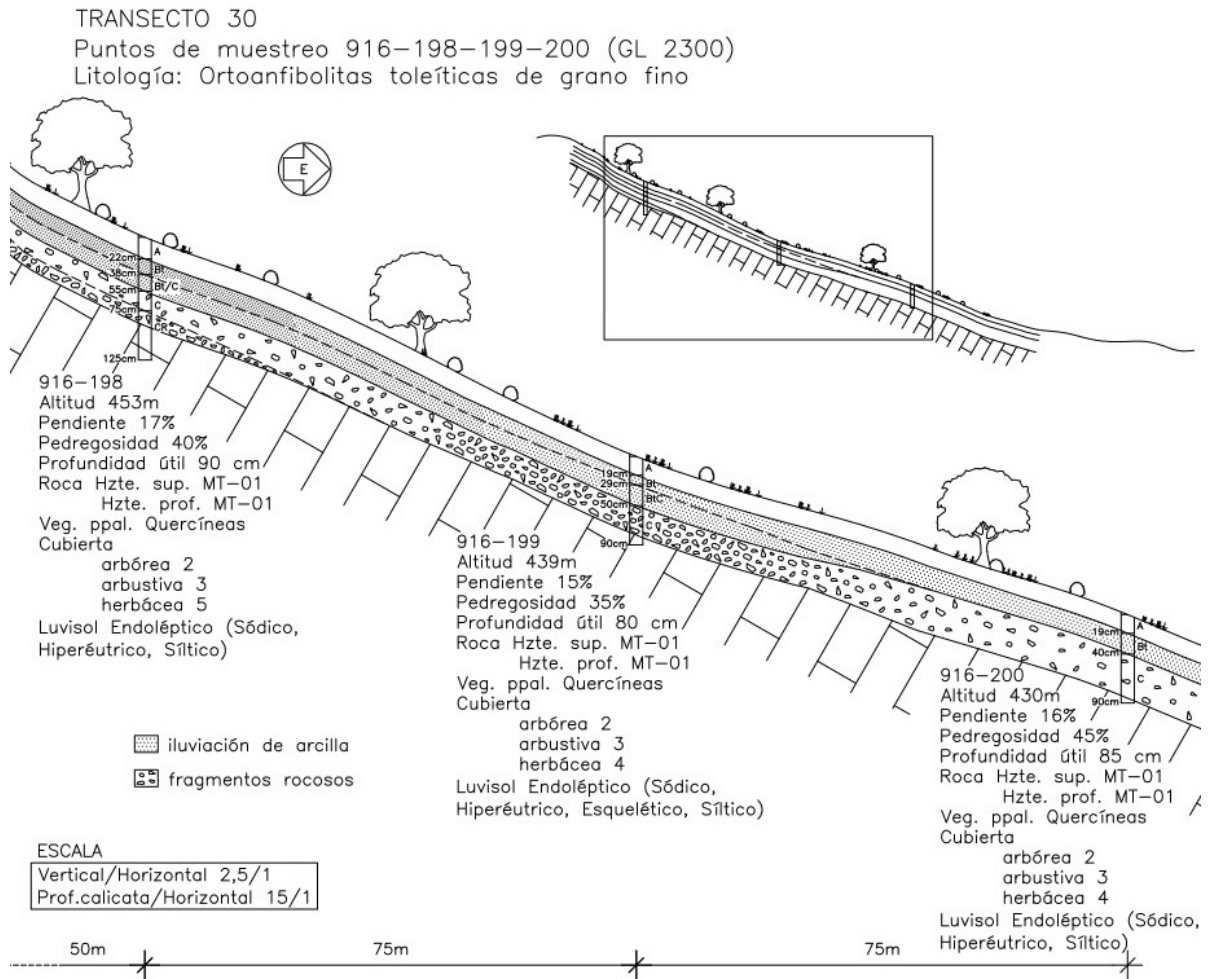


Figura 116. En este transecto se observa escasa variación a lo largo de la ladera; existe una tendencia homogénea a la formación de horizontes iluviales de arcilla, que pueden verse favorecidos por el relieve suave, que facilita que el perfil permanezca húmedo más tiempo.



Fotografía 74. Punto de muestreo 916-198, en la parte alta del transecto 30, en zona de dehesa.

TRANSECTO 35  
 Puntos de muestreo 916-218-219 (GL 2300)  
 Litología: Ortoanfíbolitas toleíticas (esquistos verdes)

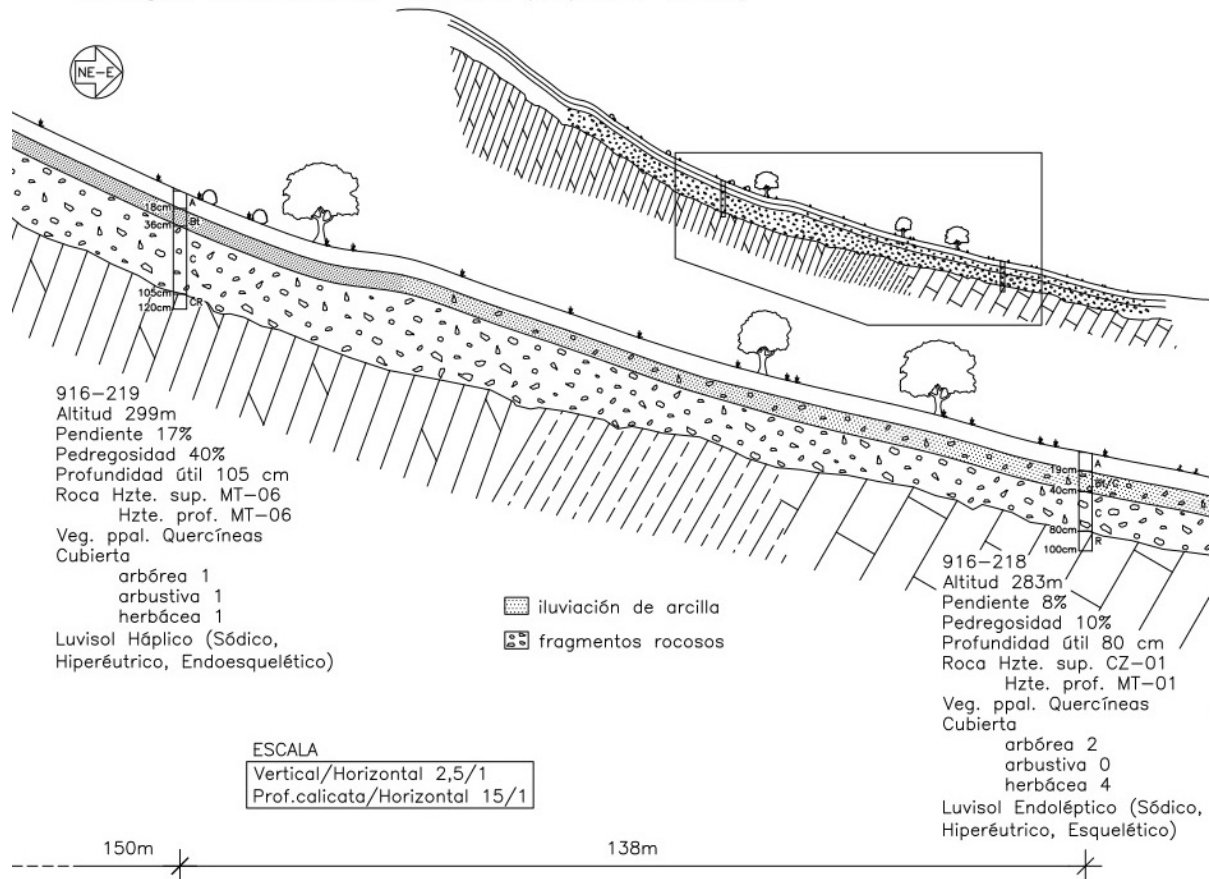


Figura 117. Catena con escasa influencia de ladera. El perfil inferior presenta una roca madre algo distinta, lo que podría explicar el carácter más somero (endoléptico) y más pedregoso (esquelético).



Fotografía 75.  
 Transecto 35  
 bajo cubierta de  
 dehesa de *Quercus*  
 mediterráneos.

### 3.3.16 Suelos sobre gneises cuarzo-feldespáticos con biotita. Unidad LtS-2400

Las litofacies MAGNA incluidas dentro de esta unidad contienen gneises, rocas procedentes del metamorfismo de granitos y otras rocas silicatadas ácidas (véase Anejo 3). Su importancia provincial es pequeña, pues no llegan a ocupar el 1% de la superficie total, aunque tienen interés local en el norte de la provincia.

provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 118. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 82. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.

La localización de la unidad LtS-2400 en la

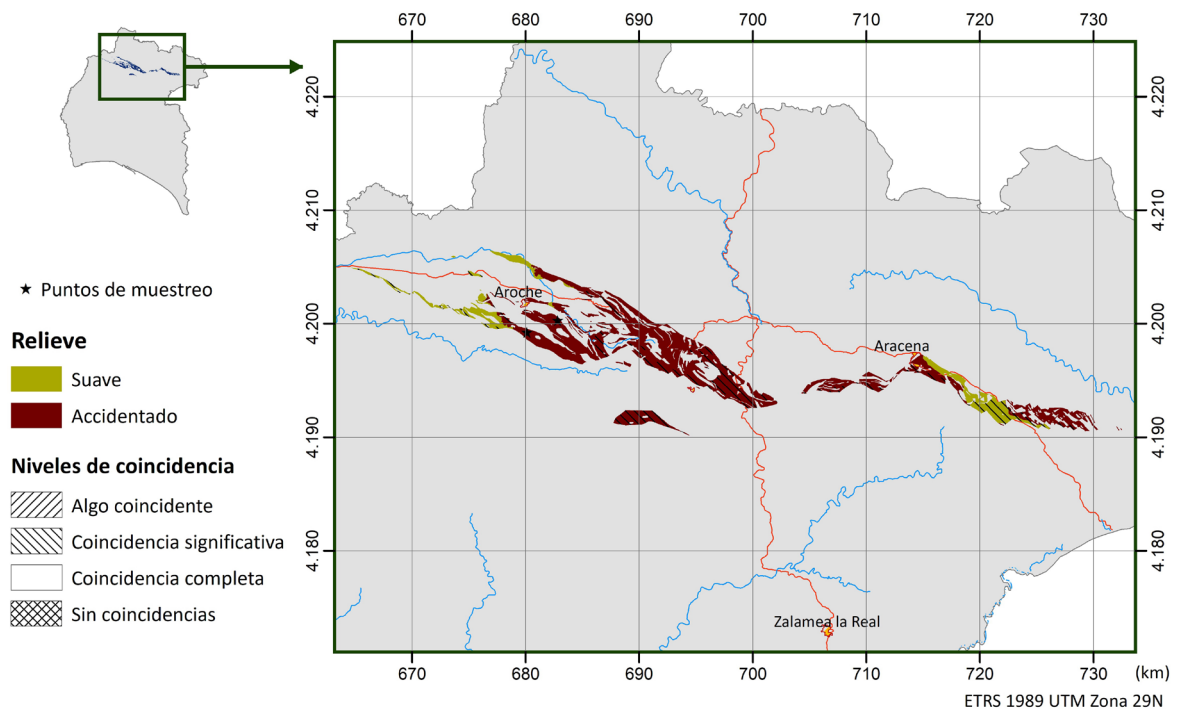


Figura 118. Localización de la unidad LtS-2400 en la provincia de Huelva.

Tabla 82. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-2400.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	1.672,00	17,66	122	140,44	1,484
			132	839,85	8,872
			232	691,71	7,307
Accidentado	7.794,09	82,34	133	7.019,05	74,15
			223	141,75	1,497
			233	633,29	6,69
<b>TOTAL</b>	<b>9.466,09</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>9.466,09</b>	<b>100</b>

Se dispone sólo de dos perfiles, ambos localizados sobre rocas de características similares, por lo que se ha establecido un único grupo litoedáfico. Sin embargo, estos perfiles presentan características texturales muy distintas, por lo que es esperable una variabilidad interna importante, que se haya

pendiente de estudio. El grupo se describe a continuación.

**Tabla 83. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 2400	Prof_Util (cm)	122,5	120	125	125	129,5
	CRAMU (mm)	270,9	231,9	309,8	309,8	312,8
	CRADU (mm)	134	124,1	143,9	143,9	147,0

**Tabla 84. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-2400. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición**

Lts	GL	FAO_resumida	FAO_prefijo	N_perfiles	Abruptico	Crómico	Endosódico	Escálico	Hiperéutrico	Húmico	Sódico
2300	2300	Luvisol	Endoléptico	1				1	1		1
			Háplico	1	1	1	1		1	1	
<b>Total</b>				<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

## GL-2400

La roca característica que aparece en esta unidad es la MT-04 (Gneis claro).

Los suelos son de pedregosidad variable, con texturas que van desde franco-arenosa a franco-arcillosa. Son suelos muy profundos. Tanto la capacidad hídrica total como el agua disponible varían entre muy alta y alta, lo que indica unas buenas condiciones texturales para la obtención del agua por las plantas. La erosionabilidad puede considerarse baja.

