

EL EUCALIPTO Y LOS SUELOS BAJO CLIMA MEDITERRÁNEO

Juan M. Domingo-Santos

Departamento de Ciencias Agroforestales. Universidad de Huelva.
Campus de La Rábida 21189 Palos de la Frontera. (Huelva)
e-mail: juan.domingo@uhu.es

Boletín del CIDEU 8-9: 15-30 (2010)
ISSN 1885-5237

Resumen

El presente trabajo hace un recorrido sobre los efectos negativos que se atribuyen a las plantaciones forestales de eucalipto sobre los suelos. Se tratan en su mayor parte de creencias sin fundamento científico que han enraizado en la opinión pública, como reacción a la rápida extensión de estas plantaciones por el suroeste de la Península Ibérica, durante los años 1950 a 1980. Se revisan brevemente los principales efectos de la actividad humana descritos para los suelos y, sobre esta base, se observan los resultados obtenidos por otros autores y por el equipo investigador al que pertenece el autor. La selvicultura y explotación del eucalipto no produce incrementos en la erosión hídrica, con respecto a otras cubiertas forestales mediterráneas, siempre que las operaciones de preparación del terreno se realicen de forma correcta, en función de la pendiente y con respeto de las cubiertas naturales en las líneas de flujo principales. El eucalipto no provoca incrementos apreciables en la acidez de los suelos; puede producir ligeras extracciones netas de algunos minerales como Ca y Mg en suelos muy deficitarios, que deberán ser compensadas con una ligera fertilización artificial. El eucalipto no erradica en absoluto la actividad biológica del suelo; estas plantaciones presentan sotobosques de composición variable según múltiples factores y una elevada riqueza y actividad microbiana. Las plantaciones de eucalipto satisfacen en general los criterios y principios de los sistemas de certificación de la gestión forestal sostenible en lo relativo a la conservación de los suelos, siempre que se tenga en cuenta que se trata de sistemas intervenidos, relativamente intensivos y con un objetivo principal productor de madera, por lo que no pueden equipararse a los bosques naturales.

Palabras clave: impacto ambiental; suelo; *Eucalyptus*; plantaciones forestales; gestión forestal sostenible; certificación forestal.

Summary

EUCALYPTUS STANDS AND THE MEDITERRANEAN CLIMATE SOILS

This paper deals with the negative effects attributed to the *Eucalyptus* plantations on soils. The quick expansion of these plantations in the southwest of the Iberian Peninsula, during the years 1950 to 1980, produced a strong reaction of conservationist groups and biased public opinion against this tree. We make a brief review on the main threats to the soil caused by human activity, and, on this basis, we revise the existing contributions regarding soil impact by eucalyptuses, as long as the results of the author's research team. *Eucalyptus* forests and its logging produce no increases in erosion, with respect to other Mediterranean forest cover, provided the correct execution of the soil conservation practices (terraces, contour lines, etc., depending on the steepness), as well as the maintenance of the natural cover at the main flow lines. Eucalypts do not cause significant increases in acidity of the soil; it may cause slight net withdrawals of some minerals such as Ca and Mg in highly deficient soils, which must be offset by a slight artificial fertilization. Eucalypts do not disrupt the biological activity in the soil; the understories of these plantations may have varying composition in species, depending on multiple factors; they also have a high microbial activity. The *Eucalyptus* plantations generally meet the criteria and principles of the certification schemes for sustainable forest management regarding soil conservation; we must take into account that they are artificial systems, oriented to wood yield, thus they are not comparable to natural forests.

Key words: Soil impact; *Eucalyptus* stands; intensive forest management; SFM certification.

1. EL SUELO Y LOS USOS FORESTALES

La renovación del recurso suelo es lenta por lo que a escala humana se le da una consideración de recurso no renovable (p.e., Powers *et al.* 1998), cuando se pierde o se destruye; sin embargo, el uso adecuado del suelo como medio de cultivo no implica ni su pérdida ni su destrucción, sino una serie de procesos dinámicos que el hombre trata de conocer cada vez mejor.

El suelo desarrolla un conjunto de funciones entre las que se pueden citar:

- base física para la sujeción de la vegetación;
- almacenaje e intercambio de agua y gases con la atmósfera, la vegetación y las corrientes de agua superficiales o subterráneas;
- almacén de carbono orgánico;
- almacén de nutrientes;
- hábitat de seres vivos.

Para desarrollar estas funciones el suelo precisa poseer cualidades o capacidades de desarrollar procesos (véase Tabla 1) que pueden verse mermadas o modificadas por el manejo inadecuado.

Tabla 1: Funciones del suelo y cualidades edáficas necesarias para su mantenimiento funcional (adaptado de Burger y Kelting, 1999)

Cualidades	Estimular el crecimiento radicular	Absorber, retener y suministrar agua	Almacenar y suministrar minerales del ciclo de nutrientes	Promover un adecuado intercambio de gases	Promover actividad biológica	Incorporar, retener y liberar carbono
Funciones						
Productividad forestal y agrícola	√	√	√	√	√	√
Regulación del ciclo hidrológico		√				
Regulación del ciclo del carbono	√			√	√	√
Eliminación biológica de desechos		√	√	√	√	√

El suelo es además el soporte básico de actividades e infraestructuras humanas, como edificaciones y carreteras, con las que puede interactuar.

La pérdida o degradación del recurso suelo puede acarrear problemas entre los que se deben enumerar:

- pérdida de producción agrícola o forestal;
- inundaciones;
- falta de recarga de acuíferos y corrientes superficiales;
- alteración del paisaje;
- aumento de las oscilaciones térmicas;
- cambio climático en general.

