

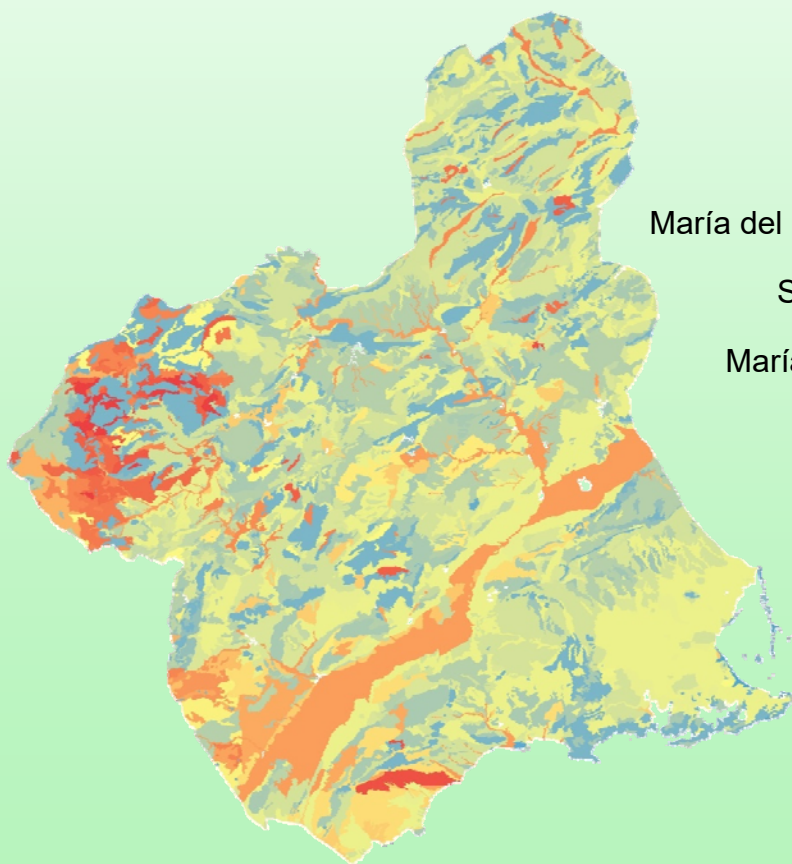


Región de Murcia

Consejería de Agua, Agricultura y Medio
Ambiente

Oficina de Impulso Socioeconómico del Medio
Ambiente

INFORME SOBRE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CONTENIDO EN CARBONO ORGANICO EN SUELOS DE LA REGIÓN DE MURCIA, Y SU APLICACIÓN A LA COMPENSACIÓN DE EMISIONES



María del Carmen Gómez Martínez

Salvadora Martínez López

María José Martínez Sánchez

DICIEMBRE 2016



ÍNDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. OBJETO DEL INFORME..... | 3 |
| 3. METODOLOGÍA | 3 |
| 3.1 FUENTES BIBLIOGRÁFICAS DE DATOS CARTOGRÁFICOS..... | 3 |
| 3.2 METODOLOGÍA DE GABINETE | 4 |
| 3.2.1. Metodología para la determinación del Contenido de Carbono en suelo (SOC)..... | 4 |
| 3.2.2. Cálculo del carbono de los suelos de referencia de la Región de Murcia (SOC _{ST})..... | 5 |
| 3.2.3. Metodología SIG | 7 |
| 4. EL CARBONO EN LOS SUELOS DE REFERENCIA DE LA REGIÓN DE MURCIA.. | 8 |
| 4.1 XEROSOLES..... | 10 |
| 4.2 LITOSOLES..... | 18 |
| 4.3 REGOSOLES | 21 |
| 4.4 FLUVISOLES..... | 28 |
| 4.5 CAMBISOLES | 30 |
| 4.6 RENDSINAS..... | 36 |
| 4.7 KASTANOSEMS | 41 |
| 4.8 PHAEOSEMS..... | 42 |
| 4.9 LUVISOLES..... | 42 |
| 4.10 SOLONCHAKS..... | 44 |
| 5. CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS RELACIONADAS CON EL CONTENIDO EN CARBONO ORGÁNICO | 48 |
| 5.1 MATERIA ORGÁNICA..... | 48 |
| 6. NIVEL DE FONDO DE CARBONO DE LOS SUELOS DE REFERENCIA DE LA REGIÓN DE MURCIA | 49 |
| 7. GUIA PRACTICA PARA LA APLICACIÓN DE LAS DIRECTRICES PARA CALCULAR LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES A EFECTOS DEL ANEXO V DE LA DIRECTIVA 2009/28/CE,..... | 52 |
| 8. EJEMPLO PRÁCTICO: | 55 |
| 9. BIBLIOGRAFIA | 59 |



1. **INTRODUCCIÓN**

En España la Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental obliga a contemplar los efectos del cambio climático entre los contenidos de los documentos necesarios para los procedimientos de evaluación ambiental de planes, programas y proyectos: documento inicial, documento ambiental, estudio ambiental estratégico y estudio de impacto ambiental

Esta obligación, que se establece con la más reciente modificación de la legislación nacional sobre evaluación ambiental, arranca de la propuesta que formuló el Libro Blanco de la Unión Europea sobre adaptación al cambio climático. En este Libro Blanco se recogía la necesidad de efectuar una evaluación del impacto climático sobre determinadas decisiones urbanísticas, territoriales o de infraestructuras que habitualmente se proyectan para una duración de décadas.

Esta consideración del cambio climático en las etapas tempranas del proceso de decisión, es importante para la evaluación de impacto ambiental de proyectos de obras y actividades, pero si cabe es aún más efectiva en la tramitación de la evaluación ambiental de planes y programas o evaluación estratégica, y especialmente en el caso del planeamiento urbanístico.

El planeamiento urbanístico desempeña un importante papel en cuanto a la mitigación del cambio climático, al condicionar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) debidas a la construcción de infraestructuras y edificación, al transporte y al consumo de energía de las edificaciones y actividades que induce, e incluso al destruir la capacidad de fijación y captura de carbono por el suelo y vegetación (capacidad de sumidero) por cambios en el uso del suelo, que pasa de agrícola o foresta a urbano.

Así pues, con objeto de evaluar como la pérdida de capacidad de secuestro o remoción de carbono en el suelo asociada a estos cambios de uso en el suelo contribuyen al cambio climático, así como para poder establecer



posteriormente medidas de compensación, se hace necesario cuantificar el contenido de Carbono Orgánico retenido en el mismo.

Según la **DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 10 de junio de 2010 sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo a efectos del anexo V de la Directiva 2009/28/CE** la Comisión debe basar sus directrices para calcular las reservas de carbono en suelo en las Directrices del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero correspondientes a 2006. Esas Directrices se destinaban a los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero y no están redactadas de una forma que permita a los agentes económicos aplicarlas con facilidad. Así pues, procede basarse en otras fuentes de datos científicos en los casos en que las Directrices del IPCC para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero carecen de la información necesaria.

Para calcular las reservas de carbono en la materia orgánica del suelo, es importante tener en cuenta el clima, el tipo de suelo, la ocupación del suelo, la gestión de las tierras y los insumos. En el caso de los suelos minerales, la metodología de nivel 1 del IPCC para el carbono orgánico en suelo constituye un método adecuado al respecto, ya que es de alcance mundial. En el caso de los suelos orgánicos, la metodología del IPCC se refiere en particular a la pérdida de carbono como consecuencia del drenaje del suelo y solo tiene en cuenta las pérdidas anuales. Dado que el drenaje del suelo suele provocar una pérdida importante de la reserva de carbono, que no puede verse compensada por la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero que permiten los biocarburantes o biolíquidos, y dado que el drenaje de las turberas está prohibido por los criterios de sostenibilidad que establece la Directiva 2009/28/CE, basta con establecer normas generales para determinar el carbono orgánico en suelo o las pérdidas de carbono en suelos orgánicos.

Se han evaluado las directrices para aplicar el cálculo adecuado de la reserva de carbono orgánico en suelos minerales de la Región de Murcia (no existen suelos orgánicos), a efectos del Anexo V evidenciándose la necesidad de



determinar específicamente para los suelos de referencia de la Región de Murcia, el valor del carbono orgánico en la capa de humus. (**SOC_{ST}**).

2. OBJETO DEL INFORME.

Es objeto de este informe los siguientes puntos:

- Recopilación de datos de la bibliografía existente en las diferentes fuentes sobre el contenido en Carbono Orgánico de la Región de Murcia.
- Estimación/ Calculo del carbono orgánico (tC/ha) a compensar teniendo en cuenta la DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 10 de junio de 2010, sobre directrices para calcular las reservas de carbono en suelo a efectos del anexo V de la Directiva 2009/28/CE, en función de los contenidos de carbono de los suelos de referencia de la Región de Murcia, zonas climáticas y factores de gestión designados en dicha decisión.
- Elaboración de un modelo de distribución espacial de tC/ha de la Región de Murcia.
- Rangos de contenido de carbono orgánico en suelos y su aplicación para compensaciones en aplicación de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre por impacto sobre el cambio climático.

3. METODOLOGÍA

3.1 FUENTES BIBLIOGRÁFICAS DE DATOS CARTOGRÁFICOS

Para la realización de dichos trabajos se ha llevado a cabo la recopilación de datos de la bibliografía existente en las diferentes fuentes sobre el contenido en Carbono Orgánico y para la determinación de la densidad aparente de la Región de Murcia:



- Muestras georreferenciadas del proyecto LUCDEME (Alias et al, 1984-1996)
- Muestras georreferenciadas de los Niveles de fondo y niveles genéricos de referencia de metales pesados en suelos de la Región de Murcia. Suministradas por el Grupo de contaminación de suelos de la Universidad de Murcia.

Así como de la cartografía de suelos de la Región de Murcia:

- Cartografía de suelos de la Región de Murcia a escala 1:100.000, realizada en la Universidad de Murcia por el equipo dirigido por el Prof. Dr. Luis Alías Pérez, en el marco del Proyecto LUCDEME, y de cuyas memorias hay 20 publicadas (Alías et al., 1986-2004), además del Mapa digitalizado por la CARM en 1999.

Los suelos en esta cartografía aparecen como unidades de suelos o como asociaciones con o sin inclusiones de otros tipos de suelos,

3.2 METODOLOGÍA DE GABINETE

3.2.1. Metodología para la determinación del Contenido de Carbono en suelo (SOC)

En función del considerando punto 5 de la DECISIÓN DE LA COMISIÓN de 10 de junio de 2010, al calcular el impacto de la conversión de tierras sobre los gases de efecto invernadero, los agentes económicos deben utilizar los valores de las reservas de carbono en combinación con el uso del suelo de referencia y el uso del suelo tras la conversión.

En dicha DECISIÓN, las directrices adjuntas a la misma establecen normas para calcular las reservas de carbono en suelo, completando así las normas que establece el anexo V de la Directiva 2009/28/CE. A efectos de poder



aplicar dichas directrices, se calcula el contenido en carbono del suelo según la fórmula siguiente:

$$SOC = SOC_{ST} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I \quad (1)$$

siendo:

SOC = el carbono orgánico en suelo (medido como masa de carbono por hectárea);

SOC_{ST} = el carbono orgánico en suelo de referencia en la capa de humus de 0 a 30 centímetros (medido como masa de carbono por hectárea);

F_{LU} = el factor de uso del suelo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con el tipo de uso del suelo en comparación con el carbono orgánico en suelo de referencia;

F_{MG} = el factor de las técnicas de cultivo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con la práctica de cultivo de principio en comparación con el carbono orgánico en suelo de referencia;

F_I = el factor de insumo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con varios niveles de insumo de carbono en suelo en comparación con el carbono orgánico en suelo de referencia.

3.2.2. Cálculo del carbono de los suelos de referencia de la Región de Murcia (SOC_{ST}).

Para el cálculo del Contenido de Carbono en suelo (toneladas de carbono por hectárea) SOC_{ST} de la Región de Murcia se han considerado:

- Las características analíticas de contenido en materia orgánica y granulométrica (% en arcillas y arenas),(suministradas en la bibliografía mencionada),
 - ✓ el % del Contenido de Orgánico almacenado en suelo
 - ✓ y la Densidad aparente del suelo



- Espesor de la capa de humus
- Volumen porcentual de fracción de gruesos en el suelo.

Estimándose según las siguientes fórmulas:

STOCK DE C. EN SUELOS: % C. Orgánico almacenado en suelo (g/100 kg suelo)
 \times *espesor de la capa de humus (25) x Densidad aparente del suelo.*

También se ha tenido en cuenta para el cálculo de C en Litosoles y Xerosoles, otro espesor para la capa de humus y la influencia del contenido en gruesos:

STOCK DE C. EN SUELO Litosoles: % C. Orgánico almacenado en suelo (g/100 kg suelo) \times *espesor de la capa de humus (9,5) x Densidad aparente del suelo x (1-0,45)*

STOCK DE C. EN SUELO Xerosoles petrocálcicos: % C. Orgánico almacenado en suelo (g/100 kg suelo) \times *espesor de la capa de humus (25) x Densidad aparente del suelo x (1-0,30)*

Una vez calculado el Contenido de Carbono en suelo de las distintas muestras, se ha llevado a cabo el tratamiento estadístico de los datos para el total de las muestras de la Comunidad Autónoma.

Para el análisis estadístico de los resultados se ha empleado la extensión Geostatistical Analyst de ArcMap 10.1 que es la aplicación central utilizada en ArcGIS (Sistema de Información Geográfica)

Se han utilizado, para la estadística, los valores de carbono de las muestras correspondientes a las asociaciones en que intervienen en cada uno de los tipos de suelos más representativos.

Además de la obtención de los valores máximos, mínimos, medias, medianas, desviaciones típicas y percentiles, se han realizado ensayos de normalidad y, en función de los resultados, ensayos de comparación entre resultados repetidos empleando los test estadísticos adecuados según la distribución de los datos.



En base a estos resultados los niveles de fondo de los distintos tipos de suelo se ha determinado por el valor de la mediana.

Para estimar el nivel de fondo en los diferentes polígonos cartográficos en los que existe una asociación de suelos, el nivel de fondo de carbono se ha calculado como la media de los niveles de fondo de los distintos suelos que participan en la misma como asociados, sin tener en cuenta las inclusiones.

3.2.3. Metodología SIG

Se ha utilizado una metodología basada en un Sistema de Información Geográfica que nos ha permitido:

- crear una base de datos espacialmente georreferenciados de las muestras estudiadas incorporando las características analíticas de referencia
- analizar y gestionar la información estadística y espacialmente para obtener los niveles de fondo de carbono orgánico según el tipo de suelo.
- y elaborar un modelo de distribución espacial de tC/ha de la Región de Murcia en formato shapefile

El sistema de información geográfica utilizado para el manejo y estudio de datos así como para la elaboración de cartografía shapefile y raster ha sido ArcGis. Específicamente de entre el conjunto de productos del que está compuesto este sistema se ha manejado:

- ArcMap, que constituye el módulo central de ArcGis y resulta fundamental para el desarrollo de todas las tareas que tiene que ver con edición, exanimación y administración de datos, representación cartográfica, análisis de mapas y creación de capas y metadatos.
- ArcToolBox, que se ha sido usado para el geoprocesamiento (gestión, análisis y conversión de datos): combinar capas de información,



manipulación de los datos, definición y transformación de sistemas de coordenadas, y otros.

- y ArcGis Geostatistical Analyst, extensión que añade la funcionalidad necesaria para:
 - ✓ El análisis exploratorio de los datos, como fase previa de conocimiento de las características de la información temática correspondiente a los datos muestrales. Este conocimiento preliminar de la información resulta vital con vistas a la selección posterior de los métodos de cálculo más adecuados a los problemas planteados.
 - ✓ Análisis estructural de la información, que supone un paso más en el conocimiento de la autocorrelación espacial y de la semejanza de los datos de acuerdo a su proximidad geográfica. La comprensión de la estructura espacial, a través de herramientas como el variograma u otros similares, que permiten discernir como la distancia afecta a un determinado fenómeno en el espacio, según la dirección (anisotropía del territorio), sirve de base a la aplicación de técnicas geoestadísticas que requieren de tal indagación previa.

4. EL CARBONO EN LOS SUELOS DE REFERENCIA DE LA REGIÓN DE MURCIA

La Región de Murcia dispone de la cartografía de suelos a escala 1:100.000, según la Leyenda del Mapa de Suelos de FAO-UNESCO (1977), realizada en la Universidad de Murcia por el equipo dirigido por el Prof. Dr. Luis Alías Pérez, en el marco del Proyecto LUCDEME, y de cuyas memorias hay 20 publicadas (Alías et al., 1986-2004). En ellas aparecen delimitadas unidades cartográficas que corresponden, en ocasiones, a una sola unidad taxonómica, por ejemplo, Xerosoles. Pero, en general, presentan asociación de dos o más suelos, en cuyo caso, las unidades que se encuentra en más del 20% de la superficie correspondiente dan nombre a la asociación (Xerosoles- Regosoles), mientras

que las de menor extensión relativa, pero siempre mayor del 5%, se encuentran como inclusiones (Martínez Sánchez, M.J. y Carmen Pérez ,C., 2007)

La información procedente de la digitalización de las hojas temáticas elaboradas en el marco del Proyecto LUCDEME del Ministerio de Medio Ambiente aparece en la publicación *Mapa Digital de Suelos de la Región de Murcia* (Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente, Región de Murcia, 1999). En la figura 1 aparecen resumidas las principales unidades de suelos.