La reacción de cambio es fuertemente ácida y pasa a ligeramente ácida para la solución del suelo. El contenido en Ca es medio, el Mg varía de medio a alto y la riqueza en K es muy variable, de pobre a rico. La capacidad de intercambio

catiónico varía entre baja y alta, y el complejo de cambio se encuentra cercano a la saturación.

Aunque se dispone de poca información, se aprecia una tendencia a la formación de horizontes de acumulación de arcilla en perfiles de buen desarrollo en profundidad. La mayor acumulación de arcilla en uno de los perfiles puede deberse a su posición de baja ladera, más favorable, con una mayor disponibilidad de agua en el interior del perfil. Se consideran como taxones tipo el Luvisol Háplico y el Cambisol Háplico, ambos con los sufijos Sódico, por la abundancia de Na y Mg en el complejo de cambio, e Hiperéutrico, por la abundancia en bases.



**Figura 119. Evolución probable de los suelos del GL-2400. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia altamente probable dentro de la dinámica del suelo.**

Su aptitud forestal es excelente, aunque en zonas bajas su capacidad drenante será lenta y podría ocasionara asfixia radicular.

### 3.3.17 Suelos sobre ortoanfíbolitas toleíticas de grano grueso. Unidad LtS 2500

Las litofacies presentes en esta unidad contienen, principalmente, ortoanfíbolitas y gneises anfíbolíticos (véase Anejo 3). Son silicatos ultrabásicos con gran presencia de un mineral negro y de aspecto fibroso denominado anfíbol.

Aunque localmente puede tener alguna relevancia, la importancia superficial provincial de esta unidad es casi insignificante, 0,2%. La

localización de la unidad LtS-2500 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 120. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 85. Como ya se indicó en la sección 3.2.5, esta LtS y su GL único se encuentran muy localizados en el norte de la provincia, con poca variación de clima o relieve, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.

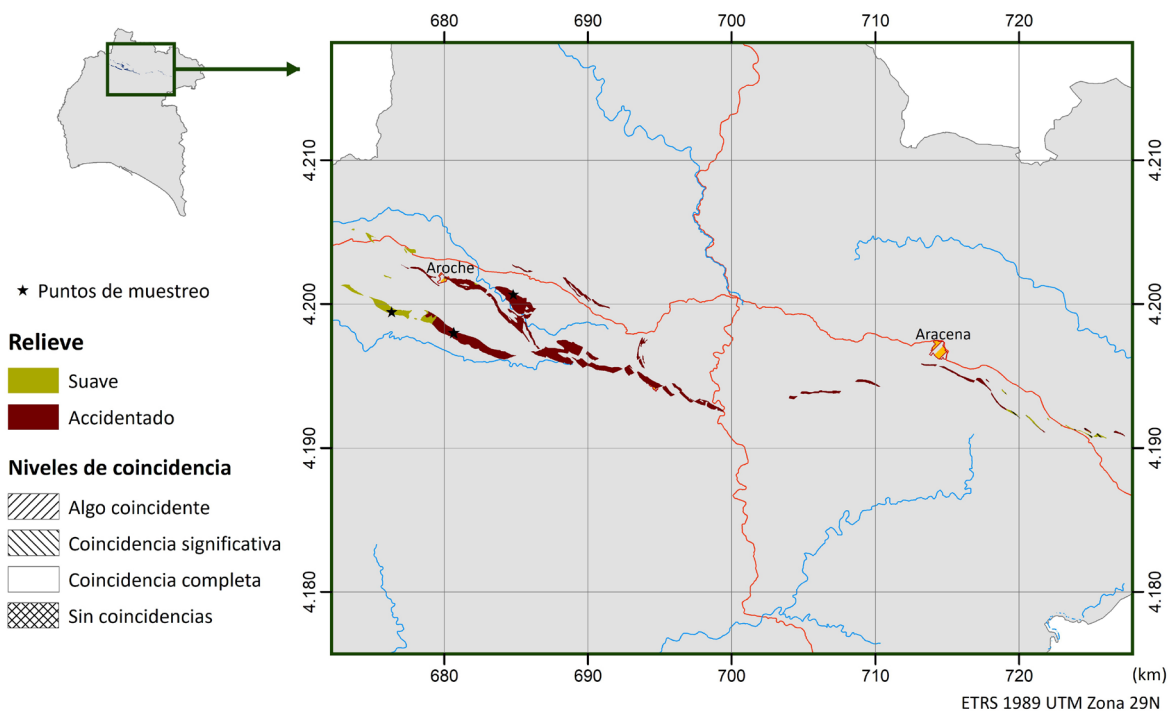


Figura 120. Localización de la unidad LtS-2500 en la provincia de Huelva.

Tabla 85. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-2500.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	292,91	14	132	239,20	11,434
			232	53,72	2,568
Accidentado	1.799,10	86	133	1.765,93	84,413
			233	33,16	1,585
<b>TOTAL</b>	<b>2.092,01</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>2.092,01</b>	<b>100</b>

Aunque aparecen características con variabilidad significativa, no se ha considerado que existiera suficiente información para separar más de un grupo litoedáfico, el cual se describe a continuación.

Tabla 86. Variables edáficas principales (valores muestreados).

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 2500	Prof_Util (cm)	101	84	120	90,0	112,0
	CRAMU (mm)	202,8	156,9	279,4	167,8	237,8
	CRADU (mm)	108,8	83,6	159,5	85,8	131,8

**Tabla 87. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-2500. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

Lts	GL	FAO_resumida	FAO_prefijo	N_perfiles	Endosódico	Hiperéutrico	Húmico	Sódico
2500	2500	Cambisol	Háplico	2	1	2	1	1
		Luvisol	Háplico	1		1		1
		Phaeozem	Endoléptico	1				1
<b>Total</b>				<b>4</b>	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

## GL-2500

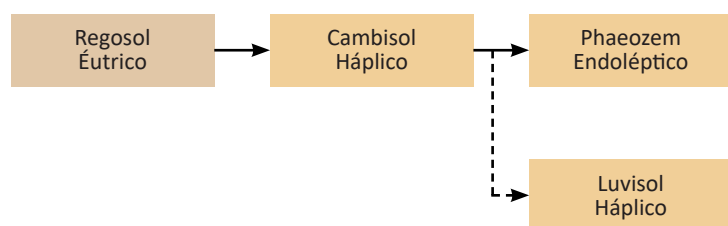
Las rocas características del grupo son MT-03 (Ortoanfíbrolita de grano grueso tipo microgranito) y MT-02 (Ortoanfíbrolita verde-clara de grano grueso).

La pedregosidad suele ser media y alta. Son suelos profundos y muy profundos, y con capacidad de retención de agua por lo general alta. Presentan texturas medias, francas o franco-arenosas. Presentan condiciones de resistencia a la erosión moderadas.

La reacción de cambio varía de muy fuertemente ácido a fuertemente ácido y de ligeramente ácida a neutra para la solución del suelo. Los contenidos de Ca se califican de medio a rico y para el Mg de medio a rico, son de muy pobres a medios en K. Las CIC son de medias a altas y el complejo de cambio se encuentra cercano a la saturación.

En estos suelos se pueden producir procesos de iluviación de arcillas, pero estos serían muy lentos, dada la superabundancia catiónica. Probablemente la argillización in situ es el proceso responsable de la abundancia de arcillas en el perfil; la argillización es más intensa en los horizontes subsuperficiales, que se mantienen húmedos una buena parte de la época calurosa. Esta sería la causa de la existencia de horizontes sin carácter árgico en la mayoría de los casos, que se han calificados como cámbicos.

A partir de formas poco evolucionadas (Regosol) estos suelos se transformarán, de forma más o menos rápida, en cambisoles y, posteriormente, en luvisoles. La abundancia de materia orgánica en esta facies (que puede estar relacionado con la presencia de ganado) favorece la aparición de horizontes móllicos, que originarán los Phaeozems.



**Figura 121. Evolución probable de los suelos del GL-2500. Los cuadros más oscuros indican taxones no muestreados en el GL, pero de existencia probable dentro de la dinámica edafológica.**

Presentan una buena aptitud forestal, incluso excelente, cuando no aparecen características lépticas.

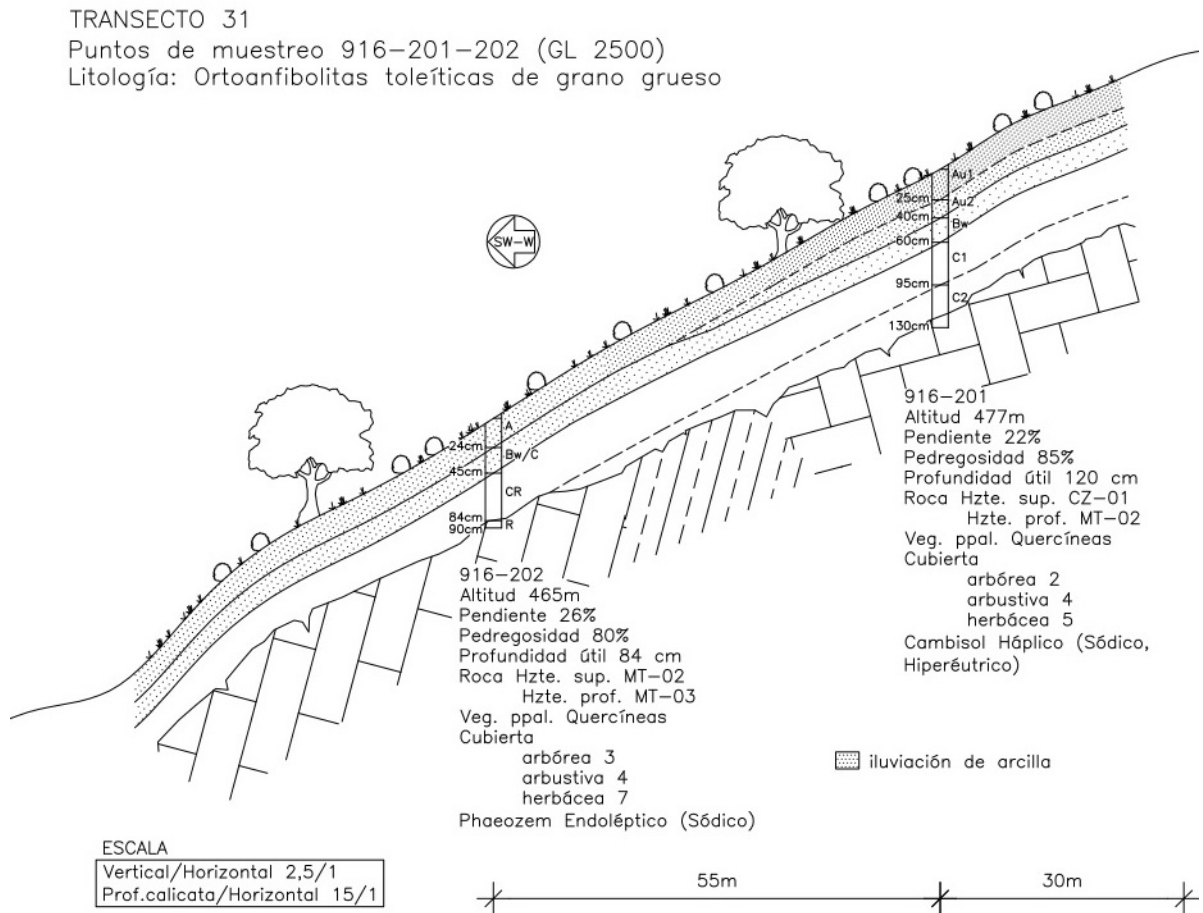
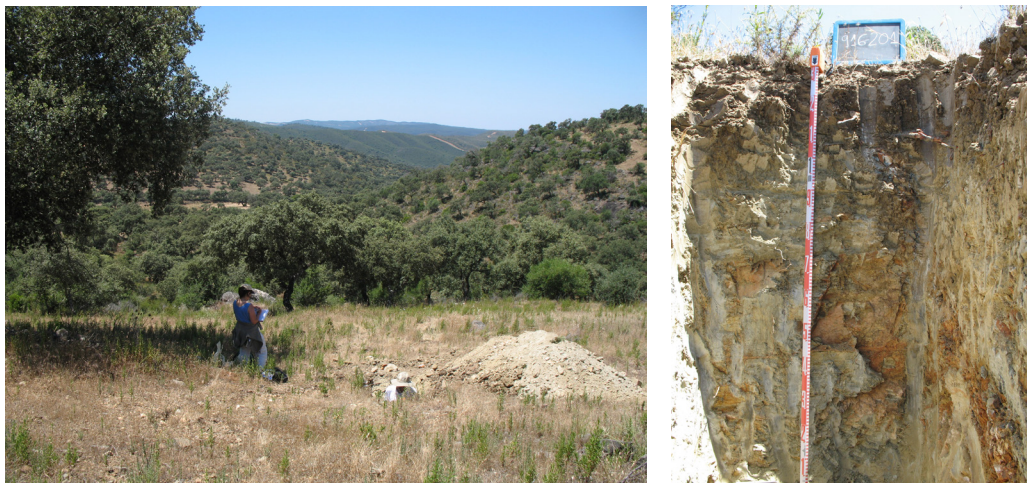


Figura 122. Catena en la que se ha apreciado variación en el tipo de material parental, lo que puede explicar la anomalía en la evolución ladera abajo, a pesar de tratarse de suelos con rocas de fácil ataque y permeabilidad, suficiente para que entre agua dentro de todo el perfil. La pendiente creciente también puede estar relacionada con la menor ganancia de espesor en la parte baja.