La importancia de la protección del suelo se ha visto reflejada en las políticas y legislación específica redactada al respecto en muchos países, pudiéndose citar entre otras:

- En Australia, el “National Forest Policy Statement” de 1992.
- En Holanda, el “Decreto de protección del suelo” de 1987.
- En Estados Unidos, entre otros, el “Decreto de política ambiental nacional” de 1969, el “Decreto de planificación de recursos renovables de bosques y praderas” de 1974 y el “Decreto sobre gestión de bosques nacionales” de 1976.

- En la Unión Europea la “Carta del Consejo de Europa sobre la protección y la gestión sostenible del suelo” de 2003 y la “Estrategia temática para la protección del suelo COM(2006) 231 final”, de 2006.

Las normativas y estrategias citadas buscan el desarrollo de sistemas de trabajo que promuevan el mantenimiento de toda la funcionalidad citada del suelo. En concreto, dentro del sector agroforestal, que es probablemente el que más interacciona con el recurso suelo, si se examinan los principales aspectos de esta actividad que pueden interaccionar con las cualidades del suelo, se pueden apuntar las siguientes ideas:

- En la agricultura, las tasas de extracción de nutrientes por las plantas suelen ser mayores que la capacidad de reposición de estos iones, provenientes de la meteorización de los minerales y la descomposición de los restos orgánicos.
- En la producción forestal, cuando los turnos selvícolas son largos, el retorno de nutrientes y materia orgánica al suelo es muy abundante, de forma que los suelos mejoran tanto en riqueza nutritiva como en cualidades físicas (p.e., espesor, capacidad de retención de agua o conductividad hidráulica).
- En las plantaciones forestales de ciclo medio o corto los retornos son menores que en los turnos largos y el buen desarrollo de la plantación puede precisar aportes suplementarios de algunos nutrientes.
- En lo relativo al agua, el suelo ejerce una función de almacenaje y suministro a las plantas, evitando la desecación de sus raíces. El agua es un recurso renovable que entra y sale en los suelos en plazos muy breves de tiempo. Los cultivos o las plantas forestales consumen el agua cuando está disponible o, en el caso de los regadíos, cuando se les suministra; en caso contrario, las plantas deben economizar

sus consumos para sobrevivir en las estaciones secas.

- La erosión puede considerarse como el problema más grave pues implica la pérdida neta del recurso suelo y, con ello, la merma o pérdida de todas las funciones que se han citado. Tanto en el sector forestal como en el agrícola, la modificación de las cubiertas vegetales y las prácticas de cultivo inadecuadas pueden ser causantes de altas tasas de erosión.

Los expertos de la Unión Europea identificaron en un informe reciente (Van Camp *et al*, 2004) ocho amenazas principales sobre los suelos: erosión, contaminación (local y difusa), materia orgánica, biodiversidad, sellado (impermeabilización artificial de cuencas por asfalto u otros pavimentos), compactación, inundaciones y deslizamientos de terreno, y salinización.

De las amenazas indicadas, la erosión ya ha quedado aludida como un grave problema, del resto se pueden vincular de forma directa al sector agroforestal la contaminación por agroquímicos, el empobrecimiento en materia orgánica, la pérdida de biodiversidad, la compactación y la salinización.

Para terminar de encuadrar los posibles problemas que pueden ejercer sobre los suelos las plantaciones forestales se puede analizar la consideración que se le da al suelo dentro de los dos principales sistemas de certificación de la Gestión Forestal Sostenible (GFS) a escala mundial, los sistemas PEFC (Program for Endorsement of Forest Certification) y FSC (Forest Stewardship Council).

PEFC y la norma UNE 162 002-2 asumen las directrices L2 de la Conferencia de Lisboa sobre la protección de los bosques en Europa (1998). La importancia del suelo se manifiesta en tres criterios:

Criterio 1: Mantenimiento y mejora adecuada de los recursos forestales y su contribución a los ciclos globales del carbono. Se hace aquí referencia al

contenido y equilibrio del carbono orgánico fijado en el suelo que es, en climas mediterráneos y sin contar los sistemas radicales vivos, una cantidad similar a la que pueda contener el suelo arbóreo cerca de la madurez.

Criterio 2: Mantenimiento de la salud y vitalidad del ecosistema forestal. Se contemplan dos indicadores edáficos dentro de este criterio:

- Cambios en el equilibrio de nutrientes y acidez durante los últimos 10 años (pH y CEC).
- Evitar daños graves de compactación del suelo causados por maquinaria y operaciones forestales.

Criterio 5: Mantenimiento y mejora apropiada de las funciones de protección en la gestión del bosque (sobre todo, suelo y agua). La erosión del suelo es un grave problema a escala mundial y va asociada a los problemas en la gestión y conservación del agua.

FSC (2007) estructura sus Estándares de GFS en 10 principios esenciales, siendo el suelo uno de los protagonistas en los siguientes:

Principio 6: *Impacto Ambiental*. Se contempla la necesidad de evitar los daños causados por los trabajos de aprovechamiento y mejora forestal, en lo referente a la erosión, compactación u otras perturbaciones del suelo (Criterio 6.5).

Principio 8: *Seguimiento y Evaluación*. Se debe llevar a cabo un control sobre la composición y los cambios observados sobre el suelo (Criterio 8.2).

Principio 10: *Plantaciones*. Prohíbe las plantaciones en suelos singulares, insiste sobre la necesidad de estudios generales de las propiedades de los suelos y sobre la protección contra la erosión en los aprovechamientos y preparaciones del suelo (Criterio 10.6). Insiste también sobre la necesidad de una evaluación periódica de la fertilidad u otras propiedades afectadas por el uso forestal (Criterio 10.8)

Puede concluirse que la pérdida de fertilidad física y química, así como la pérdida material del suelo por la erosión, son las principales preocupaciones de los sistemas certificadores de GFS, en lo que al suelo se refiere.