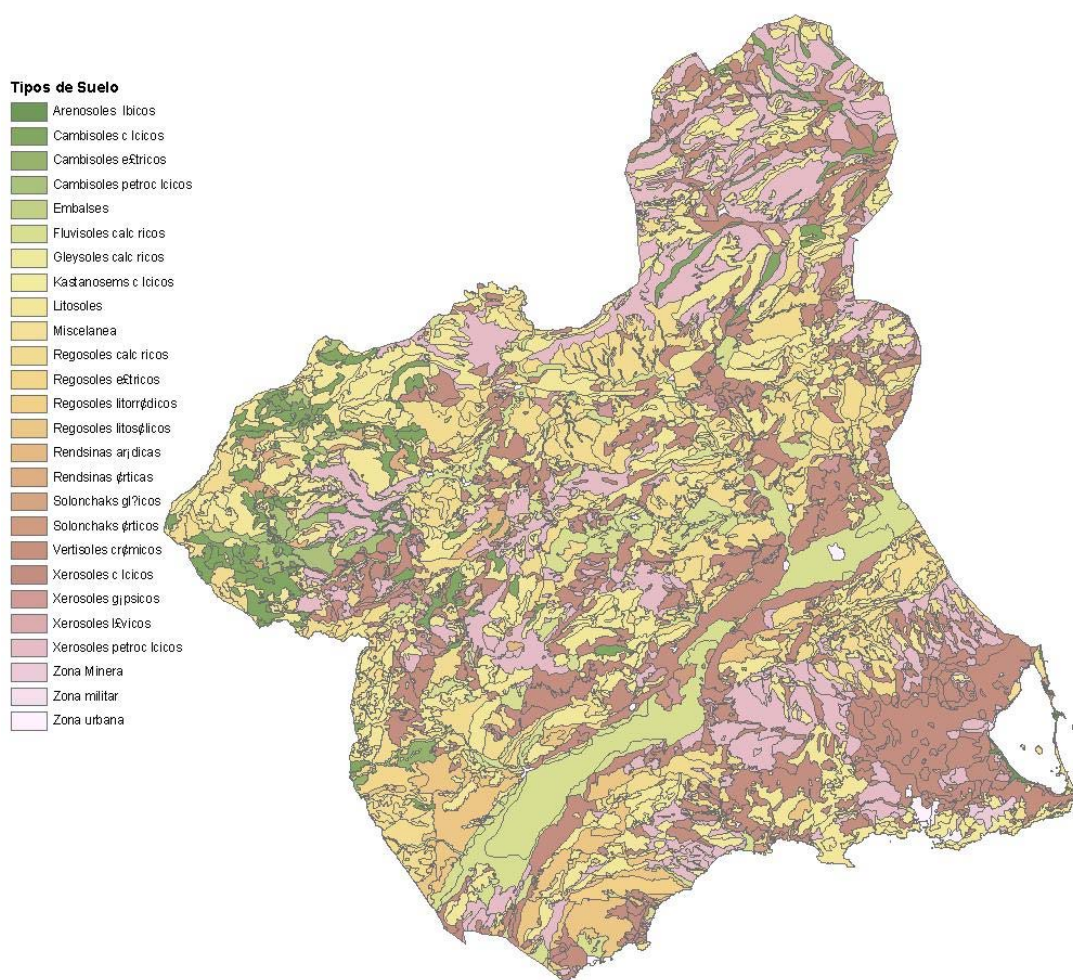


Figura 1. Mapa de suelos de la Región de Murcia simplificado(CARM, editor, 1999)

A partir de los datos mencionados es difícil cuantificar la representación de cada unidad de suelos, ya que no se dan puras en general. Sin embargo,



podemos estimar que las unidades mejor representadas son los Xerosoles, seguidas de Litosoles, Regosoles y Fluvisoles.

En menor proporción se encuentran los Cambisoles y, sobre todo, las Rendsinas. Muy poco representados están los Kastanosems, Luvisoles, Phaeosems y Solonchaks.

En general, los suelos de la Región están muy condicionados por el material original, calizo en su mayor parte y por el edafoclima árido, ocasionalmente ústico, o xérico, en umbría, por encima de los 800 m de altitud y en algunas zonas de cañadas que reciben aguas de avenamiento que consiguen un microclima más húmedo, sobre todo en la Comarca del Noroeste y Altiplano.

4.1 XEROSOLES

Tanto en la Clasificación FAO-UNESCO (1977), como en Clasificación FAO-UNESCO (1988) no se tiene en cuenta el régimen de humedad, se corresponden, cuando tienen horizonte cálcico, con Calcisoles y, si es gípsico, con Gipsisoles.

Los Xerosoles son suelos con régimen de humedad árido con un horizonte superior claro, A ócrico, con poca materia orgánica (que puede disminuir aún más por la degradación del suelo debida a prácticas de cultivo inadecuadas y a la erosión), y uno o más de los horizontes diagnósticos: cámbico, argílico, cálcico o gípsico.

Son los suelos más ampliamente representados en la Región. Su perfil es de tipo A-Ck, A-Ckm, A-Cy- C, A-Bw-Ck, A-Bw-Ckm-Ck, y A-Bt-Ck. Pueden estar desarrollados sobre materiales del Plioceno, principalmente conglomerados, areniscas y areniscas rojas o sobre materiales cuaternarios, mantos de arroyada difusa y abanicos aluviales, conglomerados, arenas y arcillas, que ocupan superficies de glaciares y laderas de suave pendiente.



Según la naturaleza del horizonte de acumulación, los Xerosoles se denominan cálcicos o gípsicos. El horizonte cálcico a veces está fuertemente cementado, formando una costra caliza, petrocálcicos en este caso, que a veces están tan mezclados que resulta difícil separar cálcicos y petrocálcicos.

Los Xerosoles cálcicos son suelos, en general, adecuados para el cultivo, especialmente aquellos más evolucionados en los que se ha desarrollado un horizonte intermedio de alteración. La presencia del horizonte petrocálcico puede suponer una limitación para el desarrollo de los cultivos, aunque en la mayoría de los casos se ha procedido a la eliminación de la costra caliza y se han puesto en cultivo. Pueden presentar alta pedregosidad por los fragmentos de costra caliza extraídos por el arado o subsolado previo a la puesta en cultivo, práctica muy habitual.

Los Xerosoles gípsicos a veces en fase salina presentan un horizonte de acumulación de yeso bajo el horizonte A, debido a la presencia de yeso en el material original o al aporte por lavado lateral de zonas próximas ricas en yeso. Por esto aparecen asociados a los afloramientos del Keuper, muy ricos en yeso y sales solubles.

Si el horizonte B es argílico se denominan Xerosoles lúvicos, asociados a Luvisoles cálcicos, dependiendo del régimen de humedad.

Presentan asociaciones/inclusiones de Xerosoles cálcicos y Xerosoles petrocálcicos, con Xerosoles gípsicos o con Regosoles. Estos suelos se desarrollan en zonas de materiales yesíferos diversos (yesos y margas triásicas) y sobre otros materiales miocenos y cuaternarios, apareciendo Xerosoles cálcicos, petrocálcicos y gípsicos como suelos mayoritarios, mientras que los Regosoles que se encuentran en baja proporción son suelos menos evolucionados sobre material no consolidado que en este caso puede tener también yeso.

También están asociados a Litosoles y Rendsinas áridicas, en cuyo caso tienen un mayor contenido de materia orgánica. En zonas de glaciares en la



proximidad de las sierras calizas más importantes se asocian o incluyen con Fluvisoles, donde las aguas superficiales han desarrollado todo un sistema de barrancos y ramblas después de las descargas de materiales.

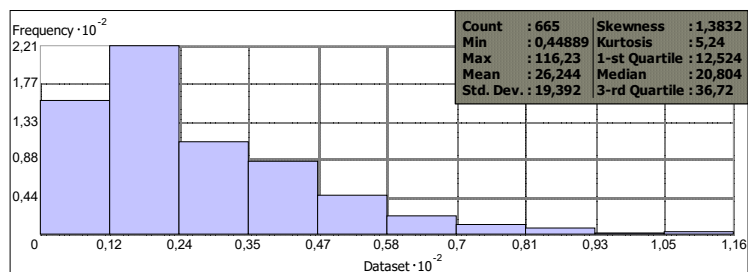
➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE XEROSOLES.

| UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE XEROSOLES | | | Nº MUESTRAS |
|-------------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Xerosoles cálcicos | Xerosoles cálcicos como unidad taxonómica independiente | | 201 |
| | Xerosoles cálcicos en asociación con: | Fluvisoles calcáricos | 239 |
| | | Litosoles | |
| | | Regosoles calcáricos | |
| | | Regosoles litosólicos | |
| | | Rendsinas áridicas | |
| | | Xerosoles gípsicos | |
| | | Xerosoles lúvicos | |
| | | Xerosoles petrocálcicos | |
| Xerosoles gípsicos | Xerosoles gípsicos como unidad taxonómica independiente | | 14 |
| | Xerosoles gípsicos en asociación con: | Litosoles | 16 |
| | | Regosoles calcáricos | |
| | | Xerosoles cálcicos | |
| Xerosoles lúvicos | Xerosoles lúvicos como unidad taxonómica independiente | | 1 |
| | Xerosoles lúvicos en asociación con xerosoles cálcicos | | 1 |
| Xerosoles petrocálcicos | Xerosoles petrocálcicos como unidad taxonómica independiente | | 191 |
| | Xerosoles petrocálcicos en asociación con: | Litosoles | 53 |
| | | Regosoles calcáricos | |
| | | Xerosoles cálcicos | |

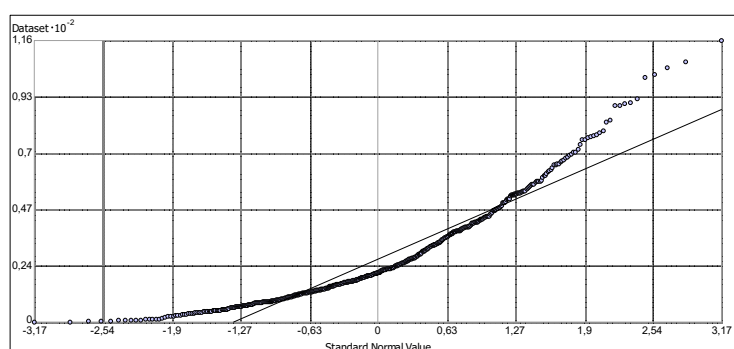
| XEROSOLES | | | | |
|-------------------------|-------------|----------------|--------------|--------------|
| TIPO DE REGOSOL | Nº MUESTRAS | NIVEL DE FONDO | NIVEL MÍNIMO | NIVEL MÁXIMO |
| | | (tC/ha) | | |
| Xerosoles | 665 | 20,804 | 0,449 | 116,23 |
| Xerosoles cálcicos | 440 | 21,187 | 0,449 | 116,23 |
| Xerosoles gípsicos | 30 | 19,882 | 1,874 | 90,335 |
| Xerosoles lúvicos | 2 | 21,31 | 9,565 | 33,055 |
| Xerosoles petrocálcicos | 244 | 20,36 | 0,508 | 90,819 |