Fotografía 76. Punto de muestreo 916-201, parte alta del transecto 31. Este perfil se considera poco típico dentro del GL, por la profundidad que alcanza y por ser algo menos pedregoso, aunque no presenta una gran separación del resto de muestreos, considerados más representativos.

### 3.3.18 Suelos sobre materiales Pliocuaternarios. Unidad LtS-3100

Se trata de un grupo complejo formado por materiales sedimentarios. La sedimentación dominante ha sido de tipo lacustre, esto es, en zonas someras cercanas a la costa, por lo que se trata principalmente de granulometrías gruesas, arenas y gravas, aunque también aparecen materiales finos como acompañantes. La mayor parte de estos materiales no se encuentran consolidados, aunque sí aparecen conglomerados que han sido cementados por la presencia de óxidos de hierro, principalmente. Se trata de una LtS compleja y muy importante en el conjunto provincial, donde ocupa el 18,5% del territorio, en una amplia franja cercana a la costa y a los estuarios de los grandes ríos. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta

unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-3100 en la provincia se puede apreciar en la Figura 123. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 88. Como ya se indicó en la sección 3.2.4.1, los materiales sedimentarios incoherentes a los que corresponde esta LtS-3100 no presentan una buena diferenciación vinculada al clima y relieve provinciales, circunstancia normal, puesto que son materiales que se concentran sobre la costa y la campiña, zonas de relieves casi planos y de escasos gradientes climáticos, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.

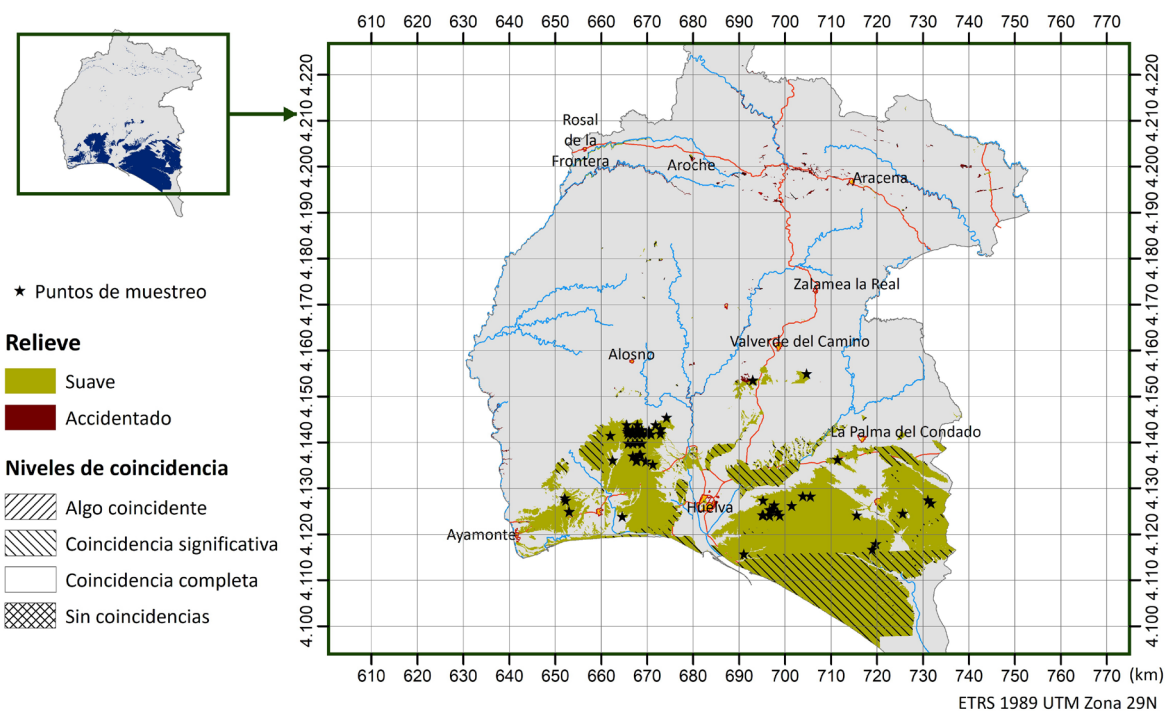


Figura 123. Localización de la unidad LtS-3100 en la provincia de Huelva.

Tabla 88. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-3100.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	181.074,71	98,29	112	273,82	0,149
			122	172,52	0,094
			132	57,88	0,031
			212	67.742,26	36,772
			222	159,42	0,087
			232	45,37	0,025

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
			312	111.912,11	60,748
			322	711,33	0,386
Accidentado	3.147,32	1,71	113	186,46	0,101
			123	215,71	0,117
			133	1.584,93	0,86
			213	1,17	0,001
			223	421,55	0,229
			233	31,71	0,017
			313	668,68	0,363
			323	37,11	0,02
<b>TOTAL</b>	<b>184.222,03</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>184.222,03</b>	<b>100</b>

Los criterios para distinguir grupos litoedáficos en esta LtS difieren de los grupos sobre rocas consolidadas, pues las características de la roca madre pierden importancia frente a características del suelo como son la presencia de gruesos, la textura, la presencia de horizontes de acumulación de arcilla o la presencia de horizontes cementados. Son características de más difícil determinación “de visu”, pero que pueden estimarse con cierta facilidad extrayendo muestras con una barrena para suelos.

La principal zona de muestreo de esta LtS se encuentra en la Hoja-981 “Gibraleón”, aunque también han aparecido materiales de este tipo en otras hojas estudiadas, como la Hoja-960 “Valverde del Camino”. El extremo sur de la

provincia, correspondiente al E.N. de Doñana, estaría casi íntegramente situado sobre esta LtS, si bien se encuentra excluido del presente estudio.

En todos los casos, para esta LtS las rocas identificadas entre los materiales gruesos han sido gravas redondeadas de cuarzo, como material resistente remanente, sin que se pueda inferir otra característica de esta circunstancia, más allá de la abundancia relativa de estas gravas.

Se han establecido 6 grupos litoedáficos en esta LtS-3100, tres de ellos de frecuente presencia, dos secundarios y un sexto de rara aparición en zonas forestales. Sus características se describen a continuación.

**Tabla 89. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 3140	Prof_Util (cm)	101,6	68	120	89,6	113,6
	CRAMU (mm)	147,3	105,8	197,1	124,2	170,2
	CRADU (mm)	81,6	62,3	104	70,6	92,6
GL 3150	Prof_Util (cm)	160,8	125	200	146,8	174,8
	CRAMU (mm)	221,9	170,6	342,7	187,9	255,9
	CRADU (mm)	132,7	95,1	243,1	102,7	162,7
GL3160	Prof_Util (cm)	127,7	100	150	118,7	136,7
	CRAMU (mm)	259,3	187,6	338,6	243,3	275,3
	CRADU (mm)	125,7	89,4	158,4	117,7	133,7
GL 3170	Prof_Util (cm)	100	60	155	63,0	137,0
	CRAMU (mm)	144,3	84,7	210,2	97,4	191,4
	CRADU (mm)	75,6	41	117,4	46,6	104,6
GL 3180	Prof_Util (cm)	143	120	190	125,0	161,0
	CRAMU (mm)	204,3	98,7	338,6	145,2	263,2
	CRADU (mm)	133,3	68,3	235,3	88,3	178,3
GL 3190	Prof_Util (cm)	100	100	100	87,0	113,0
	CRAMU (mm)	143,9	143,9	143,9	117,9	169,9
	CRADU (mm)	77,8	77,8	77,8	57,8	97,8



pues no siempre resulta utilizable toda su profundidad y son pobres en nutrientes. Cuando la capa arcillosa es profunda las condiciones mejoran, pues se proporciona una retención

de agua extra que favorece a especies como el alcornoque.



**Fotografía 77. Perfil 981-55. Acrisol Háplico, de dominancia arenosa que presenta un salto textural brusco (Abrúptico) en el tercer horizonte a 52 cm de profundidad y cementación férrica en el cuarto horizonte (Férrico).**

## GL-3150

El carácter distintivo de este grupo es la presencia de un salto textural brusco (abrúptico) en zonas muy profundas del perfil, entre 90 y 160 cm, sin que se aprecie cementación de esta zona de moderada acumulación de arcillas.

Son suelos con pedregosidad superficial escasa o ausente, y muy pocos gruesos en el interior del perfil. Sus texturas son gruesas, de componente dominante arenosa, son muy profundos y las capacidades hídricas varían entre intermedias y extremadamente altas.

La reacción de cambio se tipifica como fuertemente ácida y muy fuertemente ácida, mientras que la solución del suelo presenta valores de neutros a ligeramente ácidos. Presentan valores extremadamente pobres de Ca, muy pobres en su contenido de Mg y la riqueza en K es muy pobre. Tienen capacidades de intercambio catiónico bajas y el complejo de cambio suele estar insaturado, aunque se trata

de un indicador engañoso, pues estos suelos tan arenosos apenas tienen complejo de cambio.

Son suelos con un buen desarrollo en profundidad, con formación de horizonte árgico y una baja capacidad de intercambio catiónico, por lo que los taxones característicos son los lxisoles y los acrisoles, con carácter abrúptico y arénico al igual que GL-3140.

Presentan buena aptitud forestal, pues a pesar de la pobreza en nutrientes, el horizonte de acumulación de arcilla profundo proporciona una retención de agua extra que favorece a especies forestales en general y al alcornoque en particular.

La frecuencia de aparición de este grupo en los muestreos realizados sobre suelos forestales ha sido baja, por lo que se considera un grupo secundario.



**Fotografía 78. Punto de muestreo 981-138. Acrisol Háplico (Abrúptico, Arénico). Perfil muy arenoso pero enriquecido en arcilla a partir de 160 cm de profundidad, lo cual facilita una reserva hídrica profunda.**

## GL-3160

El carácter distintivo de este grupo es la presencia de un salto textural brusco (abrupto) en zonas superficiales del perfil, entre 19 y 54 cm, sin que se aprecie cementación de esta zona de moderada acumulación de arcillas, salvo excepciones (aparece un Plintosol).

Son suelos con pedregosidad superficial escasa o ausente, y muy pocos gruesos en el interior del perfil. Sus texturas son medias-gruesas, de tendencia franca, son muy profundos a profundos y las capacidades hídricas varían entre intermedias y muy altas.

La reacción de cambio se tipifica como extremadamente ácida en general (valores de pH inferiores a 4), mientras que la solución del suelo presenta valores entre mediana y fuertemente ácidos. Presentan valores muy pobres a extremadamente pobres de Ca, pobres a muy pobres en su contenido de Mg y la riqueza

en K es variable, con dominancia entre pobre y muy pobre. Tienen capacidades de intercambio catiónico bajas y el complejo de cambio puede presentar todos los grados de insaturación.

Son suelos con un buen desarrollo en profundidad, con formación de horizonte árgico y una baja capacidad de intercambio catiónico, por lo que los taxones característicos son los acrisoles, con el carácter abrupto e hiperdístico, y otros suelos con horizonte árgico como alisoles, luvisoles y lxisoles.

Presentan buena aptitud forestal. El horizonte árgico cercano a la superficie puede generar algún problema puntual de drenaje y de erosión superficial, al ser materiales más finos. En cualquier caso, sus excelentes cualidades hídricas y aceptable calidad nutritiva lo convierten en suelos de gran interés.



**Fotografía 79. Punto de muestreo 981-137. Lixisol Háptico con aparición brusca de acumulación de arcillas a 22 cm de profundidad. Se trata de una acumulación moderada que implica una excelente capacidad hídrica y favorece la presencia del monte alcornocal, aunque la cementación férrica a partir de 85 cm hace que estas zonas profundas sean de aprovechamiento dificultoso para la vegetación.**

GL-3170

El carácter distintivo de este grupo es la presencia de un salto textural muy brusco (abrupto) en zonas bastante superficiales del perfil, entre 25 y 63 cm; además en esta zona de acumulación de arcillas el terreno suele encontrarse cementado, con lo que dificulta notablemente el desarrollo radicular.

Son suelos con pedregosidad superficial variable, pero en general abundante, con gruesos frecuentes o abundantes en el interior del perfil. Sus texturas son gruesas o medias, aunque llegan a aparecer suelos arcillosos; la profundidad es variable, de intermedia a muy profundas y las capacidades hídricas varían entre bajas y altas.

La reacción de cambio se tipifica como extremadamente ácida y muy fuertemente ácida, mientras que la solución del suelo presenta valores de ligeramente ácidos a fuertemente ácidos. Presentan valores extremadamente pobres y muy pobres de Ca, muy pobres y pobres en su contenido de Mg y son muy pobres en K. Tienen capacidades de intercambio catiónico bajas y el complejo de cambio suele estar insaturado, aunque se trata

de un indicador engañoso, pues estos suelos tan arenosos apenas tienen complejo de cambio.

Son suelos con formación brusca de horizonte árgico y una baja capacidad de intercambio catiónico, por lo que los taxones característicos son los acrisoles, con el carácter abrupto. También aparecen perfiles con mayor cantidad de arcilla y CIC mayor, aunque también insaturados, que se clasifican como alisoles típicos, abruptos. Aparece también el carácter férrico, que indicaría condiciones de fuerte endurecimiento.