2. EL EUCALIPTO Y EL SUELO EN LA OPINIÓN PÚBLICA

El eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) es probablemente la especie de mayor rentabilidad en plantaciones forestales de ciclo corto, en zonas de clima mediterráneo templado-cálido, con precipitaciones medias por encima de los 600 mm anuales, y sin capa freática superficial. Su incidencia socioeconómica en el medio rural del suroeste de la Península Ibérica es muy significativa, en especial si se tiene en cuenta que se trata de zonas rurales pobres (Porras Bueno, 2003), en las que las plantaciones de eucaliptos han aportado empleo y riqueza.

Sin embargo, las ventajas socioeconómicas de las plantaciones de eucaliptos no han sido capaces de contrarrestar la aparición de voces en contra, con acusaciones de que esta especie causaba efectos ecológicos desastrosos sobre el suelo, las aguas, la biodiversidad y el paisaje. Aunque son numerosos los artículos de prensa en los que se aludía a estos efectos negativos, algunos de ellos recientes (Huelva Información, 2008), a la hora de aportar constancia científica, los argumentos exhibidos por científicos posicionados en contra de las plantaciones de eucalipto (p.e. García Novo, 1979) resultan escasos y se limitan a indicar un riesgo de eutrofización de aguas y líneas de agua debida a la rápida mineralización de materia orgánica producida por la construcción de aterrazamientos, así como una reducción de la biomasa total forestal por el efecto de los desbroces.

Sin embargo estos posicionamientos contrarios a las plantaciones de eucaliptos han encontrado con facilidad apoyos en los sectores conservacionistas y en gran parte de la opinión pública. Probablemente, la

evidencia de la modificación paisajística de estas plantaciones ha llevado a que se asuman como ciertas el resto de acusaciones, sin ningún fundamento científico. Se puede afirmar que la mayor parte de la población urbana y gran parte de la población rural, la que no está vinculada al aprovechamiento del eucalipto, presentan un rechazo hacia esta especie que no es comparable con ninguna actitud hacia especies agrícolas o hacia otras actividades como la minería-cantería, cuyos efectos ambientales se pueden constatar como notablemente peores.

Una de las acusaciones más contundentes en contra del eucalipto es que “destruye” el suelo; existe la creencia generalizada de que las plantaciones de eucaliptos lo empobrecen –incluso que lo hacen totalmente estéril–, que lo acidifican, que favorecen la erosión, y, en definitiva, que lo hacen inservible para sustentar cualquier otra especie forestal o agrícola.

Estas graves acusaciones justifican el rechazo general pues, de ser ciertas, implicarían que estamos poniendo en peligro la calidad ambiental e incluso la supervivencia de las generaciones futuras. Sin embargo, si se trata de creencias erróneas es conveniente que los agentes sociales vayan tomando conciencia de que la maltrecha economía rural no necesita más problemas que los reales, y le den a las plantaciones de eucalipto la consideración de un uso forestal más, dentro de la diversidad y riqueza de usos que este sector presenta en el suroeste peninsular.

3. OBJETIVOS DEL TRABAJO

En el presente trabajo se analiza en qué medida las plantaciones forestales de eucalipto en localizaciones de clima mediterráneo pueden generar alguno de los problemas contemplados por los expertos en suelos, por los sistemas de certificación de la GFS o por la opinión pública, reseñados en las secciones anteriores.

Aunque las acusaciones indicadas han sido científicamente desmontadas por investigadores del noroeste peninsular (p.e.,

Bara Temes *et al*, 1985; Calvo, 1992), sobre la incidencia ambiental del eucalipto en el suroeste ibérico se ha publicado escaso trabajo, aunque nos consta la realización de investigaciones previas a la presente, a las que haremos referencia posteriormente.

En consecuencia, en las próximas secciones se analizarán, a partir de información bibliográfica complementada por datos de obtención propia, la veracidad de los principales efectos negativos sobre el suelo que se atribuyen a las plantaciones de eucaliptos, y en qué medida este uso del suelo compromete otros usos futuros.

Para estructurar la exposición, se han analizado los efectos sobre el suelo desde los tres ámbitos de estudio de sus propiedades que se contemplan en la literatura edafológica básica (p.e., Gandullo, 1994) esto es, los aspectos físicos, químicos y biológicos.

4. EFECTOS FÍSICOS

Los dos aspectos de la física del suelo sobre los que podrían influir las plantaciones forestales serían las preparaciones del suelo y la modificación de su erosividad. Estos aspectos no están ligados a las características de la especie en sí, sino al hecho de la realización de plantaciones forestales, pero se contemplarán al considerar que van íntimamente ligados a las plantaciones de eucaliptos.

Las preparaciones del suelo

La preparación mecanizada que se realiza sobre los suelos tiene efectos importantes. En los casos de fuertes pendientes esta preparación va acompañada de la construcción de aterrazamientos para prevenir la erosión y mejorar el suministro hídrico a la plantación. El efecto inicial de los aterrazamientos sobre el suelo es negativo pues se desorganizan y mezclan las distintas capas u horizontes edafológicos; a menudo la parte superficial del suelo, más rica en nutrientes y materia orgánica, queda enterrada, por lo que se producirá una pérdida de fertilidad en

superficie cuya recuperación puede necesitar varios años (Dorren y Rey, 2004).

Sin embargo, la plantación del arbolado en el borde exterior de la terraza puede mitigar este efecto, ya que esta es la zona donde quedan acumulados los materiales que se hallaban en la superficie; las raíces de los árboles llevarán a cabo un bombeo progresivo de los nutrientes hacia la nueva superficie.