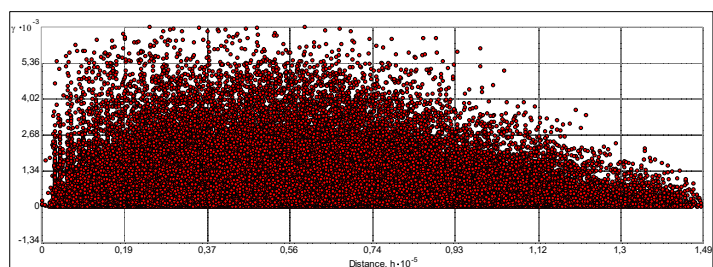
Histogram



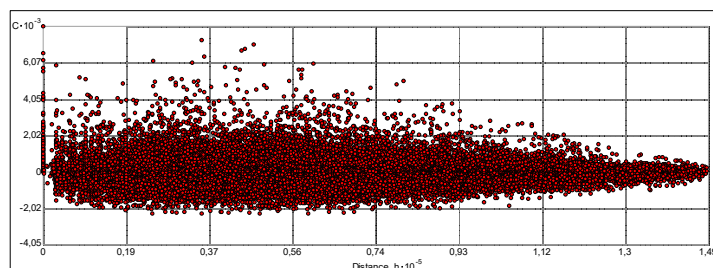
Normal QQPlot



Semivariogram



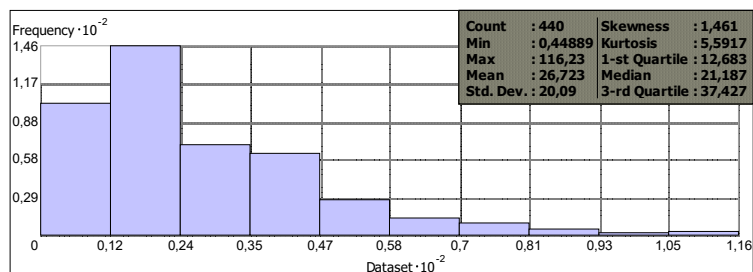
Covariance Cloud



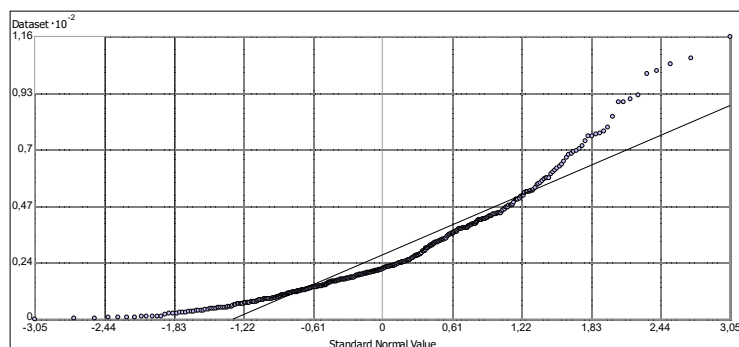


- Xerosoles cálcicos

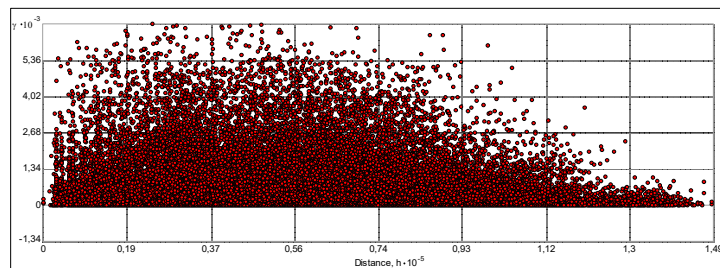
Histogram



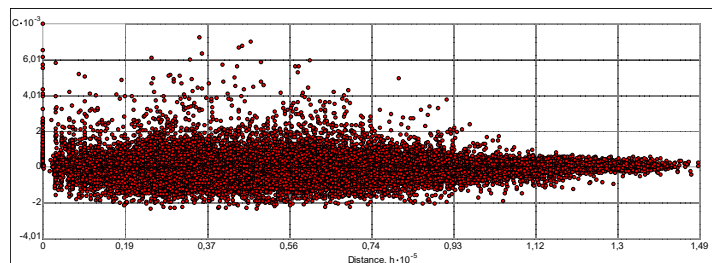
Normal QQPlot



Semivariogram



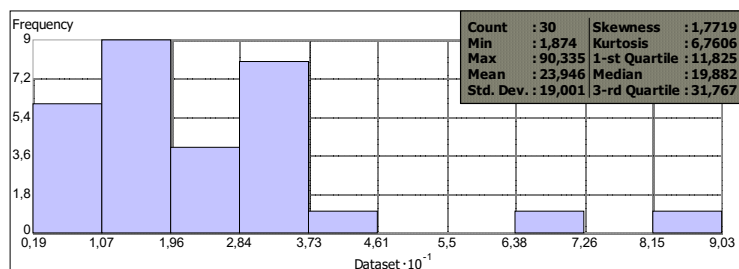
Covariance Cloud



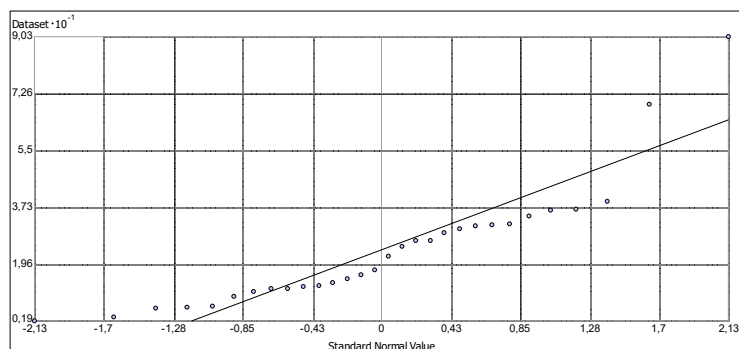


- Xerosoles gípsicos

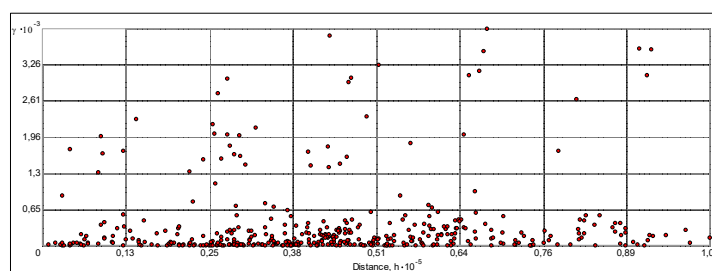
Histogram



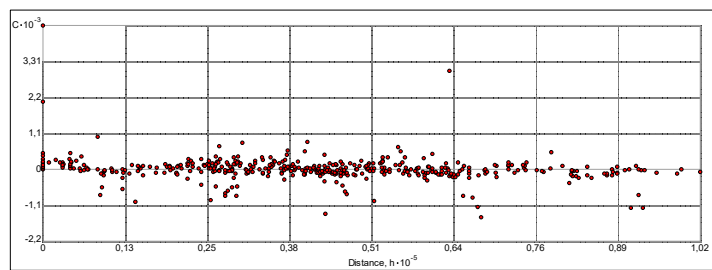
Normal QQPlot



Semivariogram



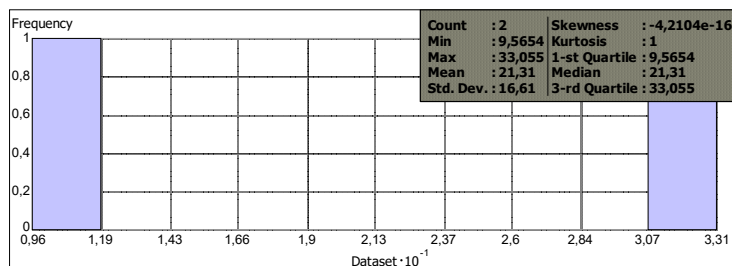
Covariance Cloud



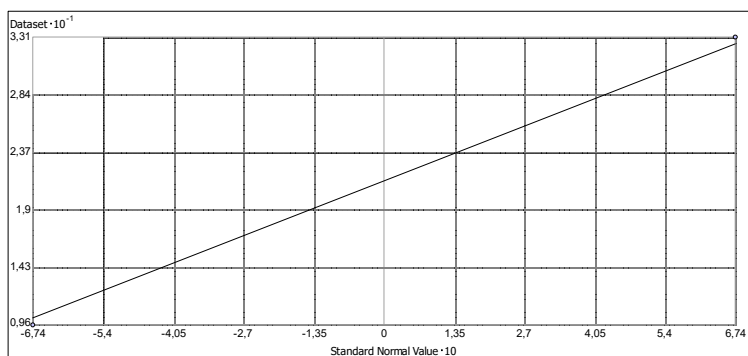


- Xerosoles lúvicos

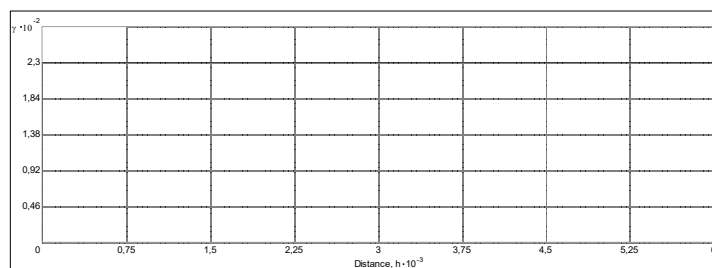
Histogram



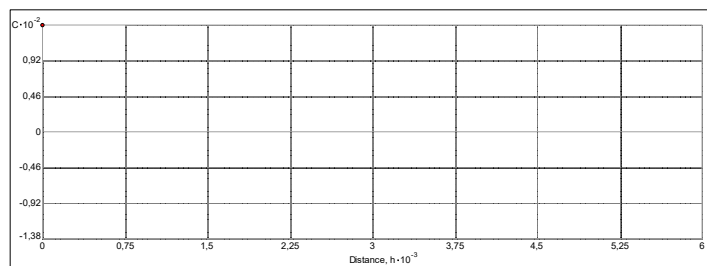
Normal QQPlot



Semivariogram



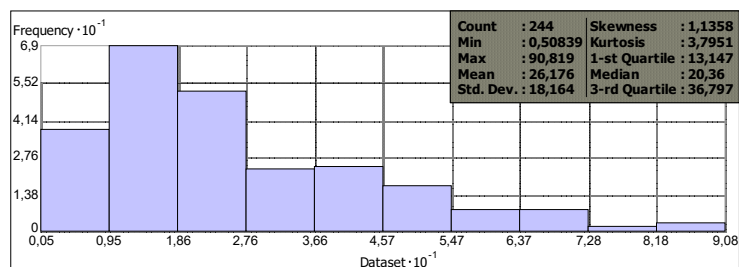
Covariance Cloud



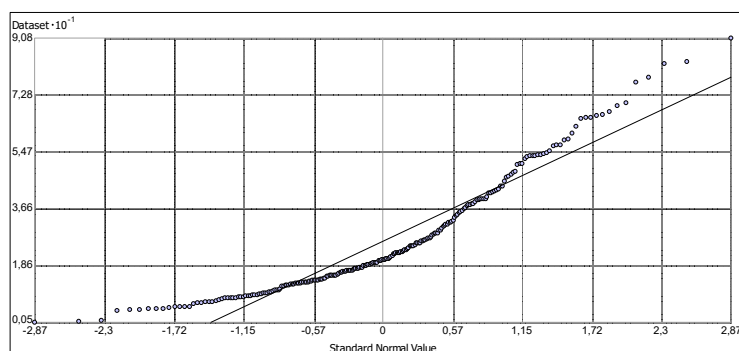


- Xerosoles petrocálculos

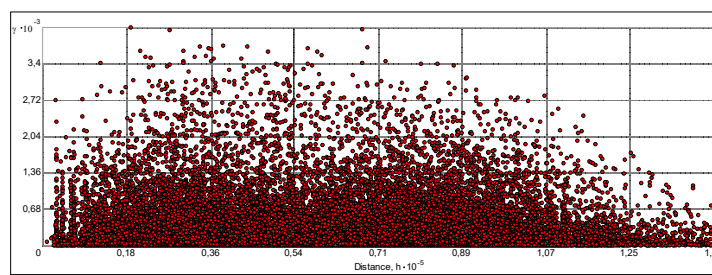
Histogram



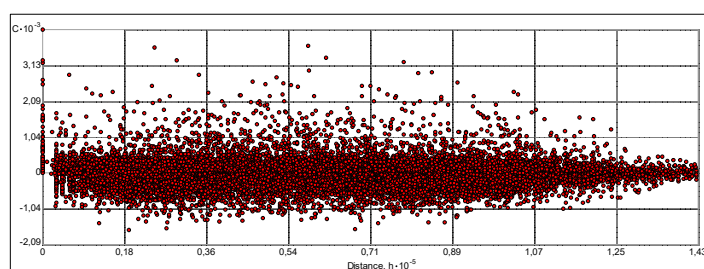
Normal QQPlot



Semivariogram



Covariance Cloud





4.2 LITOSOLES

Corresponden a Leptosoles en la FAO-UNESCO (1988). Esta unidad taxonómica se estima ocupa el segundo lugar en abundancia en la Región. Aparecen en zonas montañosas, principalmente de fuertes pendientes y escasa vegetación, generalmente vegetación natural. No admiten vegetación arbórea, así como tampoco son aptos para el cultivo.

Son suelos jóvenes en los que la erosión, a veces, es muy intensa y suele aflorar la roca madre. Su profundidad está limitada por roca dura, coherente y continua a menos de 10 cm de la superficie. Poseen un perfil tipo A-R, donde el horizonte A siempre es ócrico, pues, aunque cumpla, en ocasiones, los requisitos del móllico en cuanto a contenido en materia orgánica, color, estructura, etc., su espesor no alcanza los 10 cm.

El tipo de roca sobre el que se desarrollan es muy variada, como calizas, dolomías, conglomerados, areniscas y rocas volcánicas básicas, esquistos, pizarras, cuarcitas, anfibolitas, etc.

En el paisaje de Litosoles suelen aparecer acompañados de otros tipos de suelos, ya sea como asociación o como inclusión, como son los Cambisoles, favorecidos por un microclima xérico; Rendsinas, en zonas más maduras donde persiste la vegetación arbórea; Regosoles, en los parajes en que la formación geológica es de margas o margocalizas por la existencia de estratos blandos y duros, o con Xerosoles, en zonas de movimientos de carbonatos.

Son suelos de una gran fragilidad, que pueden llegar a desaparecer por erosión por prácticas inadecuadas, o bien son el resultado de una degradación grave, por ejemplo en zonas incendiadas.

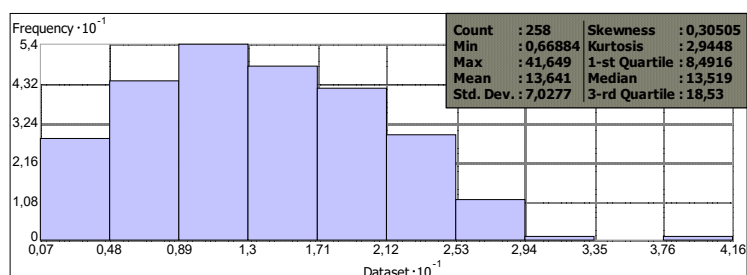


➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE LITOSOLES

| UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE LITOSOLES | | | Nº MUESTRAS |
|-------------------------------------|--|-------------------------|-------------|
| Litosoles | Litosoles como unidad taxonómica independiente | | 118 |
| | Litosoles en asociación con: | Cambisoles cálcicos | 140 |
| | | Phaenosems háplicos | |
| | | Regosoles calcáricos | |
| | | Regosoles litosólicos | |
| | | Rendsinas arídicas | |
| | | Rendsinas órticas | |
| | | Solonchacks gléicos | |
| | | Solonchacks litosólicos | |
| | | Xerosoles cálcicos | |
| | | Xerosoles gípsicos | |
| | | Xerosoles petrocálcicos | |

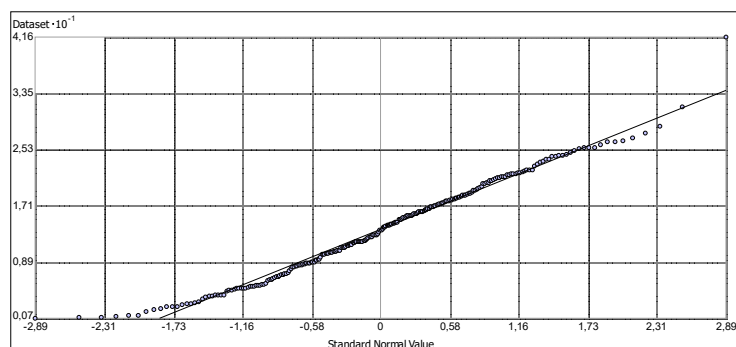
| LITOSOLES | | | |
|-------------|----------------|--------------|--------------|
| Nº MUESTRAS | NIVEL DE FONDO | NIVEL MÍNIMO | NIVEL MÁXIMO |
| | (tC/ha) | | |
| 258 | 13,519 | 0,669 | 41,649 |

Histogram

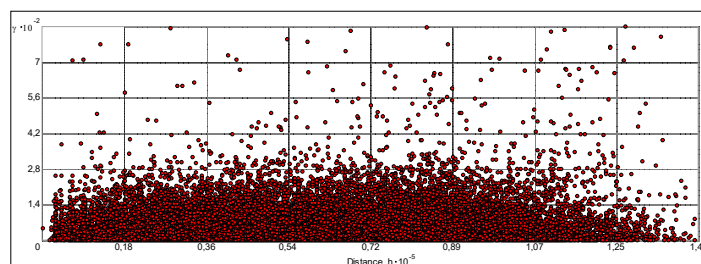




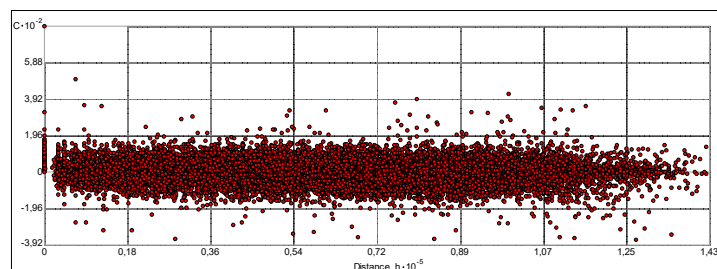
Normal QQPlot



Semivariogram



Covariance Cloud





4.3 REGOSOLES

Se corresponden con los Regosoles de textura gruesa corresponden con los Arenosoles FAO-UNESCO (1988), los Regosoles formados a partir de margas con Regosoles calcáricos en FAO-UNESCO (1988), en ocasiones Regosoles gípsicos y a veces con características vérticas Regosoles verticalcalcáricos.

Son suelos formados a partir de materiales no consolidados, pero que a la vez no sean de aporte reciente, cuyo único horizonte diagnóstico es el A ócrico, y carecen de una serie de características y propiedades de otras unidades taxonómicas.

El material sobre los que se desarrollan fundamentalmente en la Región son las margas (Regosoles margálicos). También se encuentran sobre materiales no margosos fácilmente deleznales (filitas, pizarras, esquistos), con un espesor del horizonte ócrico mayor de 10 centímetros, que suelen ser calizos y, en ocasiones, sobre rocas volcánicas, como las jumillitas (Regosoles litosólicos). También se consideran Regosoles a suelos formados a partir de areniscas rojas con perfil A-R, o A-C, cuyo horizonte A ócrico de más de 10 cm, unas veces parece ser producto de alteración reciente de las areniscas y otras, el resultado de la incorporación de materia orgánica a los horizontes A muy erosionados; presentan un color rojo heredado del material original y se denominan Regosoles litorródicos.

Suelen presentar erosión enseguida que existe alguna pendiente, sobre todo si se dedican a cultivo de secano, por lo que suelen tener medidas de conservación.

Presentan asociaciones y/o inclusiones con:

- ✓ Xerosoles cálcicos y/o petrocálcicos: zonas de margas y sedimentos cuaternarios sueltos, considerablemente más permeables que las margas, molasas y conglomerados íntimamente asociados a las margas.
- ✓ Xerosoles gípsicos: margas con yesos.



- ✓ Litosoles, en zonas de areniscas y calizas de materiales triásicos.
- ✓ Fluvisoles calcáricos producto de los fenómenos de arrastre y deposición de materiales.

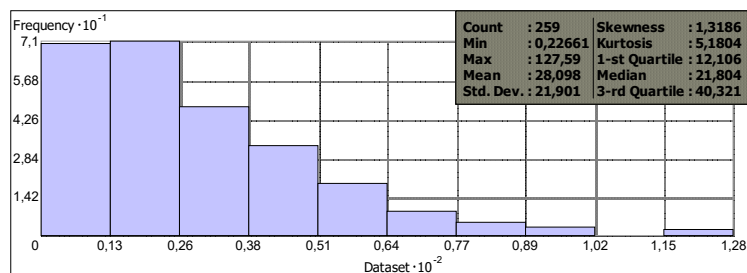
➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE REGOSOLES

| UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE REGOSOLES | | | Nº MUESTRAS |
|---|--|------------------------|-------------|
| Regosoles calcáricos | Regosoles calcáricos como unidad taxonómica independiente | | 99 |
| | Regosoles calcáricos en asociación con: | Cambisoles cálcicos | 99 |
| | | Fluvisoles calcáricos | |
| | | Litosoles | |
| | | Regosoles eútricos | |
| | | Regosoles litosólicos | |
| | | Xerosoles cálcicos | |
| | | Xerosoles gípsicos | |
| | | Xerosoles petrcálcicos | |
| Regosoles eútricos | Regosoles eútricos como unidad taxonómica independiente | | 1 |
| | Regosoles eútricos en asociación con: | Cambisoles eútricos | 7 |
| | | Regosoles calcáricos | |
| | | Regosoles litosólicos | |
| Regosoles litorródicos como unidad taxonómica independiente | | | 4 |
| Regosoles litosólicos | Regosoles litosólicos como unidad taxonómica independiente | | 16 |
| | Regosoles litosólicos en asociación con: | Litosoles | 46 |
| | | Regosoles calcáricos | |
| | | Regosoles eútricos | |
| | | Xerosoles cálcicos | |

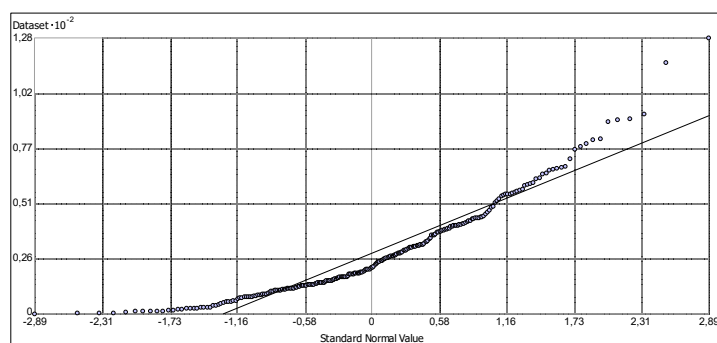
| REGOSOLES | | | | |
|---------------------|-------------|----------------|--------------|--------------|
| TIPO DE REGOSOL | Nº MUESTRAS | NIVEL DE FONDO | NIVEL MÍNIMO | NIVEL MÁXIMO |
| | | (tC/ha) | | |
| Regosol | 259 | 21,804 | 0,227 | 127,59 |
| Regosol calcárico | 198 | 19,536 | 0,227 | 127,59 |
| Regosol eútrico | 8 | 32,127 | 13,949 | 59,981 |
| Regosol litorródico | 4 | 55,383 | 55,309 | 65,274 |
| Regosol litosólico | 62 | 25,751 | 1,316 | 116,23 |