Presentan aptitud forestal moderada, pues no siempre resulta utilizable toda su profundidad, la abundancia de gruesos (gravas) reduce su capacidad hídrica y son pobres en nutrientes. Pueden mejorar para el uso forestal con la aplicación de subsolados profundos que rompan la capa férrica cementada.

Por su menor frecuencia de aparición en los muestreos se le asigna un carácter secundario, aunque se considera que su probabilidad de aparición puede ser mayor en zonas menos muestreadas.



**Fotografía 80. Puntos de muestreo 960-331. Acrisol Endostágnico que presenta un salto textural muy brusco a 85 cm de profundidad con rasgos de hidromorfía. El sustrato es muy pobre en nutrientes, pero las buenas cualidades hídricas proporcionan un buen desarrollo de la vegetación forestal.**

## GL-3180

---

El carácter distintivo de este grupo es su composición casi exclusivamente arenosa y la ausencia de horizontes de acumulación en profundidades edafológicas.

Son suelos con pedregosidad superficial escasa y muy pocos gruesos en el interior del perfil. Sus texturas son gruesas, son muy profundas y las capacidades hídricas varían entre bajas y altas, aunque pueden encontrarse infravaloradas, pues en suelos tan arenosos y poco compactos el volumen de suelo explorable puede ser más importante de lo que se evalúa.

La reacción de cambio se tipifica como extremadamente ácida y muy fuertemente ácida, mientras que la solución del suelo presenta principalmente valores de ligeramente ácidos a fuertemente ácidos. Presentan valores extremadamente pobres y muy pobres de Ca,

muy pobres y pobres en su contenido de Mg y la riqueza en K va de pobre a extremadamente pobre. Tienen capacidades de intercambio catiónico bajas y el complejo de cambio suele estar entre insaturado o ligeramente saturado, aunque se trata de un indicador engañoso, pues estos suelos tan arenosos apenas tienen complejo de cambio.

Son suelos muy arenosos con un buen desarrollo en profundidad, sin formación de horizonte árgico y una baja capacidad de intercambio catiónico, por lo que los taxones característicos son los arenosoles.

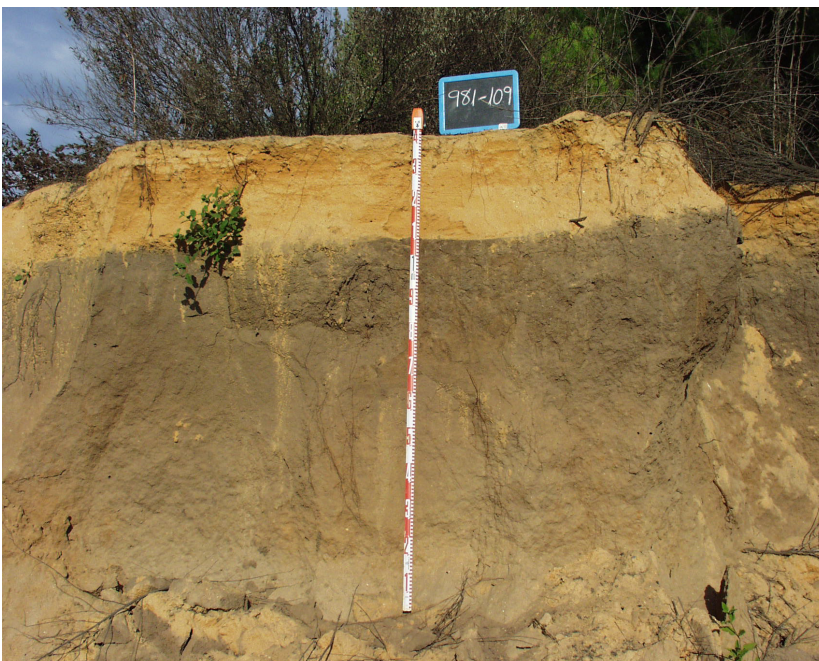
Presentan buena a moderada aptitud forestal, por su excesiva capacidad drenante y la escasez en nutrientes; estos defectos pueden verse parcialmente compensados por el gran volumen de suelo explorable por las raíces de los árboles.



**Fotografía 81. Punto de muestreo 981-128, Arenosol Brúnico. Perfil muy arenoso que sólo a gran profundidad presenta un enriquecimiento en materiales finos, tanto limo como arcilla. Esta capa profunda de permeabilidad más lenta produce rasgos hidromórficos a partir de 65 cm de profundidad. Nutritivamente es pobre, pero su buena capacidad hídrica le da una elevada aptitud forestal.**

GL-3190

Este grupo va asociado a terrazas aluviales y antiguas turberas, que se clasifican como fluvisoles. Son inclusiones de escasa extensión, con muy baja ocurrencia en zonas forestales.



**Fotografía 82. Punto de muestreo 981-109. Fluvisol Háplico. Suelo formado sobre una antigua turbera que, posteriormente, se ha drenado, ya que no se aprecian condiciones de encharcamiento reciente. Sobre los antiguos materiales gléyco-turbosos se sitúa una capa de arena aluvial.**

### 3.3.19 Suelos sobre materiales limo-arenosos del Mioceno. Unidad LtS-3200

Las litofacies presentes en esta unidad contienen limos amarillentos arenoso-calcareos. A escala provincial esta unidad ocupa algo menos del 1% del total, si bien puede tener alguna relevancia en zonas cercanas a los estuarios de los ríos principales, sobre terrenos de poco uso forestal. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-3200 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la

Figura 124. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 91. Como ya se indicó en la sección 3.2.4.1, los materiales sedimentarios incoherentes a los que corresponde esta LtS no presentan una buena diferenciación vinculada al clima y relieve provinciales, circunstancia normal, puesto que son materiales que se concentran sobre la campiña, con relieves casi planos y de escaso gradiente climático, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.

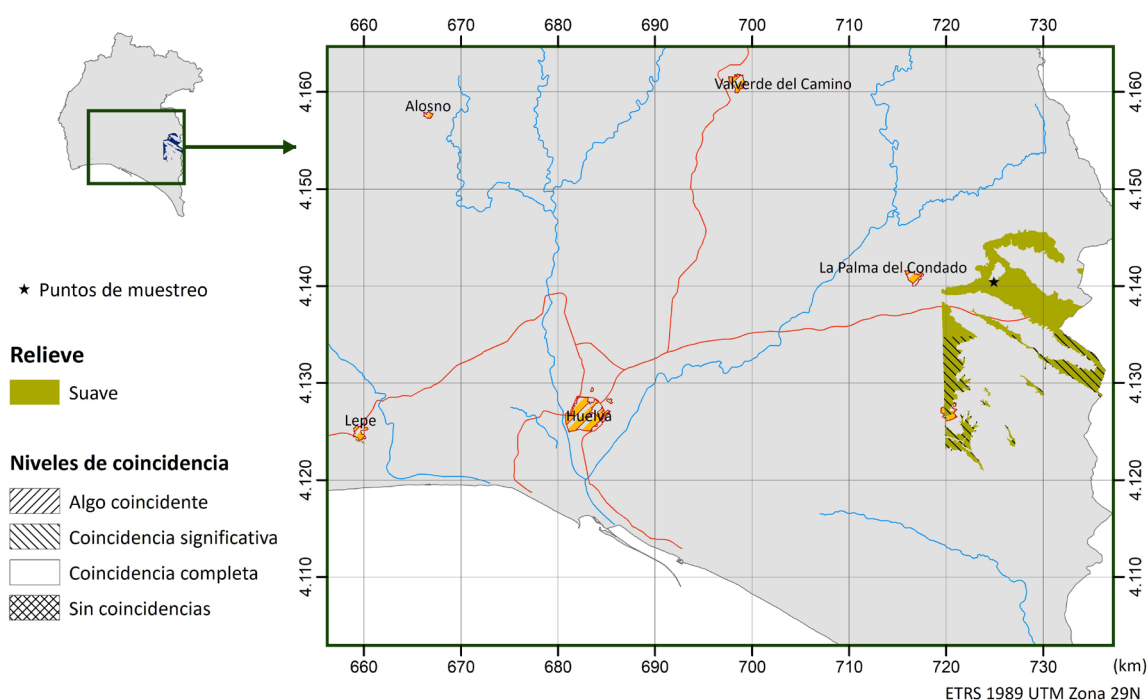


Figura 124. Localización de la unidad LtS-3200 en la provincia de Huelva.

Tabla 91. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-3200.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	9.804,84	100	212	702,69	7,167
			312	8.502,03	86,712
			322	600,12	6,121
<b>TOTAL</b>	<b>9.804,84</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>9.804,84</b>	<b>100</b>

Por su escasa importancia general y forestal, no se ha analizado la subdivisión en grupos litoedáficos, por lo que se establece un único GL, que se describe a continuación.

Tabla 92. Variables edáficas principales (valores muestreados).

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 3200	Prof_Util (cm)	110	110	110	97,0	123,0
	CRAMU (mm)	418,8	418,8	418,8	392,8	444,8
	CRADU (mm)	203,4	203,4	203,4	183,4	223,4

Tabla 93. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-3200. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.

Lts	GL	FAO_resumida	FAO_prefijo	N_perfiles	Profónico	Crómico
3200	3200	Luvisol	Vértico	1	1	1

GL-3200

Se trata de suelos muy profundos, con muy pocos o ausentes gruesos, capacidad de retención hídrica extremadamente alta y contenidos ricos o intermedios en cationes.

El único perfil estudiado en esta unidad presenta arcillas expansivas en un horizonte profundo de acumulación, por lo que se clasifica como

Luvisol Vértico (Profónico, Crómico). Su aptitud forestal es moderada, pues no resulta adecuado para aquellas especies sensibles a la asfixia radicular; su aptitud para la agricultura es buena y puede ser muy buena para especies forestales resistentes al encharcamiento.

### 3.3.20 Suelos areniférricos, suelos sobre gravas compactas y sobre calizas biogenéticas. Unidad LtS-3300

Esta litofacies está compuesta por materiales de granulometría gruesa, arenas y gravas, que pueden formar conglomerados, y por rocas calizas provenientes de caparzones y otras partes de seres vivos. En las zonas forestales muestreadas no se ha observado la aparición de calizas, por lo que se considera que la información que se da a continuación correspondería únicamente a materiales silíceos antiguos que, con cierta frecuencia, forman corazas. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

Esta unidad ocupa el 1,6% de la superficie provincial y se localiza principalmente en la zona

sur de la provincia, formada por materiales de relleno terciarios y cuaternarios. La localización de la unidad en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 125. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 94. Como ya se indicó en la sección 3.2.4.1, los materiales sedimentarios incoherentes a los que corresponde esta LtS no presentan una buena diferenciación vinculada al clima y relieve provinciales, circunstancia normal, puesto que son materiales que se concentran sobre la campiña, con relieves casi planos y de escaso gradiente climático, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.

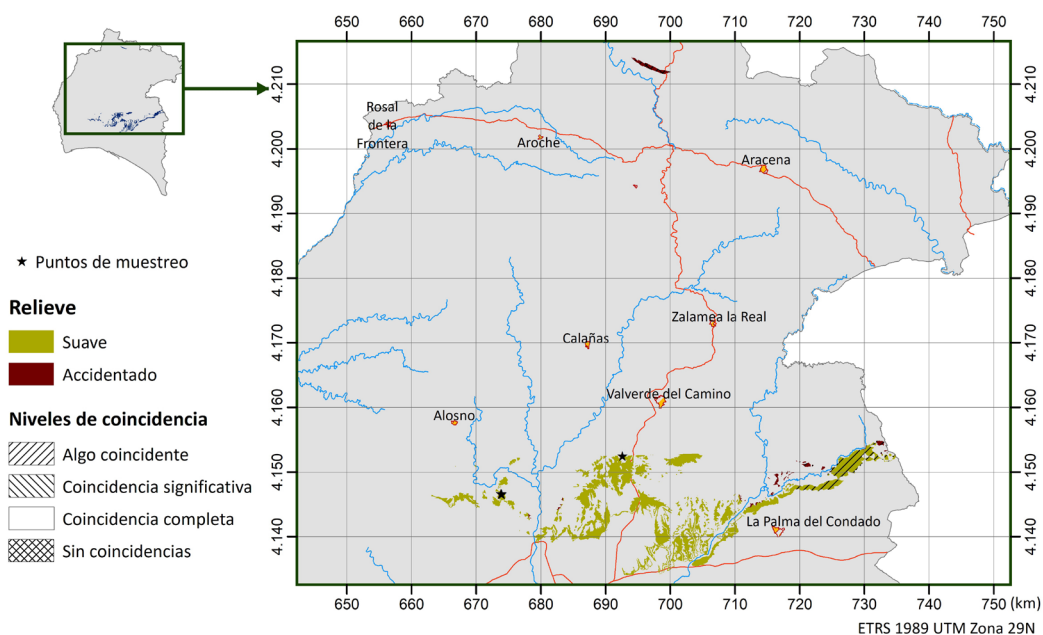


Figura 125. Localización de la unidad LtS-3300 en la provincia de Huelva.

**Tabla 94. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-3300.**

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	15.637,81	95,64	312	13.947,19	85,299
			322	1.690,62	10,34
Accidentado	713,11	4,36	133	301,52	1,844
			313	244,03	1,492
			323	167,56	1,025
<b>TOTAL</b>	<b>16.350,92</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>16.350,92</b>	<b>100</b>

En la unidad sólo se ha establecido un grupo litoedáfico, que se describe a continuación.