Por otro lado, una alta proporción de los suelos del suroeste ibérico ubicados sobre pendientes fuertes o muy fuertes presentan bajos niveles de organización; se trata, siguiendo la leyenda FAO (1999), de regosoles, leptosoles y cambisoles lépticos (Domingo, 2002). Son suelos muy pedregosos que no suelen superar los 70 cm de profundidad, en los que únicamente se separa un horizonte de superficie, más rico en materia orgánica, y otro de profundidad que ocasionalmente puede encontrarse algo más evolucionado, en el caso de los cambisoles. En muestreos sobre terrenos que habían sido aterrizados hace más de 40 años se ha constatado la formación incipiente de un horizonte de superficie de unos 10 cm de espesor; esta reorganización se ve favorecida por la construcción de la plataforma de la terraza que incrementa el flujo hídrico vertical y, con ello, los procesos formadores del suelo.

En consecuencia, se puede considerar que el efecto negativo del aterrazamiento sobre el suelo, en las zonas de estudio, quedará mitigado en el medio-largo plazo; por otro lado, como se verá más adelante, las consecuencias positivas de las terrazas, en cuanto a la economía del agua y lucha contra la erosión compensan con creces a las negativas.

En terrenos de pendientes suaves o intermedias (hasta el 20%) la preparación del suelo consiste en un subsolado cruzado

o por curvas de nivel, según haya menor o mayor pendiente. El subsolado apenas influye sobre la organización horizontal del suelo, su misión es romper los horizontes profundos de acumulación de arcilla o, incluso, disgregar la roca madre cuando se encuentra a menos de 70 cm de profundidad y es suficientemente friable. Los surcos de subsolado facilitan la infiltración del agua a capas profundas del suelo para que pueda ser conservada durante más tiempo y se almacene en mayor cantidad.

El subsolado tiene un efecto positivo sobre la formación del suelo equivalente a la meteorización física, pues pone en contacto con la humedad edáfica un mayor volumen de roca, por lo que se acelerarán los procesos de meteorización química.

La erosión del suelo

La erosión hídrica es un fenómeno hidrológico por lo que no lo analizaremos en profundidad, aunque el gran número de interacciones que presenta con las características del suelo y con la cubierta vegetal nos obliga a contemplarla someramente en este trabajo.

Aunque la erosión hídrica es un fenómeno natural, el hombre puede modificar o influir sobre el proceso, acelerándolo de forma que la reposición del material disgregado sea más lenta que su arranque y transporte. Aunque pueden existir otros, los factores que influyen principalmente en el proceso erosivo son los indicados por la Ecuación universal de pérdidas de suelo (Wischmeier y Smith, 1978): R, energía del agua de lluvia; C, cubierta protectora del suelo; K, resistencia del suelo; LS, factores topográficos; y P; prácticas de conservación. Se comentan a continuación los factores sobre los que pueden interaccionar las plantaciones forestales de eucaliptos.



Figura 1. Izqda.: evaluación de la cubierta del suelo por la hojarasca de eucalipto. Dcha.: pedestales originados por la erosión hídrica frente al efecto protector del mulch de hojarasca.

La cubierta protectora de la superficie del suelo contra el impacto de las gotas de agua resulta variable en las plantaciones de eucalipto, según la fase de cultivo. Se pueden señalar algunos momentos críticos como la plantación, la aplicación de gradeos para el control de matorral y los aprovechamientos; fuera de estos momentos la hojarasca, el sotobosque, las copas de los árboles y la pedregosidad superficial (Renard *et al*, 1997) proporcionan una cobertura que, siguiendo a Rapp-Arrarás *et al* (2007) se puede considerar de una eficacia intermedia ($C \approx 0,0778$), entre las masas de coníferas, que son las más eficaces ($C \approx 0,0093$), y condiciones de suelo desnudo con laboreo según curvas de nivel ($C \approx 0,3000$). El valor del factor C estimado para las plantaciones de eucalipto es cercano al obtenido para formaciones adhesadas de quercíneas con densidad alta ($C \approx 0,0802$).

La resistencia natural del suelo a la erosión –el factor K– puede verse modificada por efecto de la compactación, así como por la pérdida de estructura debida a la mineralización de la materia orgánica o la escasez de bases estabilizadoras de los coloides del suelo. La compactación es inhabitual en las plantaciones de eucalipto por el propio interés comercial, puesto que esta especie soporta muy mal las situaciones de asfixia radicular. El uso de maquinaria con neumáticos de baja presión

y la reducción de la circulación por el monte, en la medida de lo posible, deben ser acciones que eviten la compactación.

Como se tratará en la sección dedicada a los efectos químicos y a los biológicos, la reducción del contenido en bases o en materia orgánica, en caso de existir, no es significativa para causar un incremento en la erosividad del suelo.

Las prácticas de conservación (Factor P) son el factor de la USLE sobre el que más puede actuar el selvicultor; las principales prácticas de conservación son la construcción de terrazas en terrenos de fuertes pendientes y los subsolados por curvas de nivel en terrenos de pendientes suaves a moderadas; la eficacia de estas prácticas está condicionada por su correcta ejecución (Dorren y Rey, 2004) y por la realización de acciones complementarias, como la protección de las líneas principales de flujo (barrancos) con vegetación permanente. Tanto las terrazas como los subsolados según curvas de nivel reducen los fenómenos erosivos al acortar drásticamente la longitud de las laderas, con lo que se evita la escorrentía superficial rápida y se favorece la deposición de sedimentos y la infiltración del agua (Wischmeier y Smith, 1978).