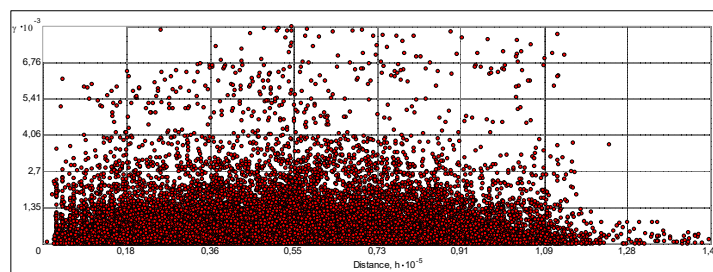
Histogram



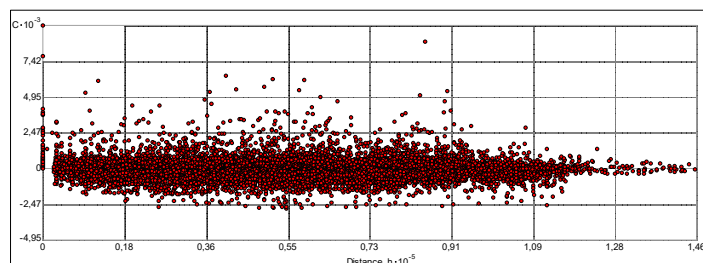
Normal QQPlot



Semivariogram



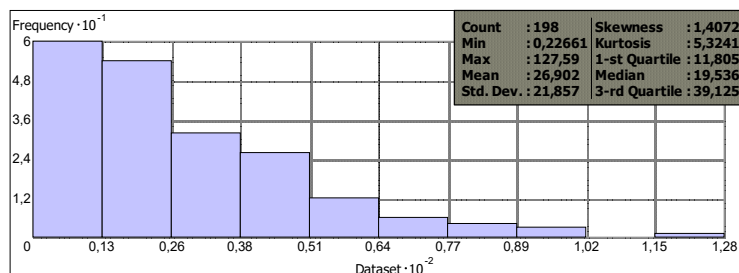
Covariance Cloud



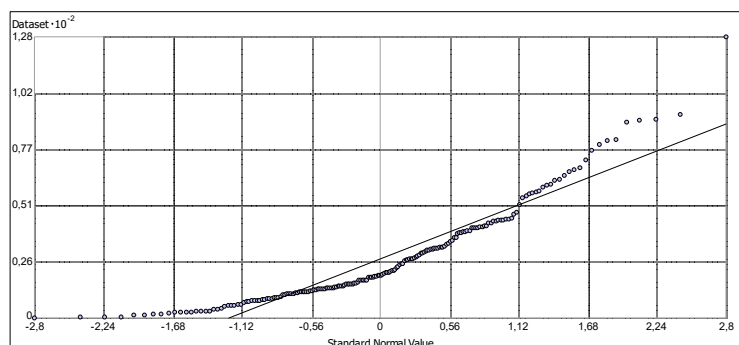


- Regosoles calcáricos

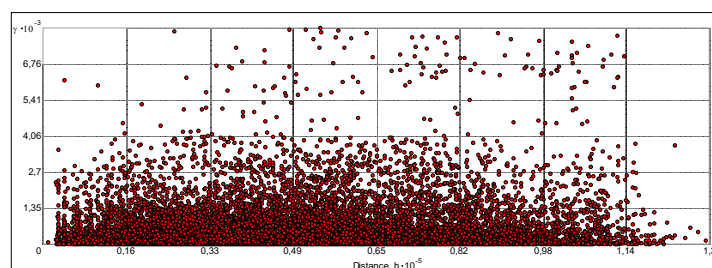
Histogram



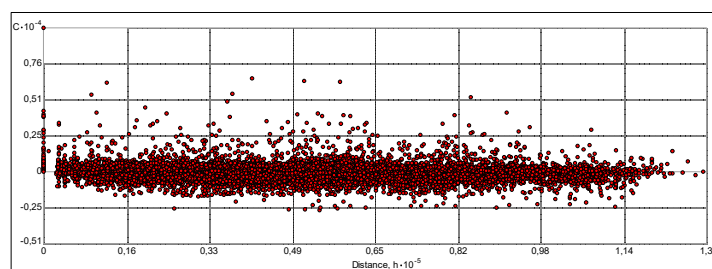
Normal QQPlot



Semivariogram



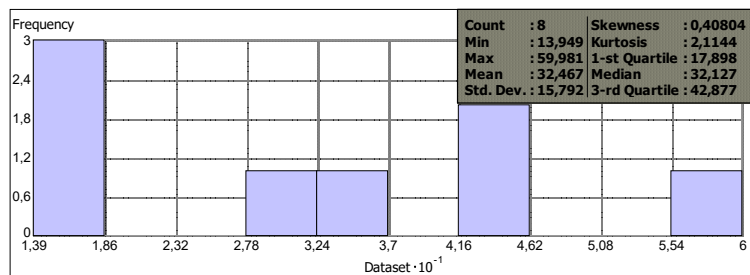
Covariance Cloud



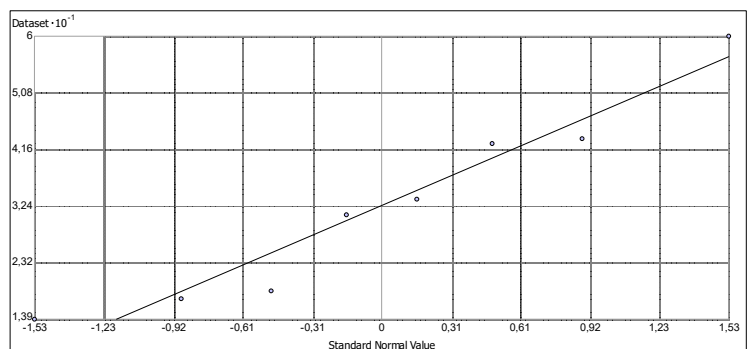


- Regosoles eútricos

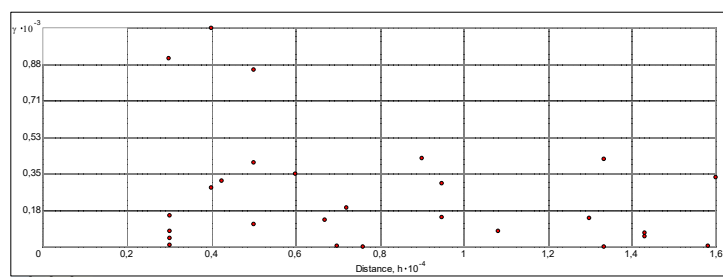
Histogram



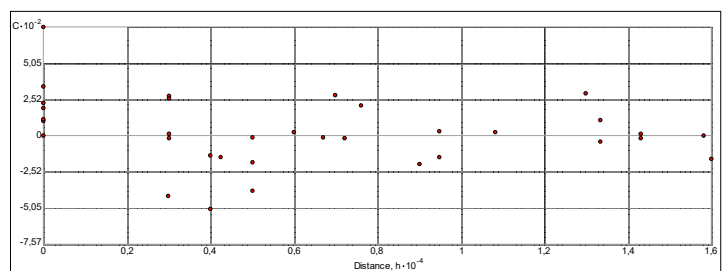
Normal QQPlot



Semivariogram



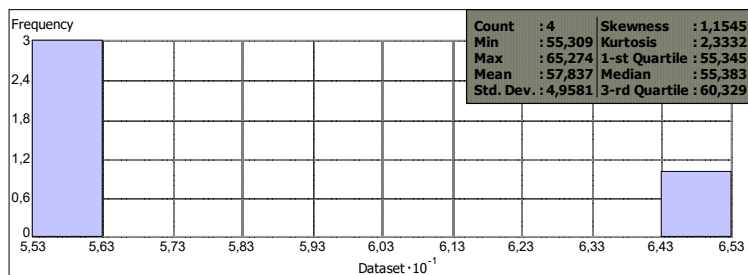
Covariance Cloud



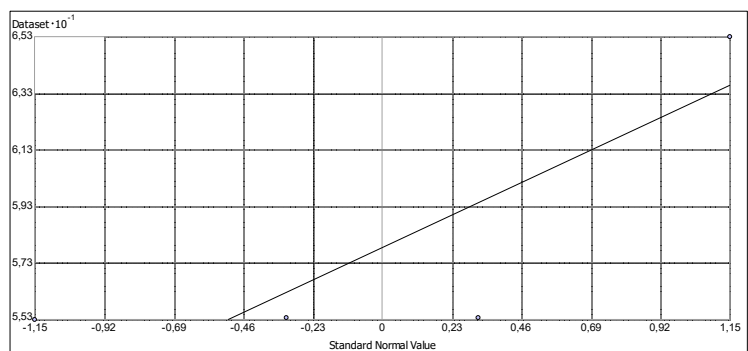


- Regosoles litorródico

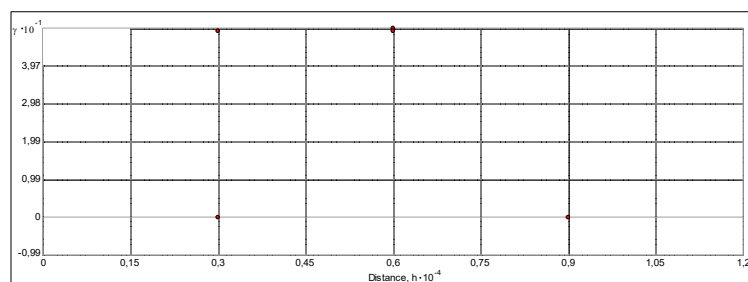
Histogram



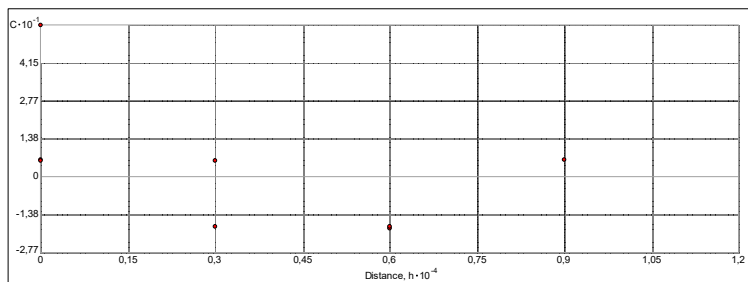
Normal QQPlot



Semivariogram



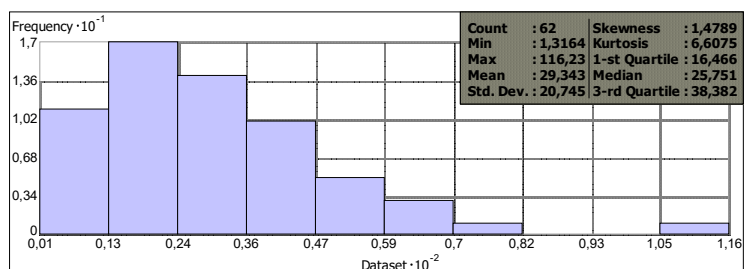
Covariance Cloud



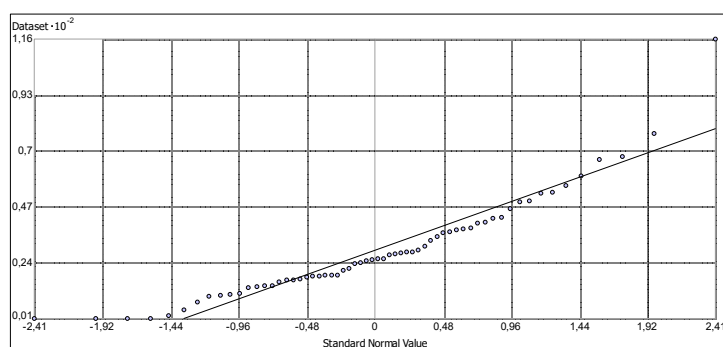


- Regosoles litosólicos

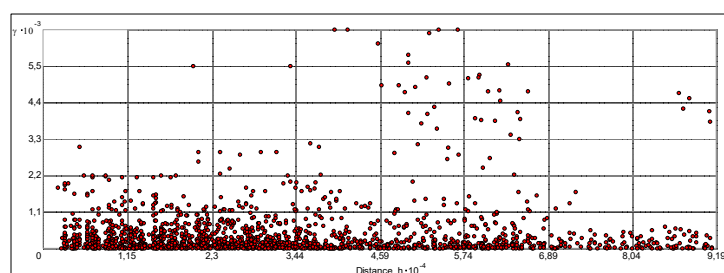
Histogram



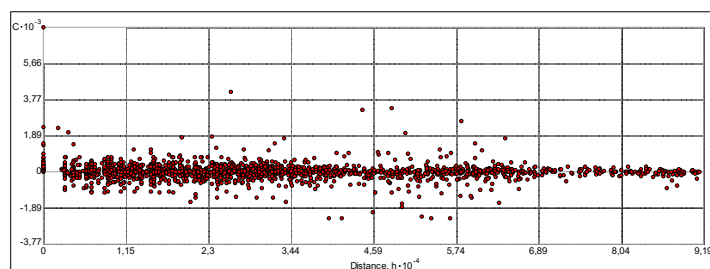
Normal QQPlot



Semivariogram



Covariance Cloud



4.4 FLUVISOLES

Corresponden con Fluvisoles en FAO-UNESCO (1988).

Son los suelos más representados en las vegas de los ríos Segura y Guadalentín, así como en las diferentes ramblas. Están formados a partir de sedimentos aluviales recientes, que en el caso de la Región poseen un único horizonte diagnóstico, un horizonte A ócrico, presentando características fluvénticas, escaso contenido en materia orgánica que presenta una disminución irregular, así como discontinuidades litológicas con variabilidad textural horizontal y vertical.

Los materiales aluviales pueden ser de muy diferente naturaleza, pero en nuestro caso, la abundancia de rocas carbonatadas y la carbonatación generalizada, unidas a la pequeña intensidad de lavado, determinan que los Fluvisoles sean calcáricos, aunque procedan, por ejemplo, de la erosión de materiales metamórficos.

Hay zonas de Fluvisoles que presentan una cierta salinidad, por lo que se encuentran en fase salina, sin ser suficiente como para que sean Fluvisoles sálidos.

Estos suelos pueden llegar a ser improductivos y la vegetación que soporten sea halófila.

Parte de los Fluvisoles poseen un alto contenido en partículas de arcilla y limo. En ocasiones tienen características vérticas con grietas de más de un centímetro de anchura.

Muy localmente, los Fluvisoles están afectados por una hidromorfía, pero insuficientemente intensa para que sean Gleysoles. En otros existe una acumulación incipiente de carbonato cálcico en profundidad, transición a otros más evolucionados Fluvisoles calci-calcáricos.

Pueden intervenir como unidad independiente, como inclusión o en asociación, con Regosoles, sobre materiales margosos sometidos a diversa erosión o por



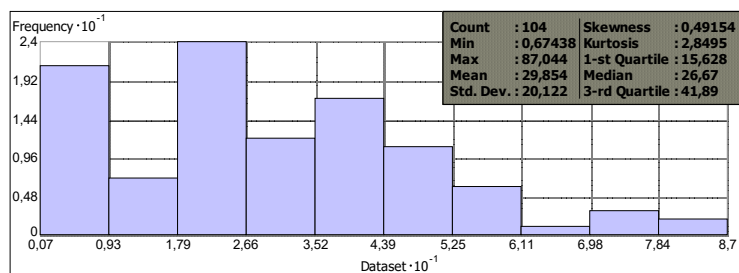
ramblas, con Xerosoles, sobre materiales cuaternarios, bastante permeables, con Cambisoles o con Rendisinas.

➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE FLUVISOLES

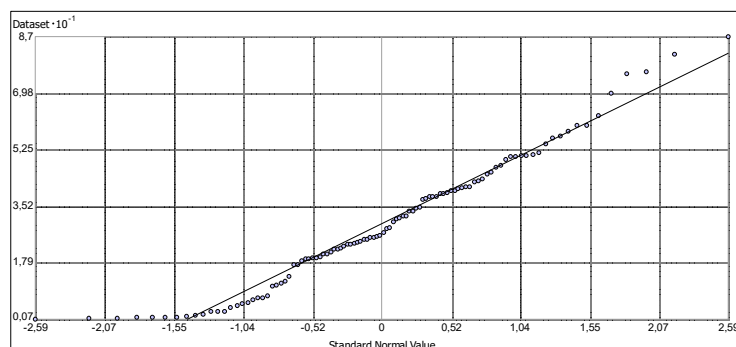
| UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE FLUVISOLES CALCÁRICOS | | | Nº MUESTRAS |
|---|--|----------------------|-------------|
| Fluvisoles calcáricos | Fluvisoles calcáricos como unidad taxonómica independiente | | 66 |
| | Fluvisoles calcáricos en asociación con: | Cambisoles cálcicos | 38 |
| | | Regosoles calcáricos | |
| | | Solonchacks órticos | |
| | | Xerosoles cálcicos | |

| FLUVISOLES CALCÁRICOS | | | |
|-----------------------|----------------|--------------|--------------|
| Nº MUESTRAS | NIVEL DE FONDO | NIVEL MÍNIMO | NIVEL MÁXIMO |
| | (tC/ha) | | |
| 104 | 26,67 | 0,674 | 87,044 |

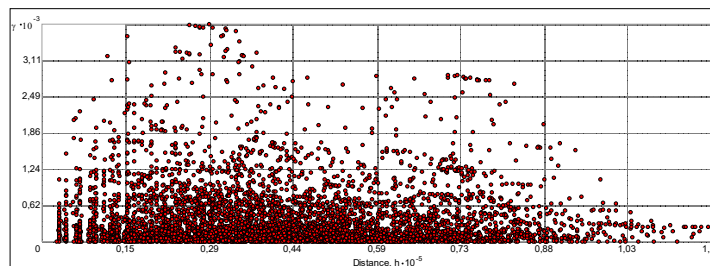
Histogram



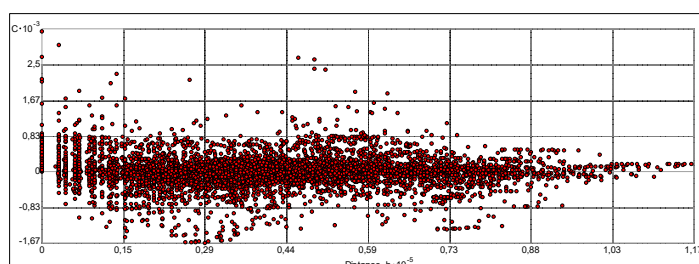
Normal QQPlot



Semivariogram



Covariance Cloud



4.5 CAMBISOLES

Se corresponden con Calcisoles en FAO-UNESCO (1988).

Son suelos que se forman en áreas de la Región con régimen de humedad xérico y ocasionalmente ústico, bien porque el clima sea lo suficientemente húmedo, o porque ocupen zonas cuya topografía favorezca la recepción de abundante agua de escorrentía, o porque su posición, en cuanto a orientación y altitud, le confiere una menor evapotranspiración potencial, y, por consiguiente, un régimen hídrico más húmedo que el general de la zona. La complicación que supone asignar el régimen xérico/arídico hace que algunos Cambisoles pudieran ser Xerosoles, si el régimen fuese arídico, y a la inversa, si fuera xérico.

Presentan un perfil de tipo A-B-R o A-B-C con un horizonte A ócrico, relativamente pobre en materia orgánica y de color claro en unos casos o de pequeño espesor en otros, al que sigue un horizonte B cámbico, a veces bien estructurado, que muestra signos evidentes de alteración *in situ*, entre los que destacan la dinámica del carbonato cálcico, con una descarbonatación sólo



parcial en la parte superior del suelo y su acumulación en profundidad. El empardecimiento debido a la liberación de óxidos de hierro es, a veces, poco acentuado y sobre todo difícil de reconocer que haya tenido lugar *in situ*, ya que el material original, casi siempre de naturaleza caliza, consiste en sedimentos de materiales edáficos ya empardecidos, que proceden de la erosión de suelos de los relieves inmediatos.

Son calizos y presentan acumulación de carbonato cálcico en profundidad, con o sin algo de yeso, que a veces se inicia en el horizonte Bw, lo suficientemente intensa como para que tenga valor diagnóstico, por lo que son Cambisoles cálcicos. Los Litosoles pueden estar en asociación y/o inclusión, en zonas montañosas accidentadas. En ocasiones, la acumulación ha sido tan intensa que ha dado lugar a la formación de un horizonte petrocálcico: Cambisoles petrocálcicos. Ambos se pueden encontrar en asociación y/o inclusión.

Cuando contienen bastante materia orgánica, su horizonte diagnóstico se acerca a ser móllico, en color y espesor, y a las propiedades de las Rendsinas o los Kastanosems, según su perfil o contenido en carbonato cálcico. Pueden encontrarse inclusiones/ asociaciones de estas unidades y viceversa.