**Tabla 95. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 3300	Prof_Util (cm)	62,5	45	95	47,5	77,5
	CRAMU (mm)	126,1	86,1	187,3	98,1	154,1
	CRADU (mm)	63,6	54,2	91,2	50,6	76,6

**Tabla 96. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-3300. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO_resumida	FAO_Prefijo	N_perfiles	Abrúptico	Crómico	Hiperdiátrico
3300	3300	Acrisol	Háplico	1	1	1	
			Plíntico	1	1	1	1
		Alisol	Plíntico	1	1	1	
		Lixisol	Háplico	1		1	
<b>Total</b>				<b>4</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

## GL-3300

Son suelos de profundidad intermedia, abundante pedregosidad superficial, gruesos frecuentes dentro del perfil (gravas) y capacidad de retención de agua de baja a intermedia. En partes bajas de ladera estas condiciones pueden mejorar. La textura es intermedia, si bien, a la vista de la baja capacidad de cambio y de la fuerte cementación, se deduce que una parte importante de los materiales finos está constituida por oxihidróxidos de hierro y aluminio.

En la reacción de cambio domina la muy fuertemente ácida, y fuertemente ácida en la solución del suelo. El contenido en Ca es extremadamente pobre o pobre, en Mg pobre o muy pobre, y en K de muy rico a pobre. La

capacidad de intercambio catiónico es baja y el complejo de cambio se haya entre insaturado y ligeramente saturado.

Son suelos con horizontes de acumulación de arcillas, que suelen tener muy baja capacidad de cambio. El salto textural se produce de forma brusca y con frecuencia presentan fuerte cementación con segregación de colores rojizos y amarillos (plintita). Los grupos típicos serían acrisoles y lixisoles de carácter plíntico y abrúptico.

La extremada cementación de estos suelos y su escasez de nutrientes hacen que resulten de baja aptitud forestal, aunque pueden mejorar notablemente con labores profundas.



Fotografía 83. Punto de muestreo 981-183, Lixisol Háplico con cementación por óxidos de hierro que dificultan su prospección por la vegetación por debajo de los 90 cm, a pesar de lo cual se aprecia una excelente aptitud para el bosque de *Quercus* mediterráneos.

### 3.3.21 Suelos sobre materiales marga-arenosos. Unidad LtS-3400

Esta LtS se diferencia por formarse sobre rocas de tipo marga arenosa, con escasez de otros materiales no carbonatados. Se trata fundamentalmente de margas arenosas, de tonos azulados o verdosos, con algunas arenas, que proceden del Mioceno superior. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La unidad ocupa el 3,6% de la superficie provincial, principalmente en las cuencas terciarias de la parte sur. Su localización en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 126.

Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 97. Como ya se indicó en la sección 3.2.4.1, los materiales sedimentarios incoherentes a los que corresponde esta LtS no presentan una buena diferenciación vinculada al clima y relieve provinciales, circunstancia normal, puesto que son materiales que se concentran sobre la costa y la campiña, zonas de relieves casi planos y de escasos gradientes climáticos, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.

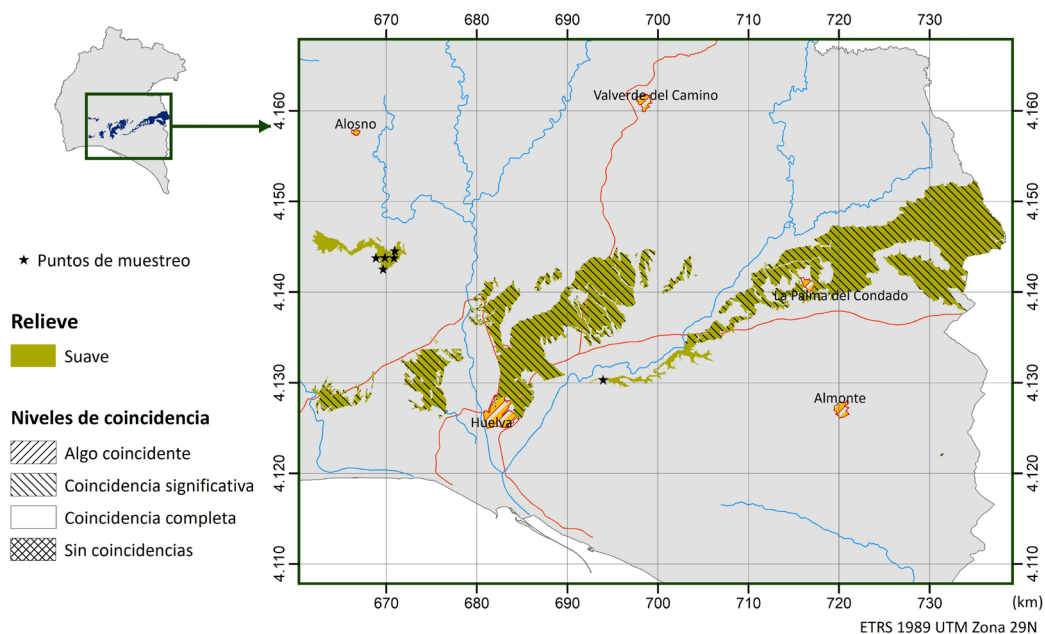


Figura 126. Localización de la unidad LtS-3400 en la provincia de Huelva.

**Tabla 97. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-3400.**

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	35.485,20	100	312	30.150,45	84,966
			322	5.334,75	15,034
<b>TOTAL</b>	<b>35.485,20</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>35.485,20</b>	<b>100</b>

La información que se dispone para estas zonas es de muestreos, en los que no se han apreciado rocas margosas. Se han establecido tres grupos litoedáficos, GL-3440, GL-3450 y GL-3460. El grupo GL-3440 se contempla como el dominante, al ser más frecuente según la descripción geológica.

**Tabla 98. Variables edáficas principales (valores muestreados).**

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 3440	Prof_Util (cm)	120	120	120	107,0	133,0
	CRAMU (mm)	342,2	342,2	342,2	316,2	368,2
	CRADU (mm)	150,8	150,8	150,8	130,8	170,8
GL 3450	Prof_Util (cm)	93,3	70	115	76,3	110,3
	CRAMU (mm)	215,4	186,2	231,1	196,4	234,4
	CRADU (mm)	126,2	91,8	162,9	99,2	153,2
GL 3460	Prof_Util (cm)	100	100	100	87,0	113,0
	CRAMU (mm)	132,9	132,9	132,9	106,9	158,9
	CRADU (mm)	80,3	80,3	80,3	60,3	100,3

**Tabla 99. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-3400. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

LtS	GL	FAO_resumida	FAO_Prefijo	N_perfiles	Abrúptico	Álbico	Endosódico	Éutrico	Férrico	Hiperéutrico	Sódico
3400	3440	Sin clasificar		2							
	3450	Luvisol	Háplico	2	1		1		1	2	1
		Solonetz	Endostágnico		1	1					
	3460	Arenosol	Hipolúvico	1		1		1			
<b>Total</b>				<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>

*Nota: en el GL-3440 se han realizado muestreos parciales que no han permitido la clasificación de estos suelos.*

## GL-3440

Se trata del grupo típico de la litofacies; son suelos sobre rocas margosas. No se dispone de información completa sobre este grupo, si bien, por su abundancia en carbonato cálcico, puede aproximarse a los suelos de la unidad LtS-3600.

Son suelos muy profundos, con moderada pedregosidad superficial y pocos gruesos en el perfil (gravas). Su capacidad de retención de agua es muy alta, incluso extremadamente alta si hablamos de agua total. La reacción de la solución del suelo es básica y la reacción de cambio medianamente básica; no se dispone

de análisis de bases (cationes) pero se puede considerar que los contenidos serán altos. La conductividad hidráulica es moderada, por lo que no tenderán a formar encharcamientos de larga duración.

Estos suelos tienen buena aptitud forestal, pero pueden resultar limitantes para las especies que no toleren la abundancia de calcio.

## GL-3450

Este grupo corresponde a materiales no margosos o con pequeño contenido en carbonatos, de ocurrencia frecuente en esta unidad.

Son suelos de profundidad variable (intermedia o mayor), de escasa pedregosidad superficial y pocos gruesos en el perfil. La textura es intermedia, franca, y su capacidad hídrica es alta. La reacción del suelo es de neutra a ligeramente ácida y la acidez de cambio tiende a muy fuertemente ácida. El contenido en Ca-Mg-K se califica de pobre. La capacidad de intercambio catiónico es baja y el complejo de cambio está cercano a la saturación.

Taxonómicamente, dado que tienden a presentar horizontes de acumulación y la suficiente riqueza en cationes, se clasifican como luvisoles, con carácter abruptico por el salto textural brusco. Puntualmente se han identificado perfiles con acumulación de sales (horizonte nátrico), por influencia de aguas salobres, cuyo grupo característico de suelos es Solonetz.

Los suelos de este grupo corresponden principalmente a zonas agrícolas. Para su uso forestal se debe poner atención en la sensibilidad de las distintas especies a las condiciones de encharcamiento y la abundancia de sales.



**Fotografía 84. Punto de muestreo 981-123, Solonetz Endostágnico (Abrúptico). Perfil con influencia salina en profundidad, a partir de 95 cm. El origen de la salinidad puede deberse a intrusiones freáticas o a un origen de sedimentos marinos ricos en sales.**

## GL-3460

Se trata de un grupo secundario que más bien correspondería a inclusiones del GL-3180, por su clasificación como arenosoles.

### 3.3.22 Suelos sobre turba. Unidad LtS-3500

La extensión de esta unidad, siguiendo la localización que el MAGNA indica para la turba (véase Anejo 3), es insignificante, inferior al 0,1 %, por lo que no se ha llevado a cabo su análisis.

El GL-3190, dentro de la unidad LtS-3100, puede tener características cercanas a esta unidad.

### 3.3.23 Suelos sobre margas, limos grises, arcillas y otros materiales. Unidad LtS-3600

Se trata de una pequeña unidad que apenas llega al 0,56% de la superficie provincial. Los materiales que la integran están poco consolidados, en el caso de las margas, o no consolidados, para el caso de arcillas, limos y arenas. También pueden aparecer calizas. Las litofacias MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-3600 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 127. Asimismo, su distribución en los

distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 100. Como ya se indicó en la sección 3.2.4.1, los materiales sedimentarios incoherentes a los que corresponde esta LtS no presentan una buena diferenciación vinculada al clima y relieve provinciales, circunstancia normal, puesto que son materiales que se concentran sobre la costa y la campiña, zonas de relieves casi planos y de escasos gradientes climáticos, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.

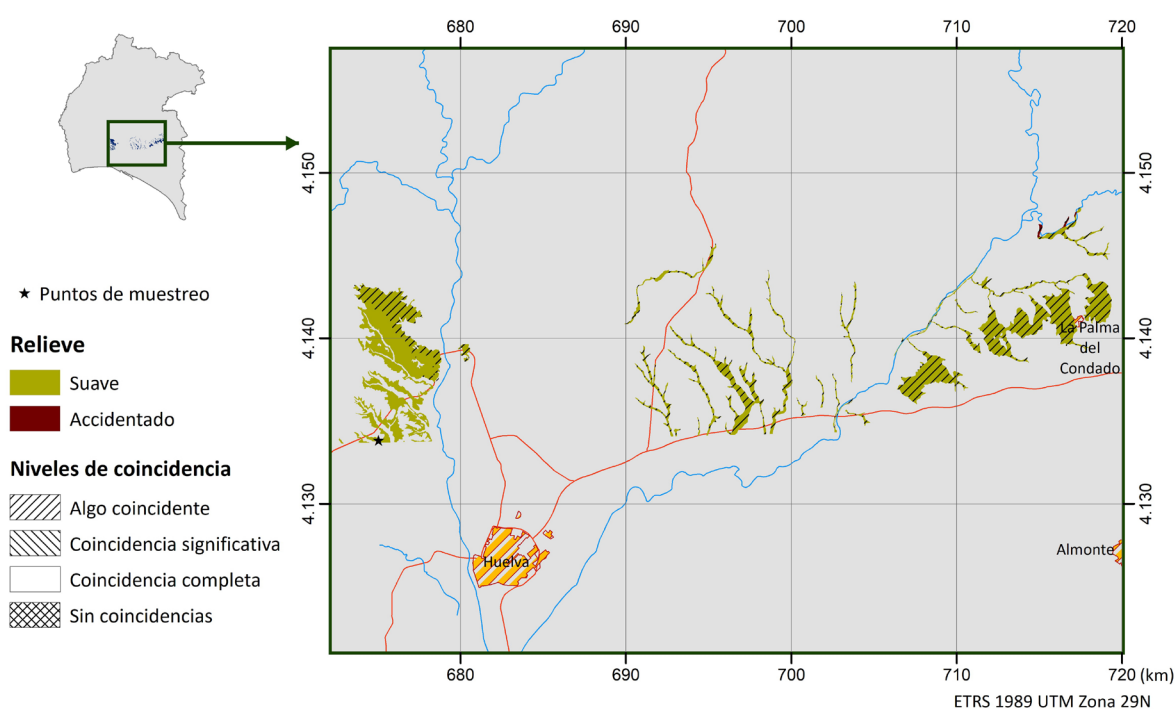


Figura 127. Localización de la unidad LtS-3600 en la provincia de Huelva.