La construcción de terrazas tiene efectos negativos temporales sobre el paisaje, además de los ya indicados sobre la morfología del suelo, también temporales,

si bien se pueden considerar como un medio eficaz de poner en producción

terrenos con pendientes fuertes, sufriendo pérdidas de suelo mínimas.



Figura 2. Plantaciones de eucaliptos sobre preparaciones mecanizadas de terrazas.

5. EFECTOS QUÍMICOS

Para evaluar los efectos químicos de las plantaciones de eucalipto hay que tener en cuenta que, a escala regional, la roca madre es el factor dominante para la definición de las características del suelo (Domingo-Santos, 2002; Birkeland, 1999), por lo que la información litológica debe ser la base para la definición de subconjuntos que permitan analizar, dentro de cada uno de ellos, la influencia de otros factores.

Así, en Huelva se han realizado con anterioridad estudios de suelos bajo distintas cubiertas arbóreas que separaban entre zonas de pizarras del Andévalo –con 21 perfiles muestreados– (Sánchez Marañón y Díaz Hernández, 1988) y zonas de arenas del Condado-Litoral –con 6 perfiles– (Díaz Hernández y Sánchez Marañón, 1988-a).

Más recientemente, Domingo-Santos *et al* (2009) han realizado una comparación similar para 4 tipologías distintas de roca, en concreto:

- pizarras de la facies Culm (Carbonífero), 20 perfiles, código LtS-1100,
- pizarras de la facies PQ (Devónico), 18 perfiles, código LtS-1300,
- materiales volcánicos ácidos, 11 perfiles, código LtS-1500, y
- arenas pliocuaternarias con acompañamiento de gravas, limos y conglomerados, 41 perfiles, código LtS-3100.

Se comentan a continuación los resultados principales de estos estudios, con algunos datos complementarios de nueva aportación sobre el trabajo de Domingo-Santos *et al* (2009), sobre la misma base metodológica cuyos valores medios pueden consultarse en la Tabla 2.

La reacción del suelo

Los estudios consultados sobre posibles variaciones en la acidez de los suelos bajo eucaliptales, con respecto a otras cubiertas vegetales, indican que no existen diferencias significativas. Domingo-Santos

et al (2009) evalúan el valor a 10 cm de profundidad y el valor medio de todo el perfil, tanto para la reacción de cambio (pH-KCl) como para la reacción de la solución del suelo (pH-agua), y, como puede verse en el Gráfico 1, las diferencias

son pequeñas dentro de cada tipo de roca. En la mayor parte de los casos los eucaliptales presentan niveles de acidez similares o inferiores a las quercíneas y a los pinos.

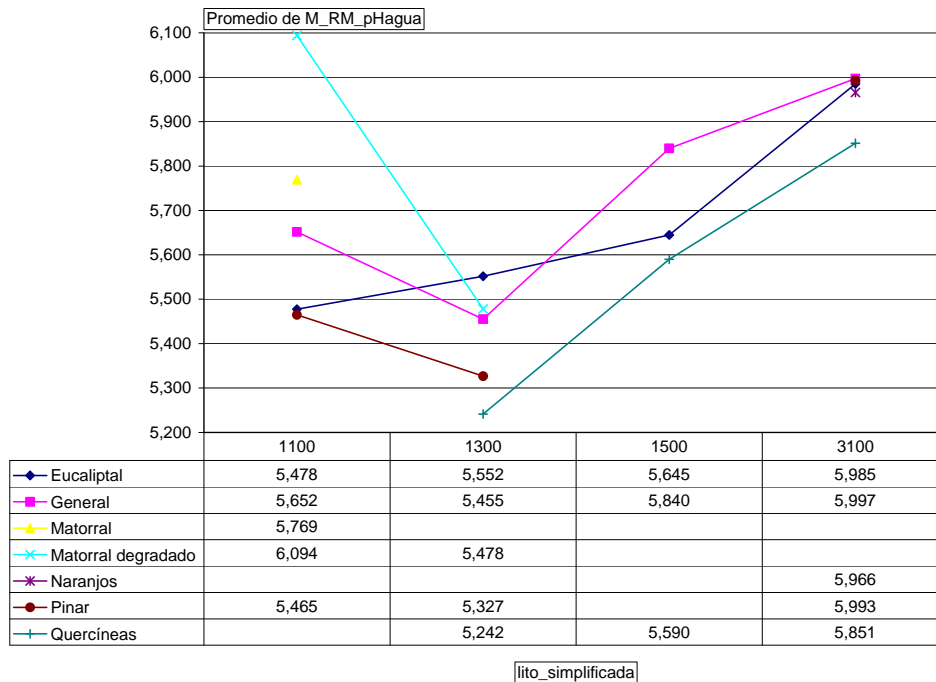


Figura 3. Valores medios de M_RM_pHagua (media ponderada para todo el perfil del pH de la solución del suelo) clasificados según cubiertas vegetales y litofacias. La cobertura “General” abarca todas las indicadas más otras poco representadas (tomada de Domingo-Santos *et al*, 2009)

Contenido en bases

Del análisis del mismo conjunto de 90 perfiles utilizados en Domingo-Santos *et al* (2009) se ha obtenido que el contenido en Ca y Mg tampoco presenta diferencias importantes entre ninguna de las cubiertas forestales (Gráfico 2 y Gráfico 3). Sobre materiales muy deficitarios en estos elementos como son las arenas (LtS-3100) y las pizarras-cuarcitas devónicas (LtS-1300), se aprecia una ligera diferencia en los contenidos medios del suelo, que podría indicar un pequeño consumo de estos cationes. Esta diferencia sólo aparece como significativa entre eucaliptos y quercíneas en los suelos sobre arenas.