En ocasiones puntuales, los Cambisoles están bastante rubificados y total o casi totalmente descarbonatados, pero poseen en profundidad un horizonte cálcico.

Especialmente en el centro de las cañadas que reciben aportes de materiales de las distintas avenidas aparecen inclusiones de Fluvisoles, sobre materiales cuaternarios de origen aluvial, conglomerados, arenas y arcillas, en los casos en que la evolución del suelo hacia los Cambisoles está impedida por los fenómenos de arrastre y deposición de las distintas avenidas, lo que dificulta la formación de un horizonte de alteración.

Existen algunos afloramientos de margas en que aparecen los Regosoles margálicos como asociación y/o inclusión.



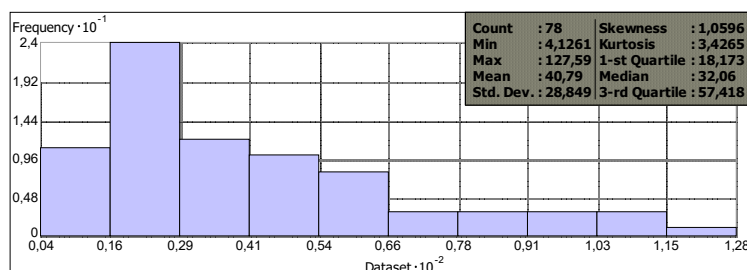
Son buenos suelos de cultivo, por lo que se encuentran bastante antropizados, su textura suele ser excesivamente fina y, a veces, están salinizados por los aportes de sales solubles por lavado lateral y muy frecuentemente por el empleo de aguas de mala calidad para el riego.

➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE CAMBISOLES

| UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE CAMBISOLES | | | Nº MUESTRAS |
|--|---|--------------------------|----------------|
| Cambisoles cálcicos | Cambisoles cálcicos como unidad taxonómica independiente | | 16 |
| | Cambisoles cálcicos en asociación con: | Cambisoles petrocálcicos | 50 |
| | | Fluvisoles calcáricos | |
| | | Litosoles | |
| | | Regosoles calcáricos | |
| | | Rendsinas órticas | |
| Cambisoles eútricos como unidad taxonómica independiente | | | 1 |
| Cambisoles petrocálcicos | Cambisoles petrocálcicos como unidad taxonómica independiente | | 8 |
| | Cambisoles petrocálcicos en asociación con: | Cambisoles cálcicos | 9 |
| | | Rendsinas órticas | |

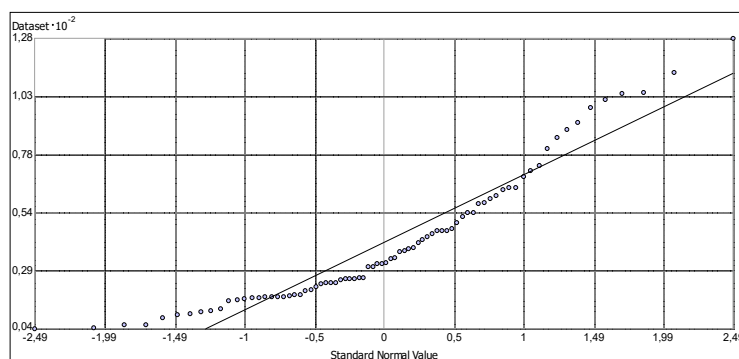
| CAMBISOLES | | | | |
|--------------------------|-------------|----------------|--------------|--------------|
| TIPO DE CAMBISOL | Nº MUESTRAS | NIVEL DE FONDO | NIVEL MÍNIMO | NIVEL MÁXIMO |
| | | (tC/ha) | | |
| Cambisoles | 78 | 32,06 | 4,1261 | 127,56 |
| Cambisoles cálcicos | 66 | 31,75 | 4,1261 | 127,59 |
| Cambisoles eútrico | 1 | 17,27 | - | - |
| Cambisoles petrocalcicos | 17 | 36,728 | 15,917 | 98,264 |

Histogram

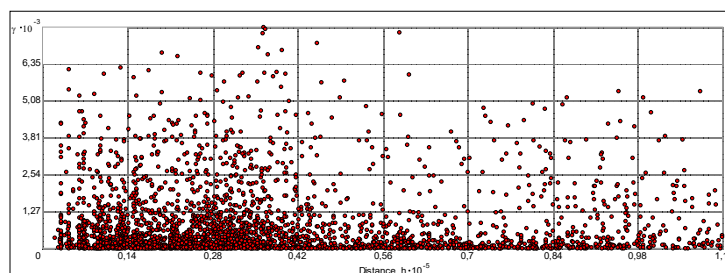




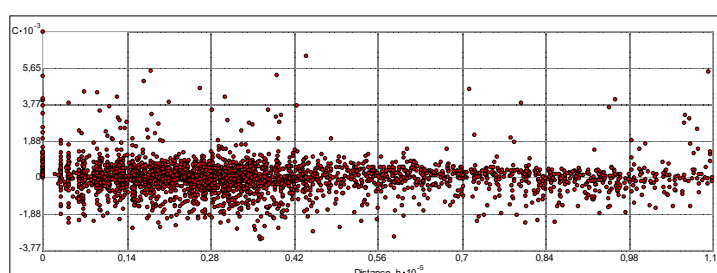
Normal QQPlot



Semivariogram



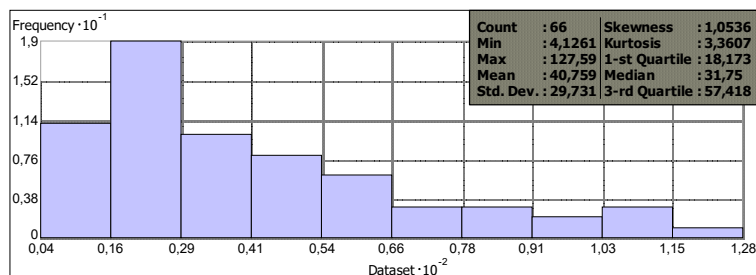
Covariance Cloud



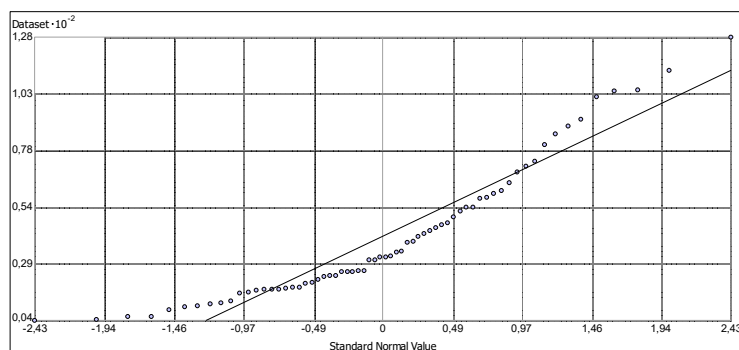


- Cambisoles cálcicos

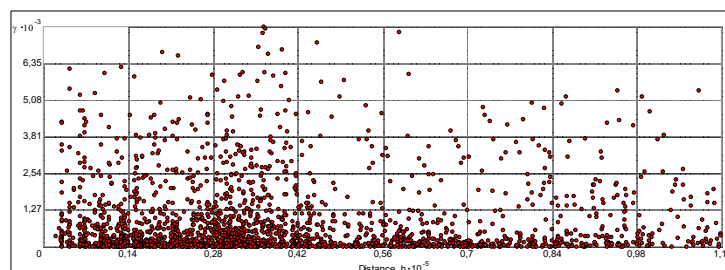
Histogram



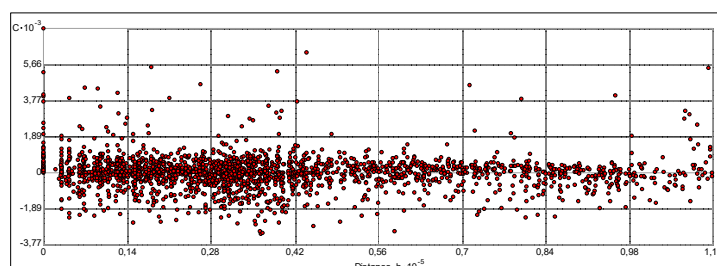
Normal QQPlot



Semivariogram



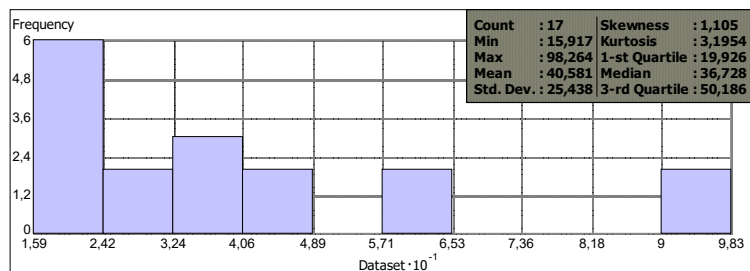
Covariance Cloud



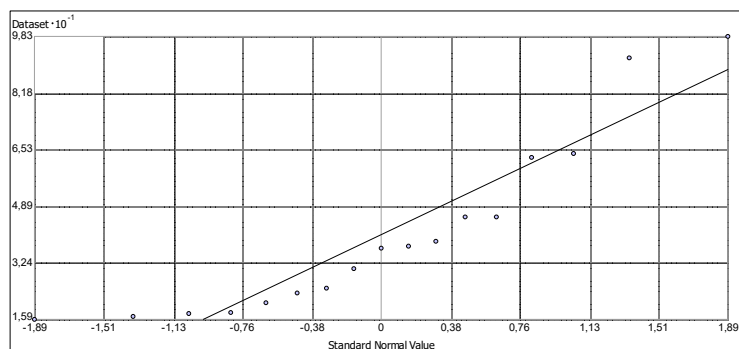


- Cambisoles petrocálculos

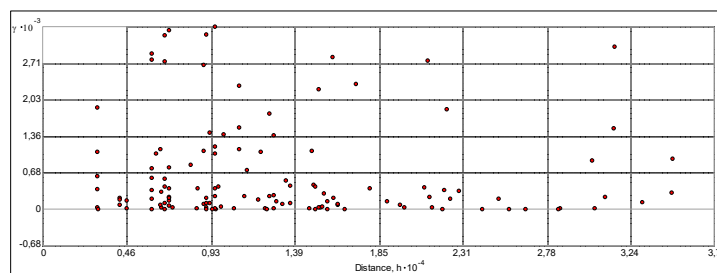
Histogram



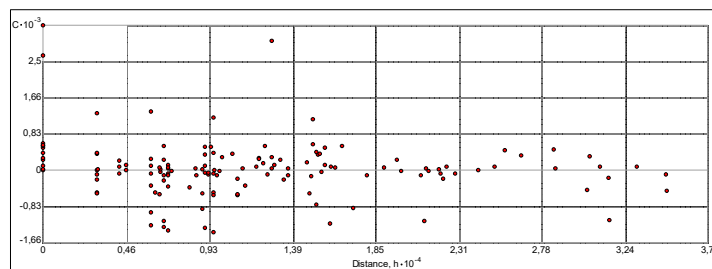
Normal QQPlot



Semivariogram



Covariance Cloud





4.6 RENDSINAS

Las Rendsinas corresponden a Leptosoles réndricos en FAO-UNESCO (1988) o a Phaeosems calcáricos, si bien las que presentan horizonte cálcico, lo hacen con Kastanosem calcáricos.

En la Región de Murcia son esencialmente suelos de montaña. Al ser un suelo intrazonal, se puede desarrollar en cualquier régimen de humedad, si bien resultan menos favorables los más secos. Es decisiva para su formación la naturaleza caliza del material original, y en nuestro caso es necesario sumar los efectos de la vegetación que asegure un buen contenido en materia orgánica, bien humificada.

Se caracteriza por tener un horizonte A móllico que contiene o inmediatamente descansa en material calizo con contenido en carbonato cálcico equivalente mayor del 40%, que a veces es un horizonte cálcico o petrocálcico. Su perfil tipo es A-R ó A-Ck-R.

Se pueden observar dos tipos: Rendsinas órticas y Rendsinas arídicas. Las Rendsinas órticas están formadas en régimen de humedad xérico, en las partes altas y umbrías de las diversas sierras calizas, dolomíticas y calcáreo-dolomíticas, con un lavado de carbonato cálcico lo suficientemente intenso como para ser eliminado fuera del perfil o que se encuentre acumulado recubriendo los trozos de roca por su red de diaclasas. Su perfil es A-R, A móllico, con abundantes fragmentos de roca, descansa directamente sobre ésta. En zonas de ligera depresión, con ligera hidromorfía aparecen en transición a Gleysols móllicos.

Las Rendsinas arídicas se forman en régimen de humedad arídico y bajo vegetación más xerofítica y abierta. La influencia climática es evidente y ello se manifiesta en un menor contenido en materia orgánica y lavado de carbonato cálcico menos efectivo, lo que da lugar a la formación de un horizonte cálcico, a veces petrocálcico, debajo del móllico.



Presentan asociación y/o inclusión con Litosoles, Cambisoles cálcicos, Xerosoles, Luvisoles, Fluvisoles y Regosoles calcáricos, en función del material litológico, la posición topográfica y el régimen de humedad.

Son el resultado de un proceso de evolución largo, frágiles y que se conservan porque en general se encuentran en zonas poco accesibles, aunque a veces están en topografías suaves y altiplanos. Como se trata de suelos fértiles pueden estar dedicadas a cultivo, en función del espesor del suelo y la pedregosidad, lo que ha provocado en ocasiones erosión, pero es más frecuente bajo vegetación natural de chaparrales, pastizales, espartales y, en ocasiones, pinares.

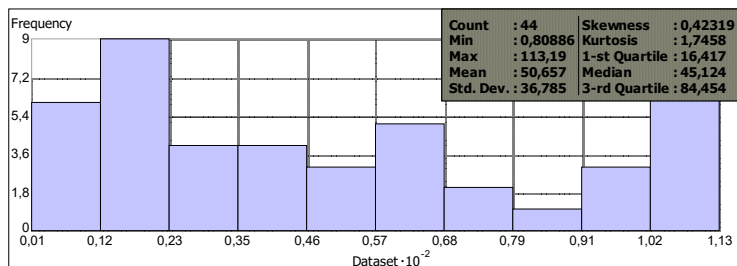
➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE RENDSINAS

| UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE RENDSINAS | | | Nº MUESTRAS |
|---------------------------------------|--|--------------------------|-------------|
| Rendsinas áridicas en asociación con: | | Litosoles | 17 |
| | | Xerosoles cálcicos | |
| Rendsinas órticas | Rendsinas órticas como unidad taxonómica independiente | | 6 |
| | Rendsinas órticas en asociación con: | Cambisoles cálcicos | 21 |
| | | Cambisoles petrocálcicos | |
| | | Litosoles | |

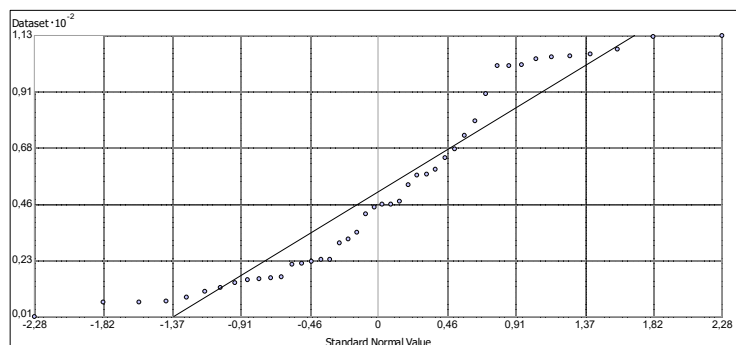
| RENDINAS | | | | |
|--------------------|-------------|----------------|--------------|--------------|
| TIPO DE RENDSINA | Nº MUESTRAS | NIVEL DE FONDO | NIVEL MÍNIMO | NIVEL MÁXIMO |
| | | (tC/ha) | | |
| Rendsinas | 44 | 45,124 | 0,809 | 113,19 |
| Rendsinas áridicas | 17 | 16,069 | 0,809 | 105,2 |
| Rendsinas órticas | 27 | 57,769 | 14,491 | 113,19 |