Tabla 100. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-3600.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	5.523,04	99,58	312	5.523,04	99,579
Accidentado	23,34	0,42	313	23,34	0,421
<b>TOTAL</b>	<b>5.546,38</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>5.546,38</b>	<b>100</b>

En la unidad sólo se ha establecido un grupo litoedáfico, que se describe a continuación.

Tabla 101. Variables edáficas principales (valores muestreados).

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 3600	Prof_Util (cm)	125	125	125	112,0	138,0
	CRAMU (mm)	529,3	529,3	529,3	503,3	555,3
	CRADU (mm)	249,3	249,3	249,3	229,3	269,3

**Tabla 102. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-3600. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.**

Lts	GL	FAO_resumida	FAO_prefijo	N_perfiles	Síltico
3600	3600	Calcisol	Háplico	1	1

## GL-3600

Dada su escasa extensión, no se han diferenciado grupos litoedáficos y se dispone de pocos datos de perfiles edafológicos.

Serían suelos muy profundos, de escasa pedregosidad superficial y muy pocos gruesos en el perfil, capacidad hídrica extremadamente alta y textura muy fina, con abundancia de limos y arcillas. Su reacción es básica para la acidez actual y neutra para la acidez de cambio. Muy ricos en Ca, pobres en Mg y Na, y excesivamente ricos en K. La capacidad de intercambio catiónico es intermedia y el complejo de cambio se

encuentra saturado.

La abundancia de calcio lleva a la formación de horizontes cálcicos, con lo que el taxón tipo es el Calcisol, con carácter síltico, por la abundancia de limo.

Estos suelos resultarán limitantes para muchas especies forestales que sean sensibles a la asfixia radicular o al exceso de catión Ca. Las especies sin estas limitaciones vegetarán en un suelo con aceptables condiciones.

### 3.3.24 Suelos sobre limos y arenas sin carbonatos. Unidad LtS-3800

En esta unidad se incluyen aquellas litofacies que tienen como componente importante los limos, sin presencia de margas. Su edad corresponde principalmente desde el Mioceno superior hasta el Cuaternario. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

Esta unidad tiene una cierta importancia superficial, pues abarca el 5,6% del total provincial, si bien la mayor parte de los terrenos corresponden a campiñas agrícolas y aldeaños de marisma, por lo que la importancia forestal es escasa. También hay unas pequeñas franjas de estos materiales en el borde noreste de la provincia, pero por su escasa importancia

superficial no se han muestreado. La localización de la unidad LtS-3800 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 128. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 103. Como ya se indicó en la sección 3.2.4.1, los materiales sedimentarios incoherentes a los que corresponde esta LtS no presentan una buena diferenciación vinculada al clima y relieve provinciales, circunstancia normal, puesto que son materiales que se concentran sobre la costa y la campiña, zonas de relieves casi planos y de escasos gradientes climáticos, por lo que no se ha considerado esa posible variabilidad.

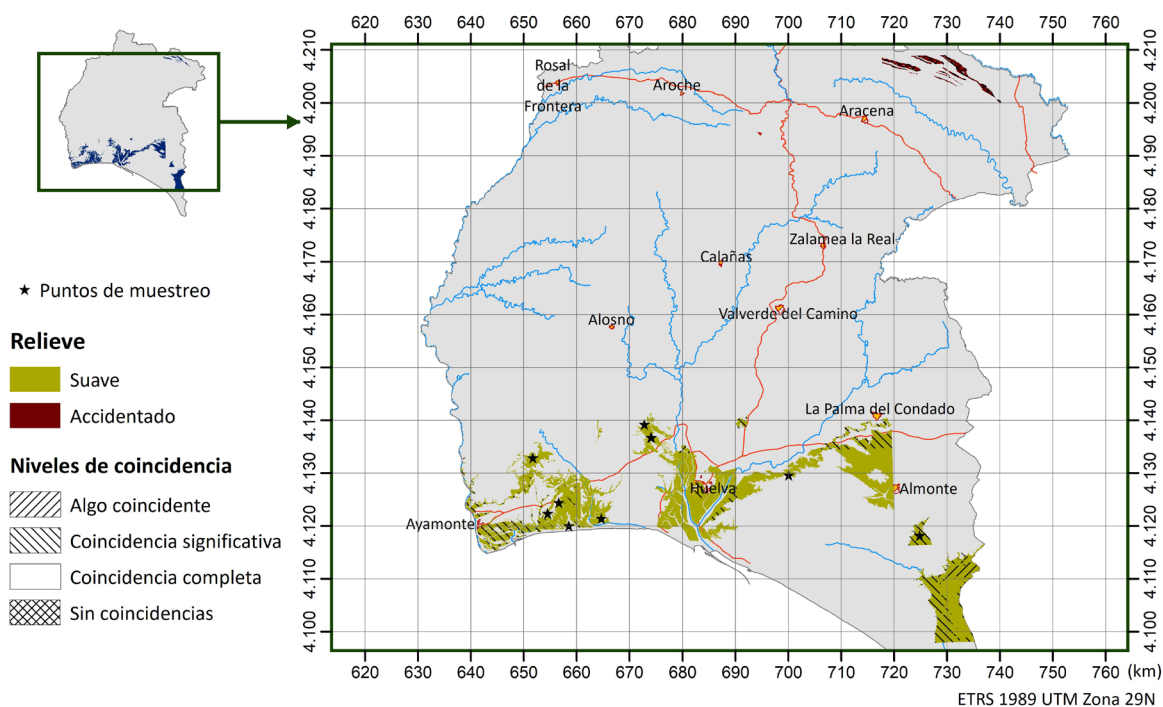


Figura 128. Localización de la unidad LtS-3800 en la provincia de Huelva.

Tabla 103. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-3800.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	53.037,05	96,04	212	12.578,17	22,776
			312	40.458,87	73,262
Accidentado	2.187,96	3,96	123	1.378,14	2,495
			133	642,44	1,163
			223	159,00	0,289
			313	8,39	0,015
<b>TOTAL</b>	<b>55.225,01</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>55.225,01</b>	<b>100</b>

Se han diferenciado dos grupos litoedáficos atendiendo a las características texturales: GL-3840, en el que dominan los limos, y GL-3850, de dominancia de arenas.

Tabla 104. Variables edáficas principales (valores muestreados).

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 3840	Prof_Util (cm)	90	90	90	77,0	103,0
	CRAMU (mm)	294,8	294,8	294,8	268,8	320,8
	CRADU (mm)	145,3	145,3	145,3	125,3	165,3
GL 3850	Prof_Util (cm)	110	110	110	97,0	123,0
	CRAMU (mm)	175,1	175,1	175,1	149,1	201,1
	CRADU (mm)	104,7	104,7	104,7	84,7	124,7

Tabla 105. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-3800. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.

Lts	GL	FAO_resumida	FAO_prefijo	N_perfiles	Abrúptico	Arénico	Crómico	Sódico
3800	3840	Luvisol	Háplico	1			1	1
	3850	Luvisol	Háplico	1	1	1	1	1
<b>Total</b>				<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>2</b>

## GL-3840

Suelos profundos, de escasa a moderada pedregosidad superficial y muy pocos gruesos en el perfil; la capacidad hídrica es muy alta. La textura es intermedia (franca), con presencia similar de limo y arcilla. La reacción de cambio tiende principalmente a extremadamente ácida y en la solución del suelo se atenúa a fuertemente ácida. Pobre en Ca, intermedio en Mg y excesivamente rico en K. La capacidad de

intercambio catiónico es baja y el complejo de cambio está ligeramente saturado.

Son suelos con horizontes de acumulación de arcillas y suficiente CIC y saturación de bases, por lo que el taxón típico son los luvisoles.

La aptitud forestal será muy buena en estos suelos, aunque será raro que se usen para estos fines.

## GL-3850

Suelos muy profundos, de escasa a moderada pedregosidad superficial y muy pocos gruesos en el perfil. La capacidad hídrica es intermedia, debido principalmente a que su textura es gruesa, con escasez de arcilla, alto contenido en arena y moderado de limo. Este aspecto textural lo diferencia del GL-3840.

La reacción de cambio tiende, principalmente, de muy fuertemente ácida a extremadamente ácida y en la solución del suelo se atenúa a medianamente ácida. Muy pobre en Ca, pobre

en Mg y pobre en K. La CIC es baja y el complejo de cambio está ligeramente saturado.

Son suelos con horizontes de acumulación de arcillas, con salto textural brusco y suficiente CIC y saturación de bases, por lo que el taxón típico son los luvisoles.

Buena aptitud forestal, por la gran profundidad del suelo, que proporciona al arbolado un gran volumen prospectable.

### 3.3.25 Suelos sobre mármoles y materiales calcomagnésicos descarboxatados. Unidad LtS-4100

Esta unidad se caracteriza, fundamentalmente, por las litofacies "Calizas marmóreas" y "Mármoles con diópsido y/o forsterita". Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

Se ha identificado un único grupo litoedáfico, correspondiente a material descarboxatado, diópsido probablemente, por lo que no hay que descartar la existencia de un grupo de suelos distintos sobre mármoles. También conviene señalar que esta roca ha sido sometida a una intensa extracción en cantera, por lo que los terrenos forestales sobre mármoles serán muy escasos. La dificultad de acceso que presentan estos terrenos, así como su alto grado de humanización, han motivado que sólo se haya

podido realizar un muestreo. En consecuencia, se precisará una mayor investigación futura, aunque la escasa representación superficial de esta litofacies (0,92 % de la superficie provincial) y su bajo interés forestal permiten asumir el error que se pueda haber cometido.

La localización de la unidad LtS-4100 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 129. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 106. Los valores estimados de las variables edáficas principales según las zonas de clima-relieve se incluyen en la sección 3.2.5.

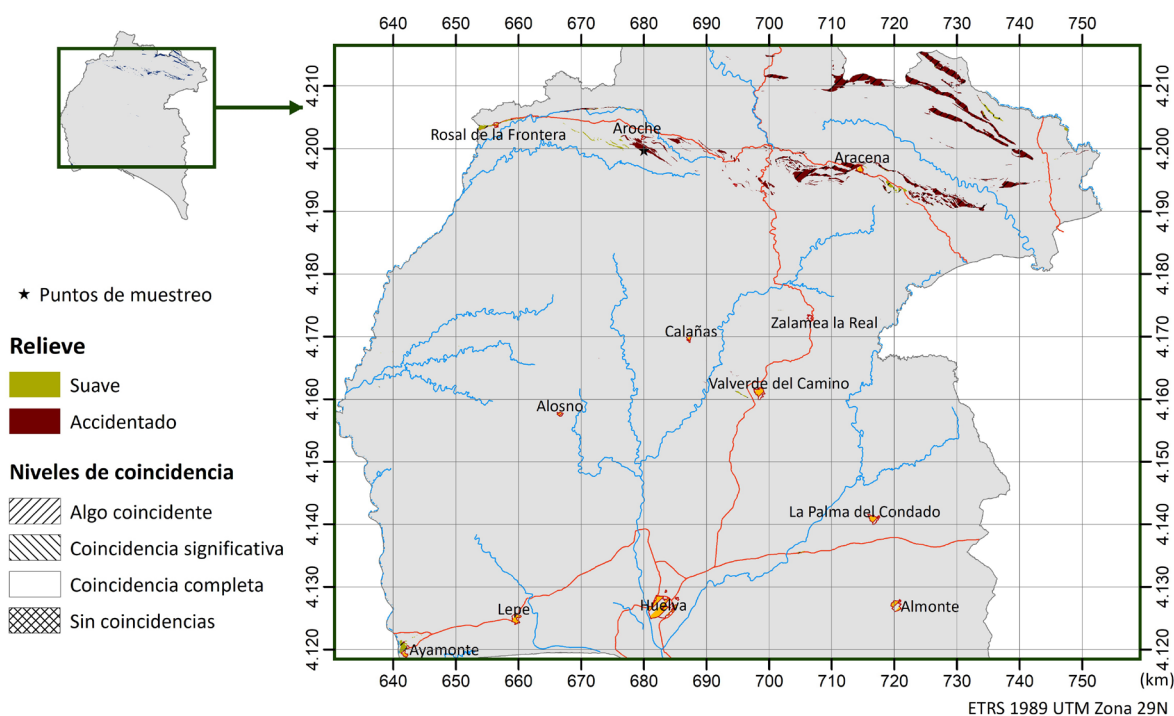


Figura 129. Localización de la unidad LtS-4100 en la provincia de Huelva.

Tabla 106. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-4100.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	868,06	9,25	112	135,49	1,444
			122	199,87	2,13
			132	132,43	1,412
			212	1,54	0,016
			222	35,79	0,381
			232	149,62	1,594
			312	180,68	1,925
Accidentado	8.517,45	90,75	322	32,64	0,348
			113	7,59	0,081
			123	2.414,23	25,723
			133	4.109,30	43,783
			213	0,59	0,006
			223	1.271,97	13,552
			233	708,23	7,546
313	1,36	0,014			
323	4,18	0,045			
<b>TOTAL</b>	<b>9.385,51</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>9.385,51</b>	<b>100</b>

Se describe a continuación el único grupo litoedáfico establecido en la unidad.