Para el caso del Na no se han detectado diferencias significativas. En cuanto al K, se trata de un mineral que se utiliza frecuentemente en fertilización artificial,

tanto en dehesas como eucaliptales, por lo que no se valorarán los resultados obtenidos.

Por otro lado, en trabajos anteriores (Domínguez de Juan, 1986) se ha observado que los retornos de bases al suelo mediante el desfronde natural son mayores en eucalipto que en pino y alcornoque. Hemos constatado esta tendencia para el caso del Mg, que presenta en eucalipto contenidos superficiales ligeramente superiores a los de pino y quercíneas; sin embargo, para el Ca, aunque sí se aprecia un retorno importante, este es algo menor que en las quercíneas.

Hay que considerar que la extracción de los citados cationes en terrenos extremadamente pobres en ellos es muy difícil para todas las plantas; cuando hay suficientes bases en el suelo el eucalipto no

muestra una mayor extracción que el resto de especies, mientras que cuando estas son muy escasas, los eucaliptos son capaces de extraer, aunque muy poco, algo más que otras especies. Como ya se ha visto al

hablar de la reacción del suelo, estas pequeñas diferencias en la cantidad de Ca y Mg extraídos no provocan situaciones de acidificación comparativa a otras especies.

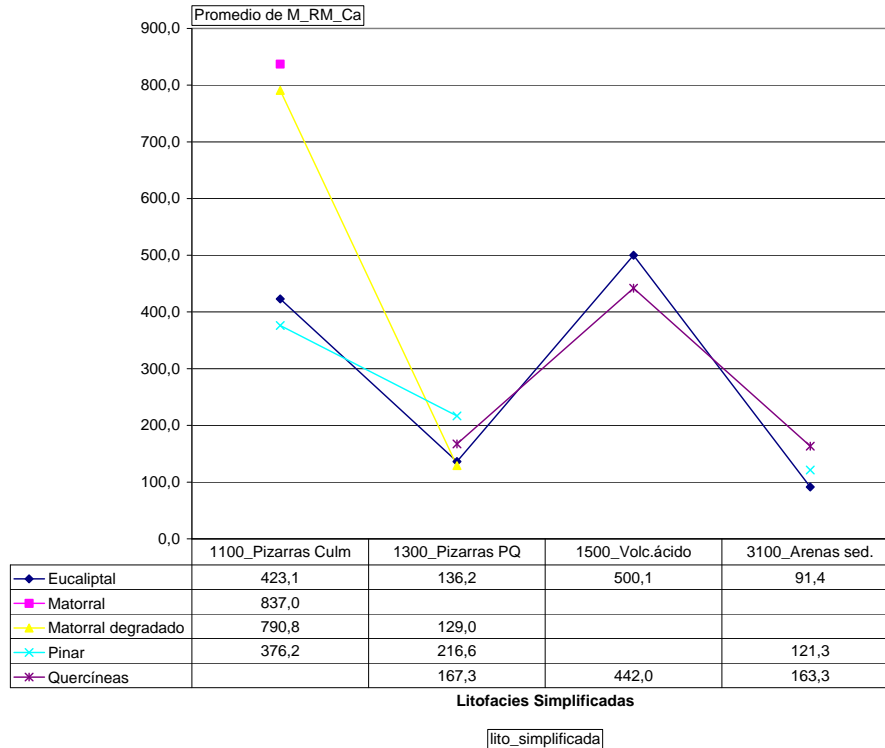


Figura 4. Contenido medio en Ca clasificado según cubiertas vegetales y litofacies.

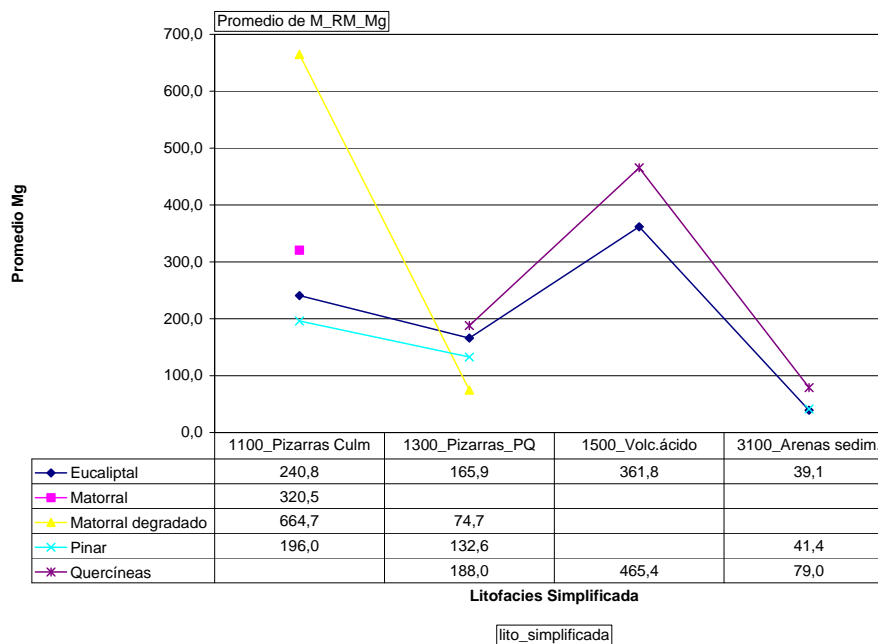


Figura 5. Contenido medio en Mg clasificado según cubiertas vegetales y litofacies.

Materia orgánica

Como se indicó en la introducción, la disminución del contenido en materia orgánica del horizonte superficial se considera una causa de degradación del suelo y está vinculada la pérdida de fertilidad y al aumento de la erosividad.