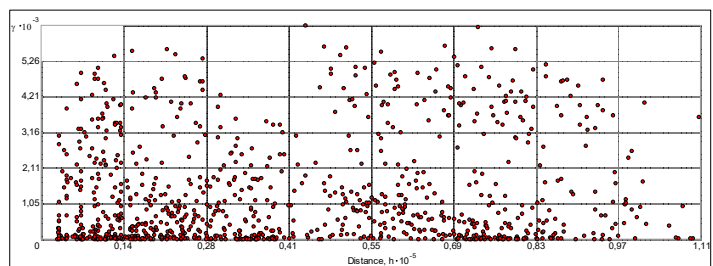
Histogram



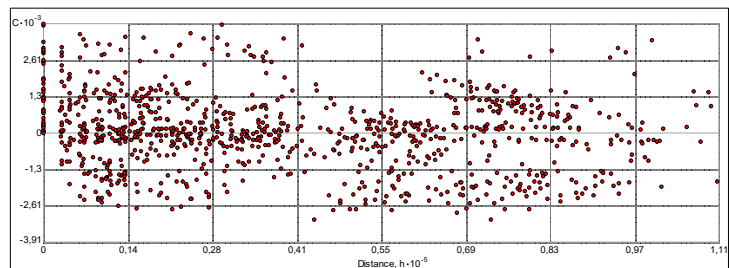
Normal QQPlot



Semivariogram



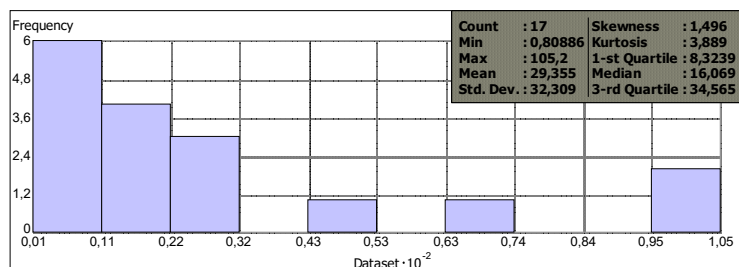
Covariance Cloud



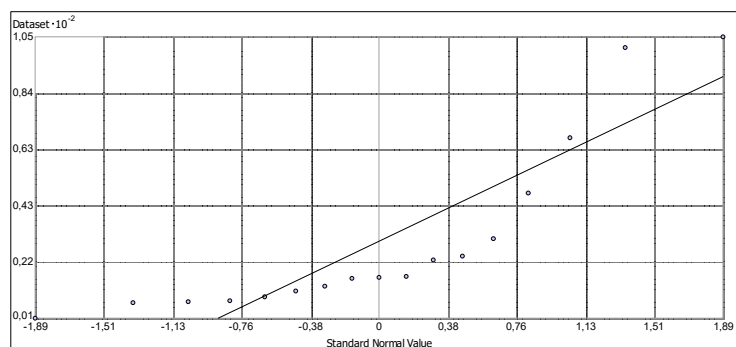


- Rendsinas áridicas

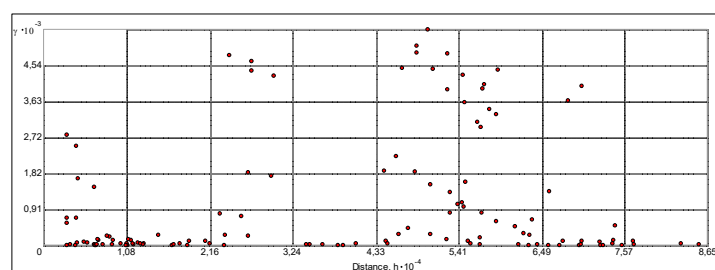
Histogram



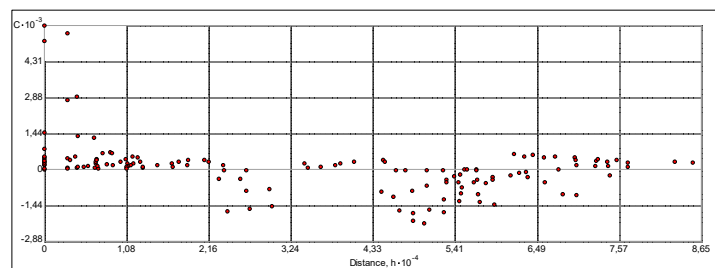
Normal QQPlot



Semivariogram



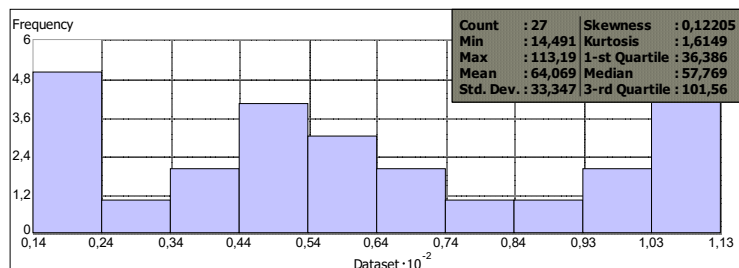
Covariance Cloud



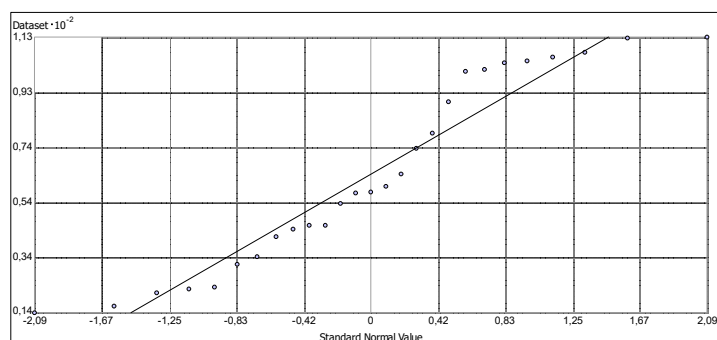


- Rendsinas órticas

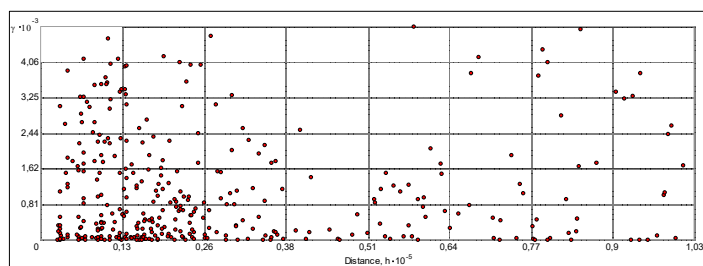
Histogram



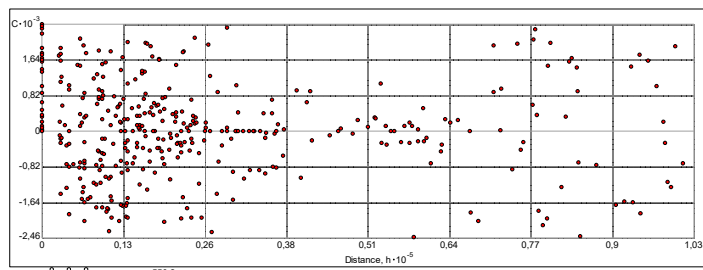
Normal QQPlot



Semivariogram



Covariance Cloud





4.7 KASTANOSEMS

Son suelos ricos en materia orgánica, con horizonte A móllico, con un chroma en estado húmedo mayor de 2 hasta una profundidad de al menos 15 cm y con un horizonte cálcico o gípsico o caliza blanda pulverulenta blanda dentro de los 125 cm de la superficie, sin que posean las características diagnósticas que son propias de otras unidades taxonómicas.

Están escasamente representados; en general intervienen como inclusión, generalmente. Son suelos de alta calidad por sus propiedades físicas y químicas.

Se suelen encontrar bajo vegetación natural y en menor número cultivados, aunque presentan excelentes condiciones para ello.

Corresponden a suelos con la misma denominación en la Clasificación FAO-UNESCO 1988.

➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE KASTANOSEMS

En las muestras georreferenciadas a las que hemos tenido acceso, hay pocas muestras que caigan sobre este tipo de suelos. Presentan el mayor contenido en carbono, asignándole un valor de fondo de 121 cuando aparece sin asociación. Cuando aparece como inclusión, asignándoles a dicho suelo el nivel de fondo del suelo 1 o la media del suelo 1 y 2 cuando aparece como asociación.

4.8 PHAEOSEMS

Suelos con horizonte A móllico que carecen de horizonte cálcico o gípsico y de caliza blanda pulverulenta dentro de 125 cm de la superficie y de las características diagnósticas propias de otras unidades taxonómicas. Son muy escasos, se encuentran muy localizados y en asociación, por ejemplo con Litosoles, sobre rocas volcánicas. Son excelentes sus propiedades físicas y químicas. Corresponden con suelos de igual denominación en la Clasificación FAO-UNESCO 1988.

➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE PHAEOSEMS

| PHAENOSEMS HÁPLICOS | | | |
|---------------------|----------------|--------------|--------------|
| Nº MUESTRAS | NIVEL DE FONDO | NIVEL MÍNIMO | NIVEL MÁXIMO |
| | (tC/ha) | | |
| 1 | 113,21 | - | - |

4.9 LUVISOLES

Son suelos que presentan un horizonte A ócrico y un horizonte B argílico con grado de saturación mayor del 50% al menos en su parte inferior. Con frecuencia existe debajo de éste un horizonte cálcico, por lo que se trata de Luvisoles cálcicos. Se presentan en un régimen de humedad más húmedo que arídico, xérico, como en Sierra Espuña y Carrascoy o bien en el Campo de Cartagena (figura 5.20), tratándose de suelos formados en una climatología diferente del actual; son paleosuelos.



➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE LUVISOLES

Este tipo de suelo aparece cartografiado en el mapa de suelos únicamente como inclusiones, asignándoles a dicho suelo el nivel de fondo del suelo 1 o la media del suelo 1 y 2 cuando aparece como asociación.

| SUELO 1 | N. FONDO SUELO 1 | SUELO 2 | N. FONDO SUELO 1 | N. FONDO (Media) | INCLUSIÓN 1 | INCLUSIÓN 2 |
|-----------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|--------------------|--------------------|
| Litsoles | 13,519 | | 0 | 13,519 | Luvisoles cálcicos | Rendsinas órticas |
| Litsoles | 13,519 | | 0 | 13,519 | Luvisoles cálcicos | Rendsinas órticas |
| Litsoles | 13,519 | | 0 | 13,519 | Luvisoles cálcicos | Rendsinas órticas |
| Regosoles litosólicos | 25,751 | Xerosoles cálcicos | 21,187 | 23,469 | Litsoles | Luvisoles cálcicos |

Únicamente dos muestras caen sobre esta inclusión:

| MUESTRA | tC/ha | SUELO 1 | N. FONDO SUELO 1 | SUELO 2 | N. FONDO SUELO 1 | N. FONDO (Media) | INCLUSIÓN 1 | INCLUSIÓN 1 |
|-----------|----------|----------|------------------|---------|------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| 932/CO-14 | 8,87945 | Litsoles | 13,519 | | 0 | 13,519 | Luvisoles cálcicos | Rendsinas órticas |
| 932/C0-36 | 15,69958 | | | | | | | |



4.10 SOLONCHAKS

La característica esencial es su alta salinidad, con una conductividad del extracto de saturación mayor de 15 dS/m a 25 °C, frecuentemente desarrollados sobre materiales de margas miocenas o pliocenas con abundancia en sales más solubles que el yeso y afloramientos del Keuper. En su formación es importante el papel de la topografía, puesto que aparecen en zonas llanas o deprimidas donde se acumulan las sales.

Ocupan zonas poco extensas como inclusiones con Xerosoles gípsicos, Regosoles o Litosoles.

➤ ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL CONTENIDO EN CARBONO DE LAS UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SOLONCHAKS

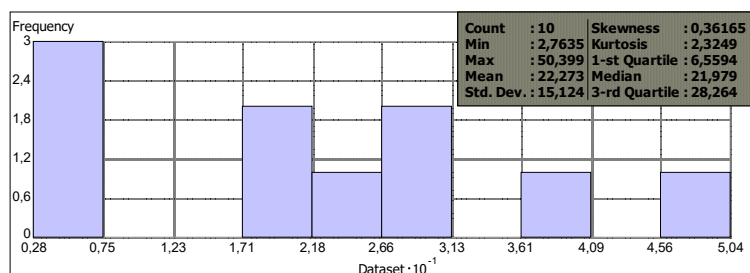
| UNIDADES CARTOGRÁFICAS DE SOLONCHAKS | | | Nº MUESTRAS |
|--------------------------------------|---|-----------------------|-------------|
| Solonchaks gléicos | Solonchaks gléicos como unidad taxonómica independiente | | 1 |
| | Solonchaks gléicos en asociación con: | Arenosoles lbicos | 3 |
| | | Xerosoles cálcicos | |
| | | Solonchaks órticos | |
| Solonchaks órticos | Solonchaks órticos como unidad taxonómica independiente | | 3 |
| | Solonchaks órticos en asociación con: | Solonchaks gléicos | 4 |
| | | Fluvisoles calcáricos | |

| SOLONCHAKS | | | | |
|--------------------|-------------|----------------|--------------|--------------|
| TIPO DE SOLONCAKS | Nº MUESTRAS | NIVEL DE FONDO | NIVEL MÍNIMO | NIVEL MÁXIMO |
| | | (tC/ha) | | |
| Solonchaks | 10 | 21,979 | 2,764 | 50,399 |
| Solonchaks gléicos | 4 | 5,9466 | 2,764 | 28,264 |
| Solonchaks órticos | 7 | 24,39 | 6,559 | 50,399 |

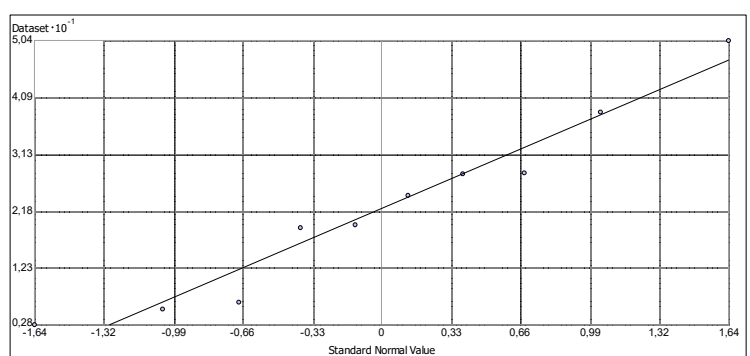
No hay muestras que caigan sobre Solonchaks litosólicos, pero como siempre cae asociado con Litosoles se les asigna el valor de fondo de éstos,



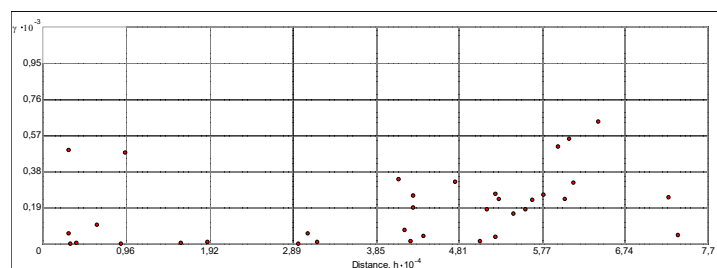
Histogram



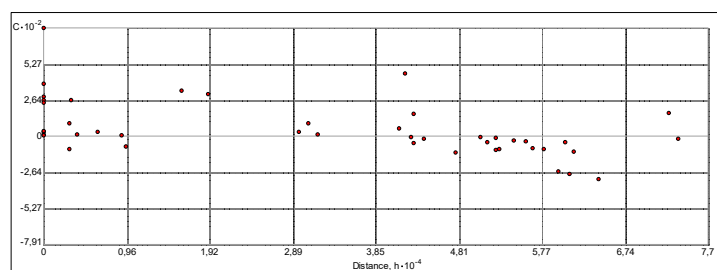
Normal QQPlot



Semivariogram



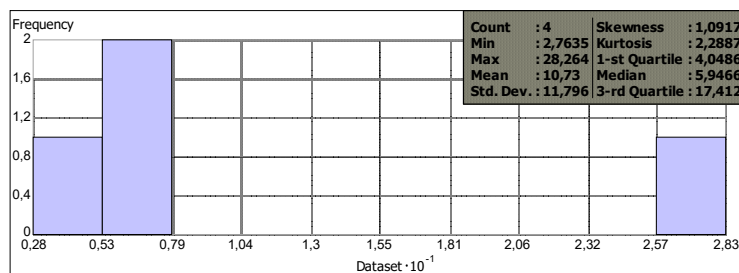
Covariance Cloud



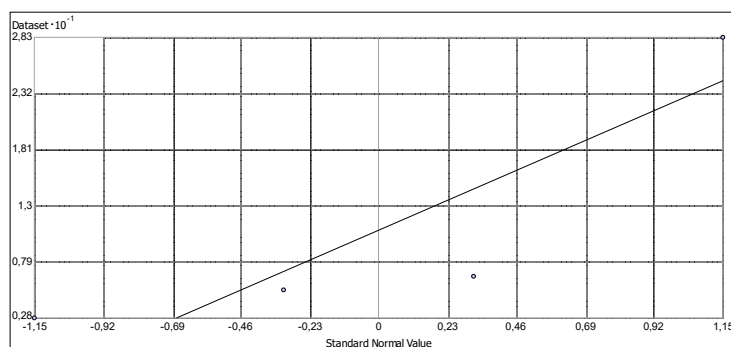


- Solonchaks gléicos

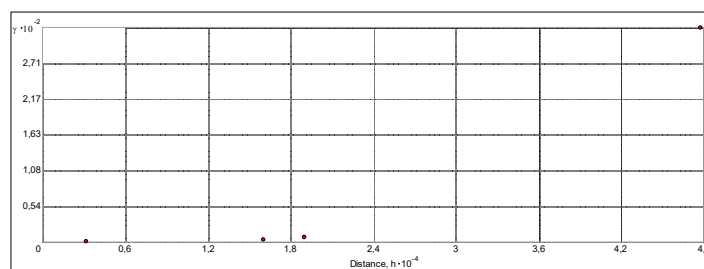
Histogram



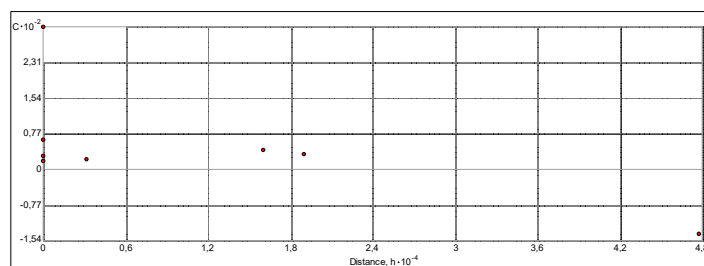
Normal QQPlot



Semivariogram



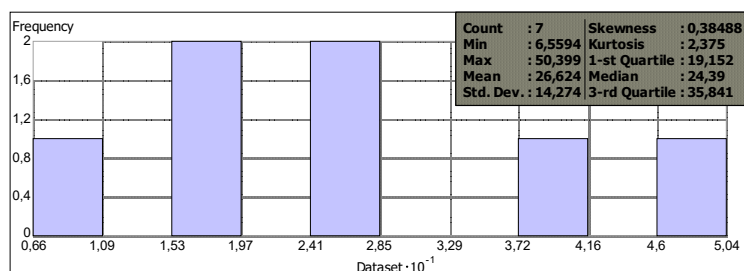
Covariance Cloud



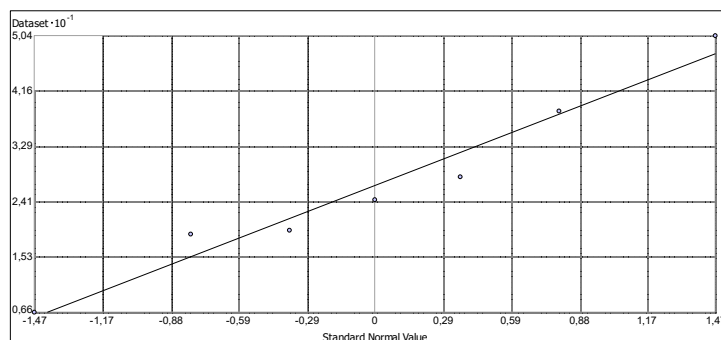


- Solonchaks órticos

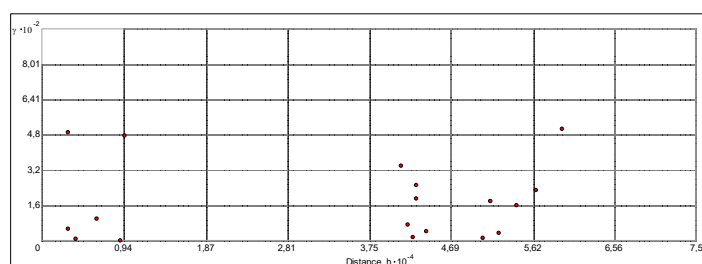
Histogram



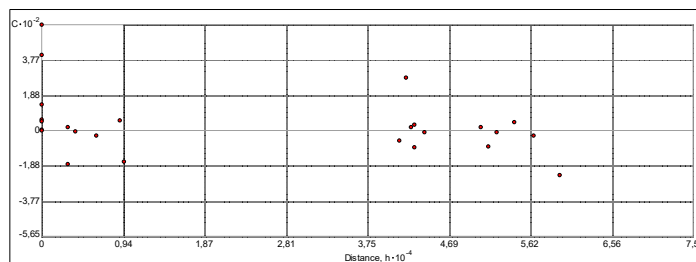
Normal QQPlot



Semivariogram



Covariance Cloud



4.11. GLEISOLES CALCÁRICOS

Solamente aparece una pequeñísima mancha en el mapa de suelo como Asociación de Gleysoles calcáricos (SUELO 1) y Solonchaks gleicos. (SUELO 2) se le asigna el valor de fondo de los Solonchaks gleicos: 5,9466

4.12. VERTISOLES CRÓMICOS

Solamente aparece una pequeñísima mancha en el mapa de suelo como Vertisoles crómicos (SUELO 1) con inclusiones de Cambisoles cálcicos, quedaría en blanco en el mapa al igual que los embalses, zonas mineras, militares y urbanas, o se le podría asignar el valor de fondo de los cambisoles cálcicos

5. CARACTERÍSTICAS ANALÍTICAS RELACIONADAS CON EL CONTENIDO EN CARBONO ORGÁNICO

5.1 MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica del suelo está compuesta por materiales orgánicos frescos de origen vegetal y/o animal (restos de raíces, hojas, excrementos), organismos vivos (bacterias, hongos, lombrices y demás fauna edáfica) y humus o materia orgánica más evolucionada, propia del suelo, resultante de las reacciones de tipo bioquímico, de síntesis o neoformación.