Tabla 107. Variables edáficas principales (valores muestreados).

		Media	Mínimo	Máximo	Mín.Media 10%	Máx.Media 90%
GL 4100	Prof_Util (cm)	110,0	110,0	110,0	94,0	123,0
	CRAMU (mm)	255,6	255,6	255,6	202,6	299,6
	CRADU (mm)	105,8	105,8	105,8	83,8	124,8

Tabla 108. Grupos y prefijos de suelos FAO presentes en la LtS-4100. Se incluyen también los sufijos que aparecen para cada taxón (Grupo-prefijo) y su frecuencia de aparición.

Lts	GL	FAO_resumida	FAO_prefijo	N_perfiles	Crómico	Escálico	Hiperéutrico	Sódico
4100	4100	Cambisol	Háplico	1	1	1	1	1

## GL-4100

La roca característica es MT-05 (Diópsido de mármol).

La pedregosidad de los suelos es moderada, mientras que la pedregosidad superficial es media. Las texturas son medias (franco-arcillo-arenosa) con escasez de limos. Son suelos muy profundos y con capacidad de retención de agua muy alta, o alta si se trata del agua disponible.

Son cohesivos y compactos, y de buena resistencia a la erosión. La reacción de cambio es medianamente ácida y en la solución del suelo

toma valores medianamente básicos. Son ricos en Ca, muy ricos en Mg y medios en K. La CIC es alta y se encuentra saturado en bases.

El alto contenido en bases dificulta la formación de horizontes árgicos, por lo que los taxones típicos serán los cambisoles háplicos y, probablemente, regosoles háplicos en las zonas más desfavorables.

Buena aptitud forestal, salvo para las especies poco tolerantes de Ca-Mg.



Fotografía 85. Punto de muestreo 916-204, Cambisol Háplico, muy rico en cationes alcalino-térreos por el tipo de roca madre, que son silicatos calco-magnésicos (diópsido) y magnésicos (forsterita) insertos en una zona de mármoles.

### 3.3.26 Suelos sobre jaspes y cherts. Unidad LtS-8400

Esta unidad está constituida por afloramientos de escasa extensión, pero bastante frecuentes en los alrededores de la Faja Pirítica, de materiales cuarzosos muy duros que forman pequeños cerros resistentes. Estos materiales pueden tomar colores desde el rojo burdeos hasta el gris verdoso y están constituidos por jaspe y chert. A escala provincial apenas significan el 0,03% de la superficie, si bien, el carácter vistoso de estas rocas y su posición elevada hacen que sean formaciones de interés natural y paisajístico. Las litofacies MAGNA que han quedado encuadradas en esta unidad pueden consultarse en el Anejo 3.

La localización de la unidad LtS-8400 en la provincia de Huelva se puede apreciar en la Figura 130. Asimismo, su distribución en los distintos tipos de clima y relieve se puede consultar en la Tabla 109. La pequeñísima superficie que ocupa esta unidad ha motivado que sólo se haya abierto un muestreo, por lo que no ha sido posible identificar ningún tipo de variación espacial vinculada al clima y relieve. Se ha procedido a la caracterización de un perfil por la singularidad de la roca, pero carece de interés forestal.

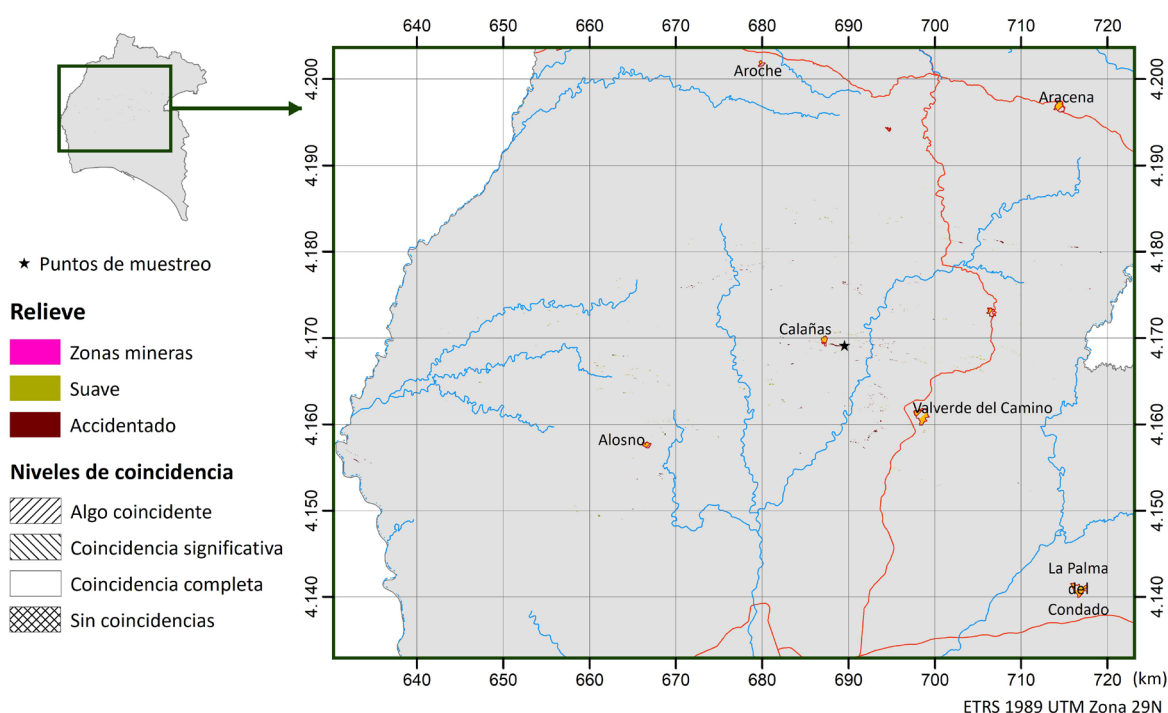


Figura 130. Localización de la unidad LtS-8400 en la provincia de Huelva.

Tabla 109. Distribución del relieve y de las zonas clima-relieve en la unidad LtS-8400.

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
Suave	152,6	52,5	112	0,42	0,146
			122	10,7	3,682
			132	13,05	4,491
			212	46,82	16,11
			222	35,48	12,205
			312	25,83	8,888
Accidentado	137,8	47,41	322	20,29	6,981
			113	2,88	0,989
			123	21,28	7,321
			213	10,75	3,699
			223	33,63	11,57
			313	21,58	7,426

Tipos de relieve			Tipos de Clima-relieve		
Clases	Superf. (ha)	%	Clases	Superf. (ha)	%
			323	47,69	16,407
Zona minera	0,25	0,09	220	0,25	0,085
<b>TOTAL</b>	<b>290,65</b>	<b>100</b>	<b>TOTAL</b>	<b>290,65</b>	<b>100</b>

El único muestreo realizado presenta un suelo somero, con una capacidad de retención de agua muy baja. El contenido en Ca es rico y en Mg es muy rico; presenta reacción neutra. La textura es equilibrada, de tendencia franca.

La roca es muy rica en cuarzo, de lenta meteorización, por lo que, donde aparezca suelo, los taxones dominantes serán los regosoles epilépticos o incluso los leptosoles. En zonas de acumulación de materiales, partes bajas

de ladera, estas condiciones pueden mejorar notablemente y podrían aparecer cambisoles o, incluso, luvisoles.

El escaso espesor del suelo en el punto de muestreo hace que tenga aptitud forestal baja, como lo confirma la escasa cobertura arbórea en el punto. Se observan alrededor zonas donde el eucaliptal alcanza densidades normales, aunque probablemente se asientan sobre otra roca o una mezcla de rocas.



**Fotografía 86. Punto de muestreo 960-282, Regosol Epiléptico, rico en bases, pero con una roca muy resistente que dificulta la creación de suelo.**

4.

---



# CONCLUSIONES

---

Las características de los suelos responden, principalmente, al tipo de roca sobre la que se encuentran, aunque el clima y los efectos del relieve también han presentado influencias significativas en la escala dimensional de la provincia de Huelva.

La abundancia de materiales pizarrosos en las facies PQ y Culm, cuyo taxón más frecuente son los regosoles, hace que este gran grupo sea de los más abundantes en la provincia, pues además también son frecuentes sobre filitas y sobre materiales volcano-sedimentarios. La mayor parte de los regosoles son de carácter léptico (endo o epiléptico), por su limitada profundidad, y esquelético, por su abundante pedregosidad. Puntualmente, en zonas de cumbreras o en las inmediaciones de afloramientos rocosos, estos suelos se hacen más someros y se clasifican como leptosoles.

El carácter silíceo ácido que presenta la mayor parte del territorio se refleja en la abundancia de taxones con horizontes de acumulación de arcilla (árgicos), que pueden presentar contenidos medios en bases, luvisoles, o estar muy insaturados en bases, los alisoles. Si el complejo de cambio es de baja capacidad tenemos acrisoles y, cuando además el complejo de cambio está insaturado, lxisoles. Sobre materiales volcano-sedimentarios de carácter básico o intermedio y sobre rocas ígneas graníticas son típicos los luvisoles, generalmente con carácter léptico. Sobre rocas más ácidas también pueden aparecer luvisoles, pero la dominancia corresponde a alisoles y acrisoles, con aparición esporádica de lxisoles.

Sobre las rocas muy ricas en cationes, silíceas básicas o carbonatadas, la acumulación de arcillas en horizontes árgicos es mucho menos frecuente, se suelen formar horizontes de alteración cámbicos, que son característicos de los cambisoles. Sobre estas rocas aparecen también luvisoles, si bien el origen de su horizonte árgico suele deberse más bien a la formación de arcillas en profundidad que al arrastre de éstas desde los horizontes superficiales.

De forma general son muy frecuentes los prefijos Háptico y Léptico. El primero indica características típicas del taxón, mientras que el segundo pone de manifiesto que gran parte de los perfiles no alcanzan los 100 cm de profundidad útil. Otro prefijo frecuente es Endostágnico, indicativo de periodos de encharcamiento en profundidad en

partes bajas de ladera.

En cuanto a los sufijos, el más frecuente es Esquelético, indicativo de contenidos en gruesos por encima del 40% en peso. Otros grupos frecuentes son: Sódico, que indica alta proporción de Na y Mg en el complejo de cambio; Hiperdístrico, que marca fuerte instauración en bases en el complejo de cambio (alisoles, acrisoles y regosoles); Hiperéutrico, señala elevada saturación en bases (en cambisoles y luvisoles); Crómico, coloración rojiza típica de procesos de rubefacción en climas mediterráneos, y Húmico, contenidos en materia orgánica por encima del 2%.

El análisis estadístico ha puesto de manifiesto interesantes relaciones entre las variables edafológicas y las variables ambientales, que se señalan a continuación:

- Las litofacies y, dentro de ellas, los grupos litoedáficos formados a partir de la diferenciación de materiales son la variable ambiental con mayor influencia sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos.
- Las variables climáticas básicas, temperatura media anual y precipitación total anual, presentan una influencia significativa sobre la variación del espesor y capacidad hídrica de los suelos, cuando se analizan las variaciones entre distintas zonas climáticas de la provincia con las mismas litofacies que en la zona de estudio. Esta influencia no ha sido significativa para todos los grupos de rocas.
- Las variables de ladera, como el índice de humedad, la longitud de ladera o el área de drenaje, muestran una excelente vinculación al desarrollo edafológico en general, salvo algunas excepciones, como las rocas graníticas.
- Dentro de una misma litofacies, aquellos terrenos con mayor pedregosidad superficial presentan condiciones edafológicas más desfavorables.

La variable clima-relieve influye notablemente sobre las propiedades de los suelos de las litofacies sobre materiales pizarrosos (LtS-1100, LtS-1300 y LtS-2000) y sobre materiales volcánicos básicos (LtS-700 y LtS-1800). Para el resto de litofacies esta variable resulta de dudosa influencia. Las principales relaciones identificadas son las siguientes:

- Los suelos más profundos, de media, aparecen en zonas de precipitación alta o media, y temperaturas frescas. El resto de suelos con precipitaciones medias superan a la media general, mientras que los suelos con precipitaciones bajas se quedan claramente por debajo de la media general, todo ello con los pequeños matices que introducen las variables de temperatura y relieve.
- En lo relativo a la capacidad de retención de agua, el tipo de relieve se muestra más influyente que para la profundidad, de manera que los relieves suaves presentan mejores capacidades hídricas que los accidentados. La temperatura intermedia es la que más favorece una mayor capacidad de retención de agua.

También se han analizado las variaciones edafológicas que presentan los suelos sobre rocas volcánicas o volcano-sedimentarias según la curvatura vertical de la ladera y el índice de humedad. Los principales resultados son:

- Las zonas de las laderas con altos valores del índice de humedad (WI) presentan, por término medio, valores de profundidad un 10% por encima de la media general y valores de capacidad hídrica hasta un 15% por encima de la media general. A medida que disminuye WI las citadas propiedades físicas del suelo se hacen también de menor calidad, de forma que la profundidad se reduce en un 5% y la capacidad hídrica en más de un 7% para valores de WI inferiores a 5.
- Los puntos en los que las laderas toman curvaturas verticales cóncavas (la pendiente descendente disminuye) presentan valores altos de profundidad y capacidad hídrica (alrededor del 9 y 16% mayor respectivamente), mientras que las zonas convexas (la pendiente descendente aumenta) son claramente desfavorables al desarrollo de los perfiles edáficos (alrededor del 11 y 20% menor respectivamente).
- En las zonas de media ladera ( $WI \approx 5$ ) con curvatura vertical plana las propiedades edafológicas se acercan a las medias obtenidas.