La FAO (1986, en Díaz Hernández y Sánchez Marañón, 1988-b) indica que en regiones mediterráneas, las hojas de los eucaliptos forman humus mull ligeramente ácido que, dentro de los suelos ácidos, puede ser considerada como materia orgánica humificada de la mejor calidad. En general, como constata Domínguez de Juan (1986), los restos de eucalipto tienen una buena descomposición, algo más rápida que las quercíneas y, sobre todo, más rápida que los pinos, a pesar de que la relación C/N es mayor en eucalipto y pino que en las

quercíneas, lo que podría ser indicio de una menor descomponibilidad (Díaz Hernández y Sánchez Marañón, 1988-b).

Los resultados obtenidos en el presente trabajo indican que los contenidos en materia orgánica en el horizonte superficial son muy similares para las distintas especies mediterráneas estudiadas y, por regla general oscilan entre el 1 y el 3%. En los suelos más pobres en bases el contenido en materia orgánica aparece menor en eucalipto, mientras que en suelos con más bases le corresponden contenidos mayores que a pinos y quercíneas. En todo caso, las diferencias encontradas son pequeñas y pueden deberse a tasas superiores de mineralización, que se ve acelerada por los desbroces y gradeos que se practican en el eucaliptal.

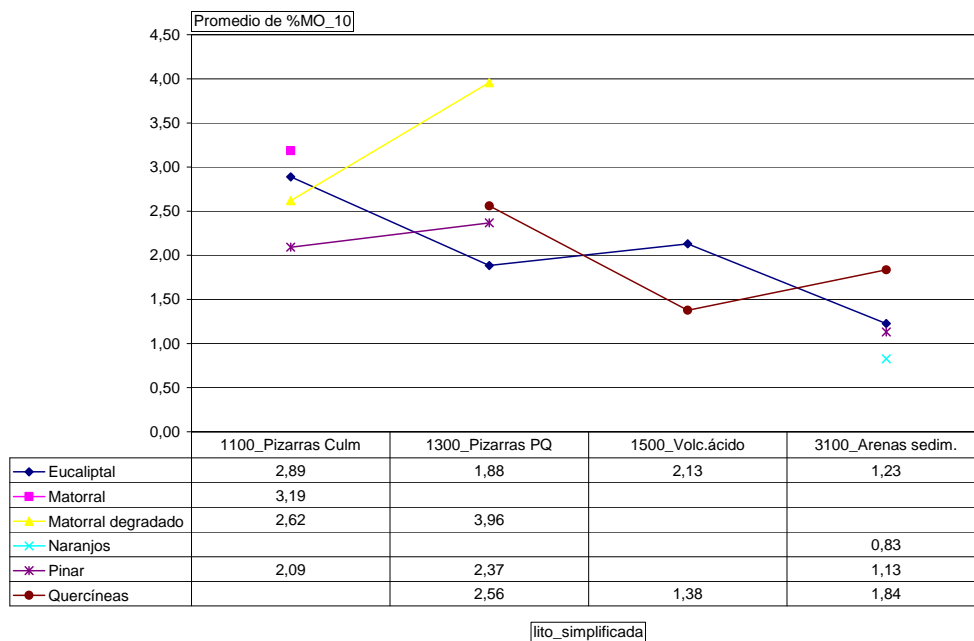


Figura 6. Contenido medio en materia orgánica del horizonte superficial clasificado según cubiertas vegetales y litofacies.

6. ACTIVIDAD BIOLÓGICA

La hoja del eucalipto contiene y emite un compuesto orgánico volátil denominado eucaliptol (o cineol). Se trata de una sustancia antiséptica eficaz contra patógenos respiratorios en humanos, para la

que se han descrito efectos alelopáticos sobre algunas plantas de cultivo, pero que no afecta a la vegetación espontánea, ya que, tal como indica Ruiz de la Torre (2006) para el noroeste ibérico, vive bien en vecindad de madroños, alcornoques y muchas especies de sotobosque. Este es un

aspecto que se puede comprobar también para el suroeste haciendo un breve recorrido por cualquier eucaliptal que no haya sido sometido a desbroce reciente para la prevención de incendios. Ciertamente, la composición específica del sotobosque de un eucaliptal suele ser diferente de la de un pinar o un alcornocal, pero esta circunstancia está influenciada por múltiples factores como el tipo de sustrato, la orientación, la densidad o el manejo, de forma que pueden apreciarse también diferencias notables entre la vegetación acompañante de dos eucaliptales en los que varíe alguno de los factores citados u otros.

Domínguez de Juan (1986) constató que los efectos alelopáticos que producía *Eucalyptus globulus* sobre lechuga y algunas gramíneas cultivadas eran producidos también por otras especies forestales mediterráneas como *Cistus ladanifer* y *Quercus suber*.

En cuanto a la flora microbiana, en la recopilación realizada por Díaz Hernández y Sánchez Marañón (1988-b) se pone de manifiesto que, contrariamente a la creencia popular, la cantidad y variedad de microorganismos presentes en el suelo se acerca a la de un alcornocal; esto es coherente con la rapidez observada en la descomposición de los restos vegetales del eucalipto.