Las funciones del suelo están directamente relacionadas con la cantidad y la calidad de la materia orgánica que contiene. Influye en las propiedades físicas (estructura, capacidad de retención de agua, porosidad, etc.), químicas (intercambio iónico, capacidad tampón...) y biológicas (fuente de nutrientes, reserva metabólica, etc.), mejora la capacidad de los suelos para soportar la producción de alimentos y biomasa, influye en el cambio global con el secuestro de carbono, entre otros (Porta et al., 2003).



Los contenidos en materia orgánica en suelos de Europa son muy variables. En capa arable, expresado en % de carbono orgánico, se presentan unos niveles medios de 2.48%, con una mediana de 1.73% y un máximo de 46%.

En general, el contenido en materia orgánica en la Región de Murcia es bajo, pero se trata de materia bien humificada e incorporada al suelo, con un humus mull calizo fundamentalmente.

Los suelos que presentan un mayor contenido son aquellos que tienen un horizonte A móllico, como son las Rendsinas, Cambisoles y Kastanosems, ocasionalmente Phaeozems, que coinciden con zonas de edafoclima más húmedo, xérico o ústico, zonas topográficas altas, en umbría, o cañadas, generalmente con vegetación natural o en zonas de cultivo recientes (Martínez Sánchez y Pérez Sirvent, 2007).

6. NIVEL DE FONDO DE CARBONO DE LOS SUELOS DE REFERENCIA DE LA REGIÓN DE MURCIA

Como se ha descrito en la metodología los niveles de fondo han sido calculados/ estimados por el valor de la mediana de las muestras localizadas en cada tipo de suelo. Para aquellas zonas en las que existe una asociación de suelos, el nivel de fondo de carbono se ha calculado/estimado como la media de los niveles de fondo de los distintos suelos que participan en la misma.

En la tabla siguiente se resumen los niveles de fondo de carbono de los suelos de referencia de las diferentes unidades cartográficas, expresados en tC/ha y en tCO₂/ha. Los mayores contenidos se dan en Kastanosems, seguidos de Phaeosems y Rendsinas. Los que menos contenido tienen son los Regosoles, Litosoles y Arenosoles. El resto son intermedios

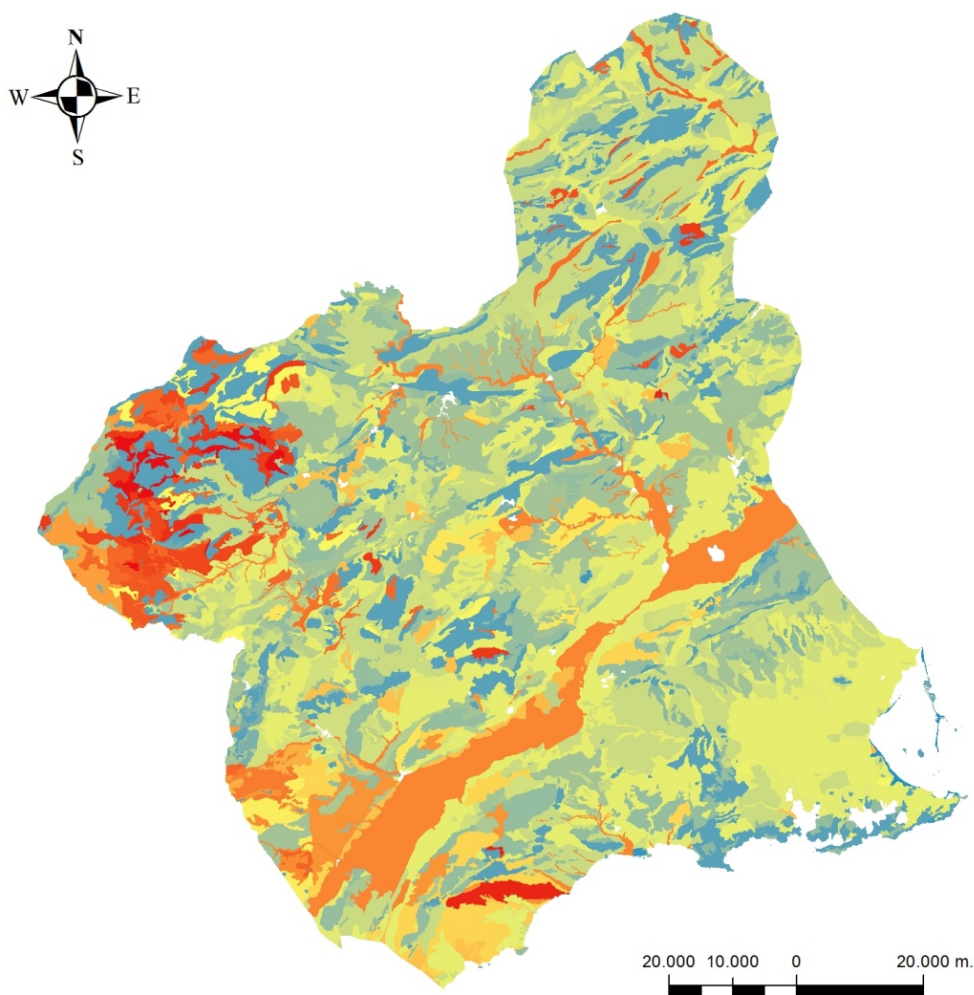


- Contenido de carbono orgánico en suelos y su aplicación para compensaciones en aplicación de la Ley 21/2013, de 9 de diciembre por impacto sobre el cambio climático, en la siguiente tabla:

| REGIÓN DE MURCIA | | |
|------------------------------|----------------|------------------------|
| SUELOS | NIVEL DE FONDO | |
| | (tC/ha) | (tCO ₂ /ha) |
| Arenosoles ibicos | 5,33 | 19,561 |
| Cambisoles | 32,06 | 117,660 |
| Cambisoles cálcicos | 31,75 | 116,523 |
| Cambisoles eútrico | 17,27 | 63,381 |
| Cambisoles petrocalcicos | 36,728 | 134,792 |
| Fluvisoles calcáricos | 26,67 | 97,879 |
| Gleisoles calcáricos | | |
| Kastanosems cálcicos | 121,12 | 444,508 |
| Litosoles | 13,519 | 49,615 |
| Regosol | 21,804 | 80,021 |
| Regosol calcárico | 19,536 | 71,697 |
| Regosol eútrico | 32,127 | 117,906 |
| Regosol litorródico | 55,383 | 203,256 |
| Regosol litosólico | 25,751 | 94,506 |
| Rendsinas | 45,124 | 165,605 |
| Rendsinas áridicas | 16,069 | 58,973 |
| Rendsinas órticas | 57,769 | 212,012 |
| Solonchaks | 21,979 | 80,663 |
| Solonchaks gléicos | 5,9466 | 21,824 |
| Solonchaks órticos | 24,39 | 89,511 |
| Solonchaks litosólicos | | |
| Vertisoles crómicos | | |
| Xerosoles | 20,804 | 76,351 |
| Xerosoles cálcicos | 21,187 | 77,756 |
| Xerosoles gípsicos | 19,882 | 72,967 |
| Xerosoles lúvicos | 21,31 | 78,208 |
| Xerosoles petrocálcicos | 20,36 | 74,721 |
| Phaenosems háplicos | 113,21 | 415,479 |

- En la figura 2 aparece el modelo de distribución espacial de tC/ha de la Región de Murcia. Este modelo en digital, e interactivo, constituye el anexo I y II, en el que, a nivel puntual se pueden observar los valores de

carbono del polígono cartográfico al que corresponden los suelos de referencia SOC_{ST}.



NIVEL DE FONDO: SOCST (t C/ha)

| | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 5,6383 | 16,7005 | 20,36 | 23,103 | 25,751 | 36,728 |
| 5,9466 | 16,9395 | 20,3615 | 23,276 | 25,8315 | 44,7595 |
| 9,6335 | 17,353 | 20,5345 | 23,469 | 26,67 | 47,2485 |
| 9,7328 | 18,628 | 20,7735 | 23,515 | 28,939 | 55,383 |
| 13,519 | 19,536 | 21,187 | 23,9285 | 29,21 | 57,769 |
| 14,794 | 19,635 | 21,2485 | 24,39 | 31,75 | |
| 15,1683 | 19,709 | 21,31 | 24,6985 | 32,127 | |
| 16,069 | 19,882 | 22,6345 | 25,53 | 34,239 | |
| 16,5275 | 19,948 | 22,6435 | 25,643 | 35,644 | |

FIGURA 2. SOC_{ST}. Niveles de Fondo ((tC/ha)) según tipos de suelos en la Región de Murcia.

7. GUIA PRACTICA PARA LA APLICACIÓN DE LAS DIRECTRICES PARA CALCULAR LAS RESERVAS DE CARBONO EN SUELOS MINERALES A EFECTOS DEL ANEXO V DE LA DIRECTIVA 2009/28/CE,

Se ha diseñado una **Tabla Excel (Anexo III)**, en la que de forma sencilla, y una vez conocidos:

- el contenido de carbono orgánico en la capa de humus del suelo (SOC_{ST}), y
- la superficie en hectáreas del proyecto de referencia.

se pueden conocer las toneladas de Carbono en suelo mineral (SOC) afectadas por dicho proyecto, en función de los distintos factores que participan en la fórmula de referencia recogida las Directrices que dan nombre a este enunciado:

$$SOC = SOC_{ST} \times F_{LU} \times FMG \times FI$$

siendo:

SOC = el carbono orgánico en suelo (medido como masa de carbono por hectárea);

SOC_{ST} = el carbono orgánico en suelo de referencia en la capa de humus de 0 a 30 centímetros (medido como masa de carbono por hectárea);

F_{LU} = el factor de uso del suelo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con el tipo de uso del suelo en comparación con el carbono orgánico en suelo de referencia;

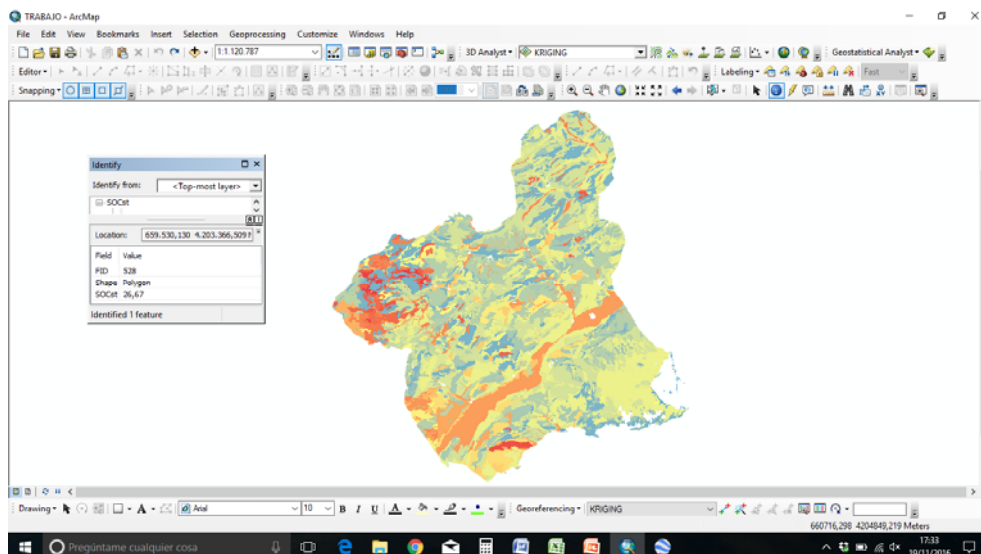
F_{MG} = el factor de las técnicas de cultivo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con la práctica de cultivo de principio en comparación con el carbono orgánico en suelo de referencia;

FI = el factor de insumo que refleja la diferencia del carbono orgánico en suelo asociado con varios niveles de insumo de carbono en suelo en comparación con el carbono orgánico en suelo de referencia.

INTRUCCIONES PARA EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE DATOS:

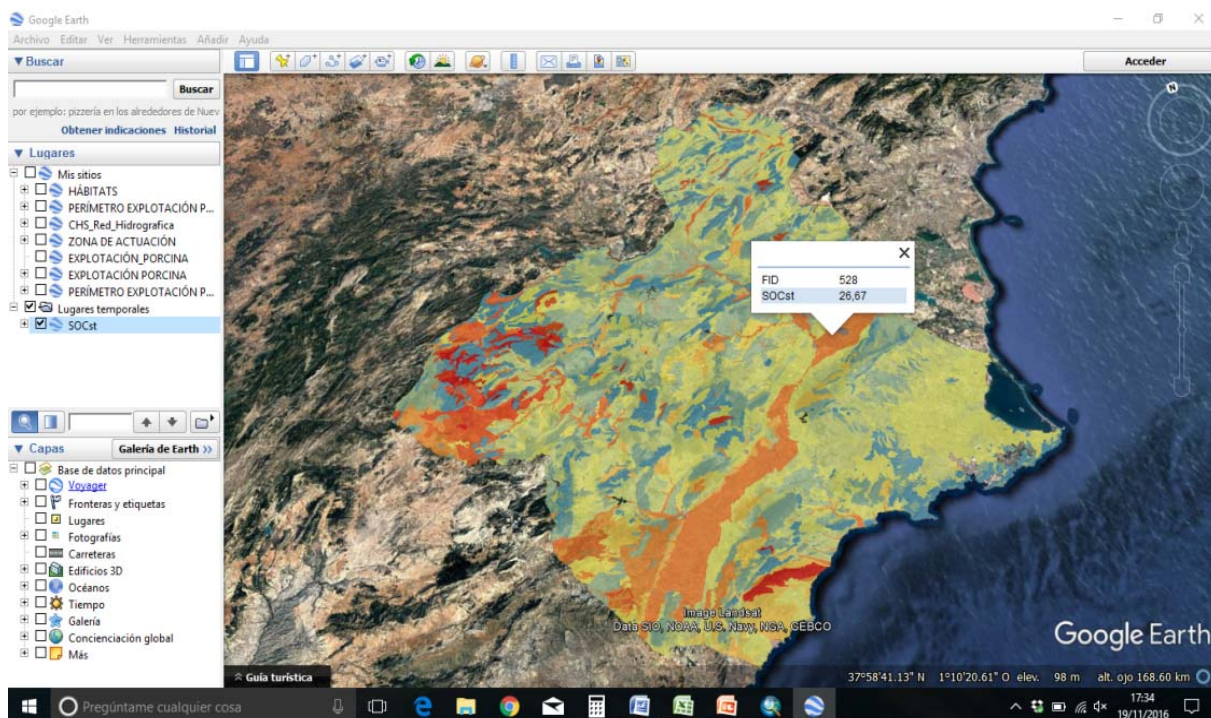
- **Paso 1.** Consultar el contenido de carbono orgánico en la capa de humus del suelo (SOC_{ST}), a través de **Anexo I** y **II**, que se puede realizar abriendo el documento mediante:

- 1) ArcMap utilizando la capa shapefile: SOC_{st} (**Anexo I**),



- o bien abrir a través de:

- 2) Google Earth utilizando la capa kmz: SOC_{st} (**Anexo II**)