Los resultados obtenidos en relación a las variables de clima y relieve deben tener en cuenta que la distribución de estas propiedades

y la de las litofacies no tienen un carácter aleatorio sobre el terreno. Como es lógico, clima y relieve no son características independientes (es obvio que en las zonas de relieves elevados la precipitación es mayor y la temperatura media menor). También es obvio que las condiciones de altitud y pluviometría más elevadas se dan en el norte de la provincia de Huelva, donde hay litofacies muy representadas que no aparecen apenas en el sur (materiales filíticos por ejemplo). Aunque estas circunstancias se han tratado de corregir, cuando un tipo de roca sólo se da en una zona climática, es complejo establecer si las características del suelo tienen una mayor componente litológica o del clima-relieve.

Por unidades cartográficas y grupos litoedáficos se han asignado las siguientes aptitudes forestales:

- Excelente: GL-100, GL-1590, GL-1840, GL-2300, GL-2400, GL-2500, GL-3840.
- Buena (media-alta): GL-300, GL-740, GL-750, GL-840, GL-850, GL-1350, GL-1460, GL-1580, GL-1860, GL-2060, GL-2150, GL-2200, GL-3160, GL-3180, GL-3200, GL-3440, GL-3460, GL-3500, GL-3850, GL-4100.
- Intermedia: GL-200, GL-450, GL-1140, GL-1340, GL-1450, GL-2050, GL-2140, GL-2160, GL-3140, GL-3450, GL-3600.
- Baja (media-baja): GL-440, GL-1150, GL-1250, GL-1440, GL-1570, GL-1850, GL-2040, GL-3300.
- Muy baja: GL-1240, GL-8400.

An aerial photograph of a rural landscape. The foreground is dominated by a dense, lush green forest. Beyond the forest, there is a wide, open field with scattered trees and a few small buildings. In the background, there are rolling hills under a clear sky. A large, bold, orange number '5.' is overlaid on the left side of the image, with a thin orange horizontal line extending from its base across the width of the page.

5.

An aerial photograph of a landscape featuring rolling hills in the background and a dense forest of trees in the foreground. The hills are covered in a mix of green and brown vegetation, suggesting a semi-arid or Mediterranean climate. The trees in the foreground are mostly deciduous with green foliage. The overall scene is captured from a high vantage point, looking down over the terrain.

# REFERENCIAS

---

- Aguiló Alonso, M., & VVAA. (1984). Guía para la elaboración de estudios del medio físico : contenido y metodología (M. Aguiló Alonso (ed.); 2a ed.) [Book]. CEOTMA- MOPU, Madrid.
- Almorox, J., Antonio, R. d., Saa, A., Díaz, M., & Gascó, J. M. (1994). Métodos de estimación de la erosión hídrica. Ed. Agrícola Española. Madrid.
- Bellinfante, N., Martínez-Zavala, L., & Paneque, G. (2000). Cartografía de Unidades Geomorfoedáficas de la comarca del Andévalo (NW de Huelva). *Relaciones suelo/geomorfología/uso*. *Edafología*, 7(3), 287–299.
- Birkeland, P. W. (1999). Soils and geomorphology. In *Soils and geomorphology* (3rd Ed.). Oxford University Press.
- Bouyoucos, G. J. (1936). Directions for making mechanical analyses of soils by the hydrometer method. *Soil Science*, 42(3). [https://journals.lww.com/soilsci/fulltext/1936/09000/directions\\_for\\_making\\_mechanical\\_analyses\\_of\\_soils.7.aspx](https://journals.lww.com/soilsci/fulltext/1936/09000/directions_for_making_mechanical_analyses_of_soils.7.aspx)
- Box, G. E. P., Hunter, J. S., & Hunter, W. G. (2005). *Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery*. Wiley. <https://books.google.es/books?id=oYUpAQAAAMAAJ>
- Bridges, E. M. (1997). *World soils* (3rd editio). ISRIC - Cambridge University Press.
- Calvo Gómez, F. (2006). *Técnicas estadísticas multivariantes aplicadas con SPSS-Windows*. Materiales Didácticos. Servicio Publicaciones de la Universidad de Deusto.
- CEC. (1985). *Soil Map of the European Communities 1:1000000*. Commission of the European Communities, Office for Official Publications of the EC.
- CN IGME. (n.d.). *Mapa Geológico Nacional (MAGNA)*, E. 1:50.000, ©CN Instituto Geológico y Minero de España (IGME).
- Conacher, A. J., & Dalrymple, J. B. (1977). The nine unit landsurface model and pedogeomorphic research. *Geoderma*, 18(1–2), 127–144. [https://doi.org/10.1016/0016-7061\(77\)90087-8](https://doi.org/10.1016/0016-7061(77)90087-8)
- Delgado, R., Delgado, G., Párraga, J., Gámiz, E., Sánchez, M., & Tenorio, M. (1988). *Proyecto LUCDEME*. Mapa de suelos E. 1:100.000. Güejar-Sierra. 1027. MAPA-ICONA y Universidad de Granada.
- Domingo-Santos, J. M. (2002). *Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva* [Universidad Politécnica de Madrid]. <https://doi.org/10.20868/UPM.thesis.811>
- Domingo-Santos, J. M., Corral Pazos de Provens, E., Fernández de Villarán San Juan, R., Redondo Salguero, R., & García Moreno, J. D. (2010). *Memoria de investigación: caracterización de suelos forestales de la hoja MTN 1:50.000, no 916, "Aroche."*
- Domingo-Santos, J. M., Corral Pazos de Provens, E., Fernández de Villarán San Juan, R., Redondo Salguero, R., & López Fernández-Cano, H. (2010). *Memoria de investigación: Caracterización de suelos forestales de la hoja MTN 1:50.000, no 958, "Puebla de Guzmán."*
- Domingo-Santos, J. M., Corral Pazos de Provens, E., Redondo Salguero, R., Fernández de Villarán San Juan, R., & Rapp Arrarás, Í. (2011). *Memoria de resultados: caracterización de suelos forestales de las hojas MTN 1:50.000, no 938, "Nerva" y no 960, "Valverde del Camino."*
- Domingo-Santos, J. M., Fernández de Villarán San Juan, R., Corral-Pazos-de-Provens, E., & Rapp-Arrarás, I. (2006). Estimation of water retention capacity in soil: corrections to the CRA pedotransfer formula. *Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales*, 15(1), 14. <https://doi.org/10.5424/srf/2006151-00950>
- Duchaufour, P. (1984). *Edafología: 1.Edafogénesis y clasificación*. Masson, S.A.
- ESRI. (2019). *ArcGIS Desktop (Release 10.8)*. Environmental Systems Research Institute.
- Gallardo, J., Goy, J. L., Pérez-González, A., Molina, E., & Díaz del Olmo, F. (1988). Geomorfología y suelos. In M. Gutierrez & J. L. Peña (Eds.), *Perspectivas en geomorfología*. Monografía no 2 (pp. 189–206). Sociedad Española de Geomorfología.

- Gandullo, J. M. (1985). *Ecología Vegetal*. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI Montes.
- Gandullo, J. M. (1994). *Climatología y ciencia del suelo*. Fundación Conde del Valle de Salazar. ETSI Montes.
- González-Zamora, Á., Almendra-Martín, L., de Luis, M., Gaona, J., & Martínez-Fernández, J. (2023). How Are Pine Species Responding to Soil Drought and Climate Change in the Iberian Peninsula? *Forests*, 14(8), 1530. <https://doi.org/10.3390/f14081530>
- González, D. F., & VV.AA. (1989). *Mapa de suelos de Andalucía, E. 1:400.000 : Memoria* (pp. 95 p., figuras, fotos. ; 30 cm + 1 mapa plegable). C.S.I.C., I.A.R.A., Junta de Andalucía. <https://doi.org/LK - https://worldcat.org/title/1123373811>
- González, D. F. y varios autores. (1989). *Mapa de suelos de Andalucía*. Junta de Andalucía - CSIC.
- Gutián, F., & Carballas, T. (1976). *Técnicas de Análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro. Santiago de Compostela.
- IECA. (2007). *Mapa Topográfico de Andalucía 1:10.000 vectorial 2007*. Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía - Servicio de Producción Cartográfica. Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/lineav2/web/>
- IUSS Working Group WRB. (2007). *World reference base for soil resources 2006, first update 2007*.
- Jones, A., Montanarella, L., & Jones, R. (Eds.). (2005). *Soil Atlas of Europe*. European Soil Bureau Network European Commission, Office for Official Publications of the European Communities. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-atlas-europe>
- Lagacherie, P., & McBratney, A. B. (2006). Chapter 1 Spatial Soil Information Systems and Spatial Soil Inference Systems: Perspectives for Digital Soil Mapping. In M. V. P. Lagacherie, A.B. McBratney (Ed.), *Developments in Soil Science* (pp. 3–22). Elsevier B.V. [https://doi.org/10.1016/S0166-2481\(06\)31001-X](https://doi.org/10.1016/S0166-2481(06)31001-X)
- Legros, J. P. (1996). *Cartographies des sols : De l'analyse spatiale à la gestion des territoires*. Collection Gérer l'environnement. . In *Collection Gérer l'environnement vol. 10*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, X, 321 p.
- López-Senespleda, E., Alonso-Ponce, R., Ruiz-Peinado, R., Gómez, V., Serrada, R., & Montero, G. (2023). ModERFoRest: A new software for assessing the environmental performance of forest species. *Forest Systems*, 32(1), eRC01. <https://doi.org/10.5424/fs/2023321-19406>
- MITERD. (2006). *Mapa Forestal de España*. <https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/descargas/biodiversidad/mfe.aspx>
- Moreira, J. M. (Coord. . (1995). *Reconocimiento biofísico de espacios naturales protegidos Parque Natural Sierra de Hornachuelos*. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía. <https://doi.org/LK - https://worldcat.org/title/434040297>
- Ovalles, F. A., & Collins, M. E. (1986). Soil-landscape Relationships and Soil Variability in North Central Florida. *Soil Science Society of America Journal*, 50(2), 401–408. <https://doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000020029x>
- Pérez-Cruzado, C., Muñoz-Sáez, F., Basurco, F., Riesco, G., & Rodríguez-Soalleiro, R. (2011). Combining empirical models and the process-based model 3-PG to predict *Eucalyptus nitens* plantations growth in Spain. *Forest Ecology and Management*, 262(6), 1067–1077.
- Porta Casanellas, J., López-Acevedo Reguerin, M., & Roquero de Laburu, C. (2003). *Edafología para la agricultura y el medio ambiente* (3a. ed.) [Book]. Mundi-Prensa.
- Pulido, M., Schnabel, S., Contador, J. F. L., Lozano-Parra, J., & Gómez-Gutiérrez, Á. (2017). Selecting indicators for assessing soil quality and degradation in rangelands of Extremadura (SW Spain). *Ecological Indicators*, 74, 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.11.016>
- Red de Información Ambiental de Andalucía. (n.d.). *REDIAM*. Consejería de Medio Ambiente, Sostenibilidad y Economía Azul. Junta de Andalucía. <https://www.juntadeandalucia.es/>

medioambiente/portal/acceso-rediam/descargas

Sabaté, S., Gracia, C. A., & Sánchez, A. (2002). Likely effects of climate change on growth of *Quercus ilex*, *Pinus halepensis*, *Pinus pinaster*, *Pinus sylvestris* and *Fagus sylvatica* forests in the Mediterranean region. *Forest Ecology and Management*, 162(1), 23–37. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(02\)00048-8](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(02)00048-8)

Sánchez, O., & Carretero, M. P. (1997). Caracterización de hábitats en los alcornocales andaluces. *Actas II Congreso Forestal Español, Tomo II, Irati-97*. Pamplona 23 Al 27 de Junio. S.E.C.F.- Gobierno de Navarra, 575–580.

Sanchez, P. A., Ahamed, S., Carré, F., Hartemink, A. E., Hempel, J., Huising, J., Lagacherie, P., McBratney, A. B., McKenzie, N. J., Mendonça-Santos, M. de L., Minasny, B., Montanarella, L., Okoth, P., Palm, C.

A., Sachs, J. D., Shepherd, K. D., Vågen, T.-G., Vanlauwe, B., Walsh, M. G., ... Zhang, G.-L. (2009). Digital Soil Map of the World. *Science*, 325(5941), 680–681. <https://doi.org/10.1126/science.1175084>

Soil Survey Staff. (1999). *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys (2nd editio)*. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-taxonomy>

USDA. (1951). *Soil Survey Manual. Handbook No. 18*. Soil Survey Staff, Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering, United States Department of Agriculture.

Vallejo, J. M., & Autores, V. (1994). *Métodos oficiales de análisis. Tomo III: Suelos y aguas para riego*. MAPA, Dirección General de Política Alimentaria.

Vaysse, K., & Lagacherie, P. (2017). Using quantile regression forest to estimate uncertainty of digital soil mapping products. *Geoderma*, 291, 55–64. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.12.017>