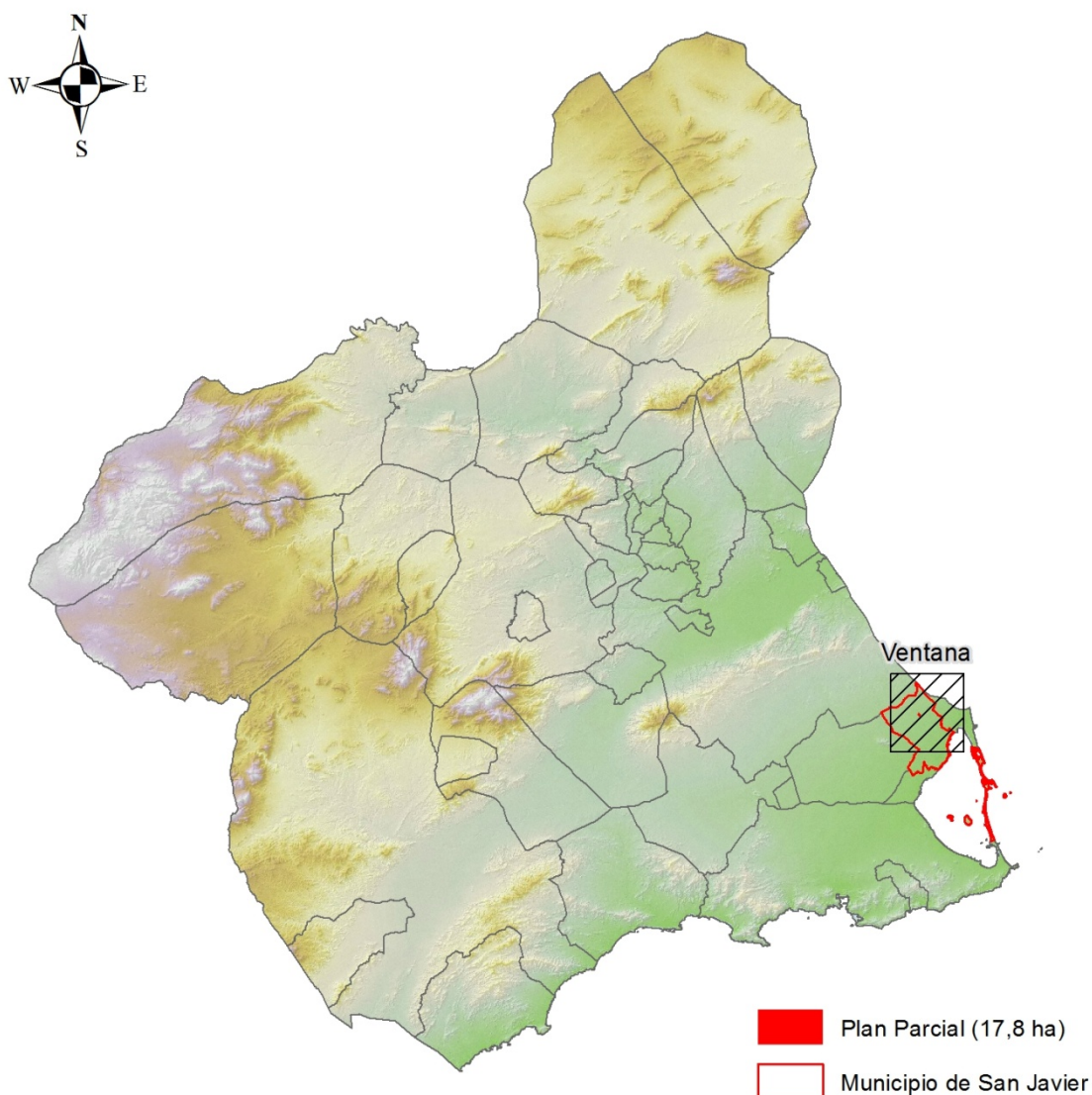


- Paso 2.** Abrir el archivo Excel “*Tabla para aplicar Directrices*” (Anexo III) e introducir el valor de SOC_{st} en abscisas y de hectáreas afectadas por el proyecto en ordenadas, para obtener finalmente las Toneladas de Carbono existente en dicha superficie.

The screenshot shows the Excel spreadsheet titled "TABLA PARA APLICAR DIRECTRICES". The spreadsheet is divided into several sections. The top section is a header for the input data, with a red oval highlighting the input fields: "NIVEL DE FONDO: SOC_{st} t C/ha (Ver en plano en ArcMap o google earth)" and "Superficie afectada por el proyecto de referencia en hectáreas (ha)". A red arrow points from this section to a larger table below. The table has columns for "USO DEL SUELO (F_{us})", "CUBIERTA (F_{cu})", "MANEJO (F_m)", "F_{us}", "F_{cu}", "F_m", "Carbono orgánico en el suelo (t C/ha)", and "Toneladas de Carbono en la superficie afectada". The table is filled with data for various land use and management scenarios. A yellow oval highlights the "Carbono orgánico en el suelo" column, and a yellow cloud contains the text "Valor final a consultar en función del uso del suelo, gestión e insumos del mismo". A blue arrow points from the cloud to the input fields. A red oval at the bottom highlights the input fields again, with a red arrow pointing from the top input fields to it.

8. EJEMPLO PRÁCTICO:

Desarrollo urbanístico (Plan Parcial) en un terreno agrícola localizado en el municipio de San Javier, con una extensión de 17,8 ha y ubicado sobre Xerosoles Cálcidos; suelo de referencia al que le correspondería un valor SOC_{ST} de 21,187 tC/ha.



Ubicación de la actuación en la Región de Murcia y municipio de San Javier

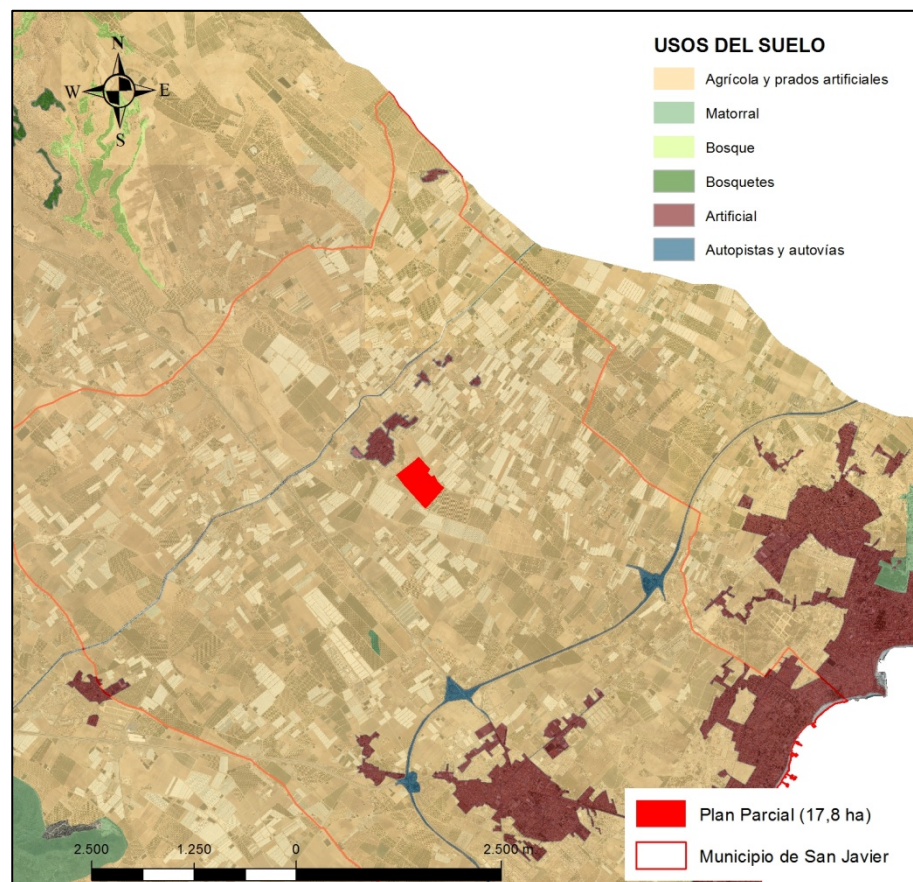


Región de Murcia

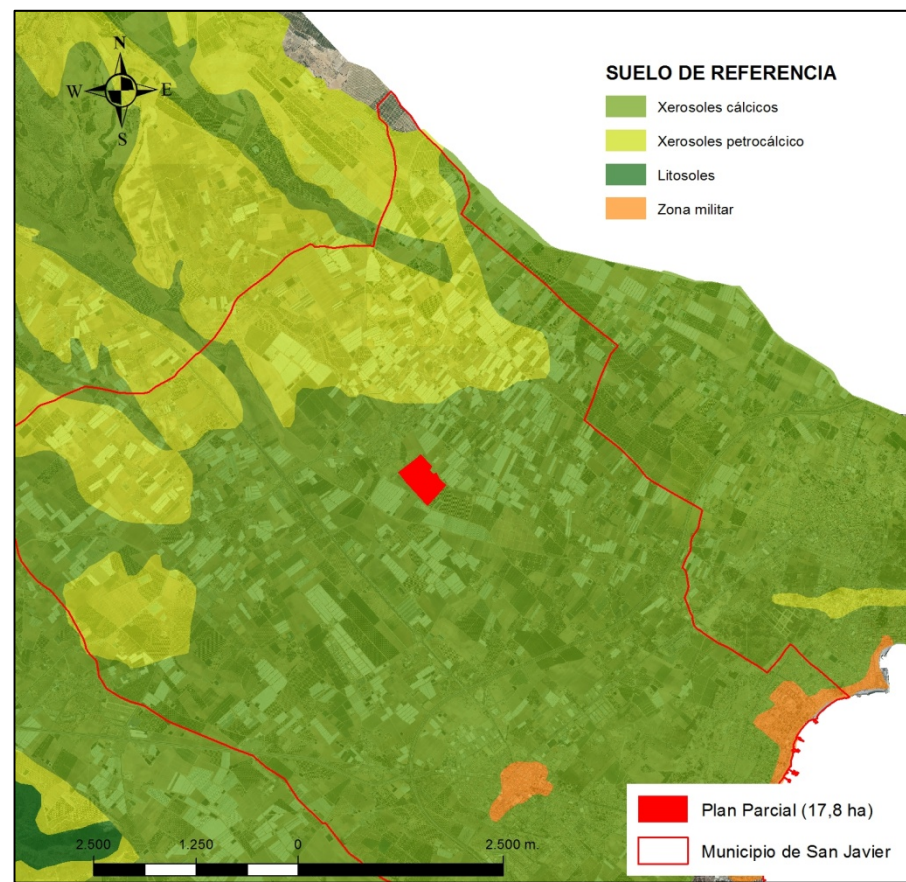
Consejería de Agua, Agricultura y Medio Ambiente

Oficina de Impulso Socioeconómico del Medio Ambiente

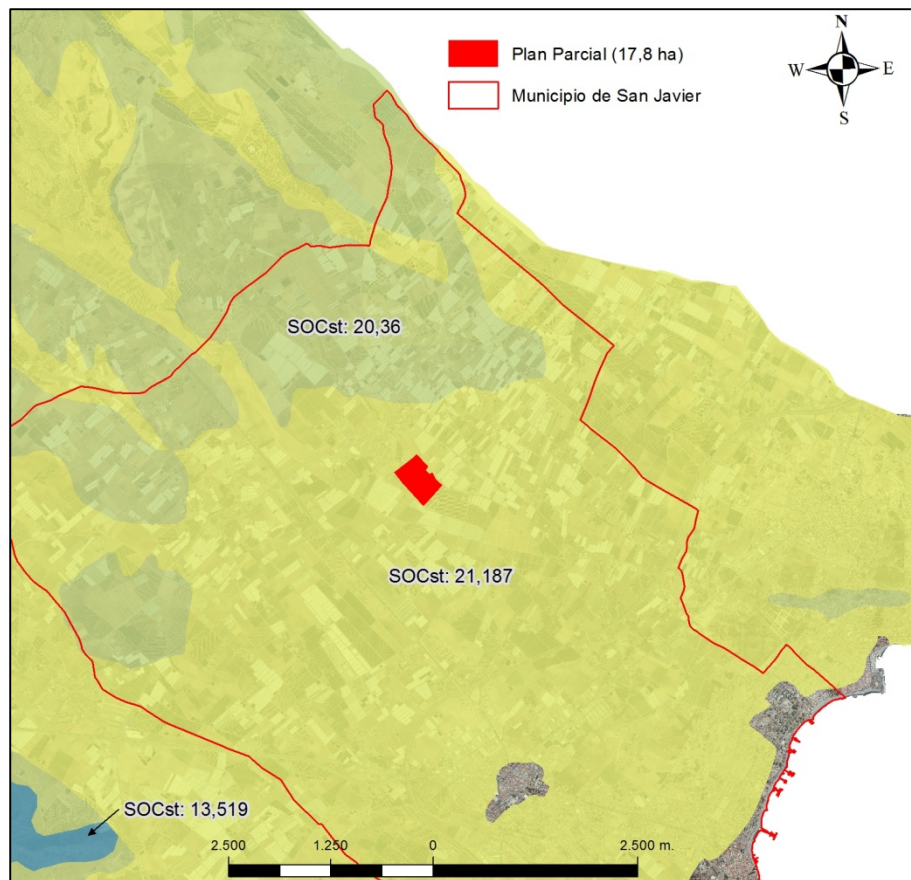
INFORME SOBRE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL CONTENIDO EN CARBONO ORGANICO EN SUELOS DE LA REGIÓN DE MURCIA, Y SU APLICACIÓN A LA COMPENSACIÓN DE EMISIONES



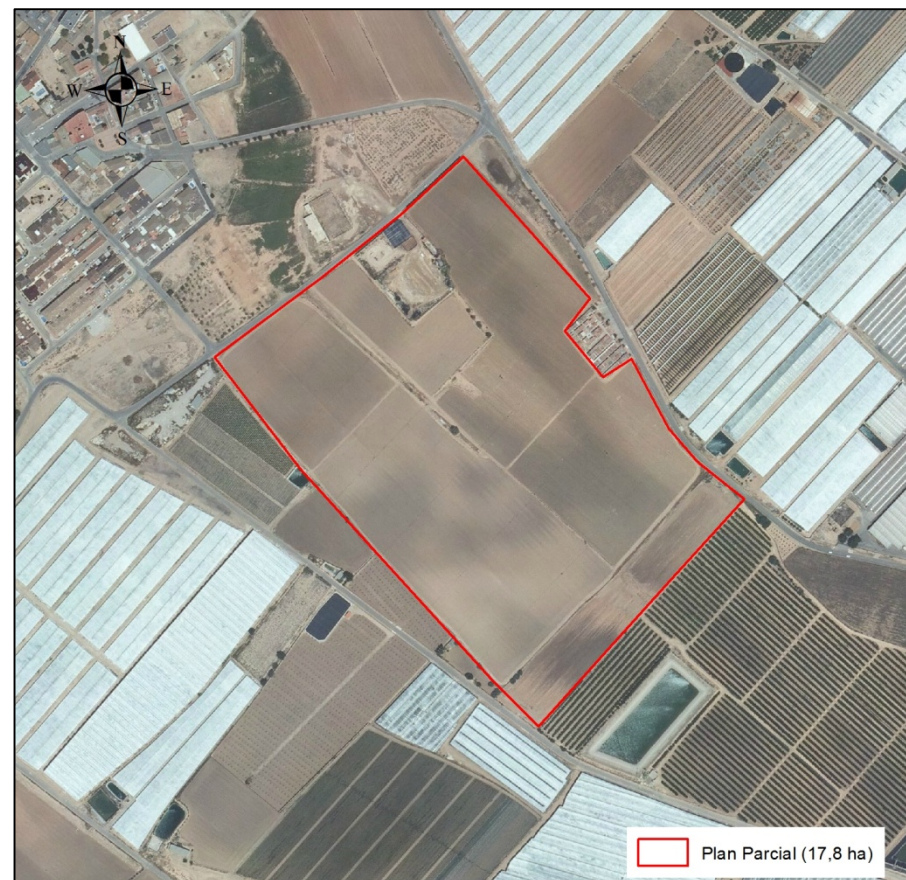
Detalle de Ventana. Usos del suelo según el Mapa Forestal de España. Escala 1:50.000 del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.



Detalle de Ventana. Suelos de referencia, según Cartografía con asociaciones de suelos de la Región de Murcia a escala 1:100.000



Detalle de Ventana. Nivel de fondo de Carbono (SOC_{ST}) en tC/ha.



Detalle de parcela sobre ortofotografía del PNOA



Finalmente en función del tipo de labranza e insumos (adicción de estiércol, fertilizantes...) al que esté sometido el terreno agrícola en el que se pretende desarrollar la actuación urbanística, se obtienen las siguientes TC/ha:

| INTRODUCIR VALOR | |
|---|--------|
| NIVEL DE FONDO: SOC_{ST} t C/ha (Ver en plano en ArcMap o google Earth) | 21,187 |
| Superficie afectada por el proyecto de referencia en hectáreas (ha) | 17,8 |

| USOS DEL SUELO (F_{LU}) | GESTIÓN (F_{MG}) | INSUMOS (F_I) | (F_{LU}) | (F_{MG}) | (F_I) | Carbono orgánico en suelos minerales (SOC) (tC/ha) | Toneladas de Carbono existente en superficie afectada |
|-----------------------------|----------------------|---------------------|--------------|--------------|-----------|--|---|
| Cultivado | Labranza completa | Bajos | 0,8 | 1 | 0,95 | 20,27 | 286,62 |
| | | Medios | 0,8 | 1 | 1 | 21,34 | 301,70 |
| | | Altos con estiércol | 0,8 | 1 | 1,37 | 29,23 | 413,33 |
| | | Altos sin estiércol | 0,8 | 1 | 1,04 | 22,19 | 313,77 |
| | Labranza reducida | Bajos | 0,8 | 1,02 | 0,95 | 20,67 | 292,35 |
| | | Medios | 0,8 | 1,02 | 1 | 21,76 | 307,74 |
| | | Altos con estiércol | 0,8 | 1,02 | 1,37 | 29,81 | 421,60 |
| | | Altos sin estiércol | 0,8 | 1,02 | 1,04 | 22,63 | 320,05 |
| | Sin labranza | Bajos | 0,8 | 1,1 | 0,95 | 22,30 | 315,28 |
| | | Medios | 0,8 | 1,1 | 1 | 23,47 | 331,87 |
| | | Altos con estiércol | 0,8 | 1,1 | 1,37 | 32,15 | 454,67 |
| | | Altos sin estiércol | 0,8 | 1,1 | 1,04 | 24,41 | 345,15 |



9. BIBLIOGRAFIA

Mapa digital de suelos de la Región de Murcia Alias. L.J., Martínez Sánchez, M.J. et al 1999. Ed: Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. Murcia: España ISBN: 84-605-9734-2

Niveles de fondo y niveles referencia de metales pesados en suelos de la Región de Murcia. Martínez-Sánchez, M. J., Pérez-Sirvent, C., et al.. 2007. Ed. Universidad de Murcia y Consejería de Desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio, CARM. Murcia. 306 pp.