7. CONCLUSIONES SOBRE EL IMPACTO Y LA SOSTENIBILIDAD DE LAS PLANTACIONES DE EUCALIPTO CON RESPECTO AL SUELO

En cuanto a los efectos negativos sobre el suelo de las plantaciones forestales de eucalipto, si se pasa revista a la relación de efectos potenciales indicados en la introducción, a la vista de lo expuesto se pueden dar las siguientes conclusiones:

→ Aunque la erosión hídrica es un grave problema en toda el área mediterránea, las masas forestales, incluyendo los eucaliptales, proporcionan las mejores protecciones sobre el suelo. Una plantación forestal de eucaliptos con

una correcta preparación adaptada a la pendiente proporciona tanta protección como una dehesa bien arbolada o incluso más, dado que esta última suele sufrir gradeos frecuentes y sobrepastoreo que desestructuran y compactan el terreno, además de eliminar la vegetación protectora.

→ El uso de agroquímicos es prácticamente inexistente en las plantaciones de eucalipto; únicamente se llevan a cabo ligeras fertilizaciones cada tres o cuatro años a lo largo del turno de producción (10 a 13 años). Estas fertilizaciones tratan de contrarrestar las fuertes limitaciones nutritivas de los sustratos sobre los que crece el eucalipto, a la vez que devuelven al suelo la extracción de minerales que este cultivo forestal produce en pequeñas cuantías.

→ La producción y conservación de materia orgánica no difiere notablemente en las zonas forestales mediterráneas; sobre los sustratos muy ácidos los eucaliptales tienden a presentar de forma significativa algo menos de materia orgánica; en todo caso las diferencias son pequeñas y pueden deberse a tasas superiores de mineralización, especialmente cuando se aplican desbroces y gradeos.

→ En lo relativo a la conservación de la biodiversidad hay que tener en mente que el eucalipto es un cultivo forestal con un objetivo productivo al que no se le pueden exigir las mismas tasas de biodiversidad que a un bosque virgen natural. Aun así, se ha constatado la presencia de una flora variada, así como una intensa actividad microbiana sobre los eucaliptales; aunque no constituyan el hábitat óptimo para las especies de fauna se trata de superficies abiertas y con poca presión antrópica, por lo que los animales pueden transitar por ellas y refugiarse con pocas perturbaciones. El mantenimiento de vegetación natural en riberas, barrancos y otros enclaves estratégicos, además de mejorar el

paisaje y la protección contra la erosión, contribuye a mejorar los índices de biodiversidad de forma muy notable.

- La compactación del suelo podría constituir un problema puntual en algunas zonas de tránsito de la maquinaria de desembosque o de tractores con otros aperos. En general se puede considerar que el intervalo de tiempo entre los pasos de tractores es suficiente para que el suelo se descompacte de forma natural, además del efecto descompactador que tendrá el subsolado al inicio del ciclo de cultivo.
- La salinización del suelo no es un problema de las plantaciones de eucaliptos estudiadas pues no se localizan sobre capas freáticas ni terrenos salinos. Otras especies como *Eucalyptus camaldulensis* podrían inducir el ascenso de agua salina por capilaridad a las zonas superficiales del suelo si estuvieran plantados en las localizaciones citadas; sin embargo, este problema necesitaría un estudio y atención específicos.

Con respecto a los criterios y principios de gestión forestal sostenible, además de lo ya concluido en los párrafos anteriores, se podrían sintetizar los siguientes aspectos:

- Las plantaciones de eucaliptos contribuyen de forma positiva en los ciclos del carbono: además de contener una cantidad de materia orgánica sólo ligeramente inferior a la de otras formaciones vegetales, la producción maderable de esta especie es muy superior a la de cualquier otra bajo las mismas condiciones, por lo que su contribución a la captura de carbono atmosférico es muy notable.

- Cambios observables en el equilibrio ácido-base y nutrientes del suelo: No se observan cambios significativos en el equilibrio ácido-base de los eucaliptales con respecto a otras cubiertas vegetales. Si se observan pequeñas exportaciones de algunos nutrientes en suelos muy deficitarios, las cuales deben ser seguidas de cerca y compensadas con aportes de fertilizantes.
- Cambios observables por compactación: la compactación debe prevenirse reduciendo al mínimo el tránsito de maquinaria y utilizando neumáticos de baja presión. Las preparaciones del suelo mediante subsolado en el momento de la plantación reducen la compactación.

Puede concluirse que las plantaciones de eucalipto satisfacen en general los criterios y principios de los sistemas de certificación de la gestión forestal sostenible en lo relativo a la conservación de los suelos, siempre que se tenga en cuenta que se trata de sistemas intervenidos, relativamente intensivos y con un objetivo principal productor de madera, por lo que no pueden equipararse a los bosques naturales.

8. AGRADECIMIENTOS

El Grupo Empresarial ENCE financia desde 1999 varias fases (la tercera en el momento de esta publicación) del proyecto de "Caracterización de los suelos forestales de la provincia de Huelva".

Al Centro de Investigación y Documentación del Eucalipto por su invitación a participar en las Jornadas de su X Aniversario.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bara Temes, S.; Rigueiro Rodríguez, A.; Gil Sotres M.C.; Mansilla Vazquez, P.; Alonso Santos, M. 1985. Efectos ecológicos del *E. globulus* en Galicia. Estudio comparativos con *P. pinaster* y *Q. robur*. INIA. 381 pp.
- Birkeland, P.W. 1999. *Soils and Geomorphology*; Oxford University Press. 430 pp. Oxford.
- Calvo de Anta, R. 1992. El eucalipto en Galicia: Sus relaciones con el medio natural. Universidad de Santiago de Compostela. 211 pp. Santiago de Compostela.
- Burger, J.A.; Kelting, D.L. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. *Forest Ecology and Management*. 122 (1999) pp.155-166.
- Díaz Hernández J.L. y Sánchez Marañón, M. 1988-a. Suelos bajo eucaliptales del Condado-Litoral (Huelva). Instituto Andaluz para la Reforma Agraria, IARA. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Díaz Hernández J.L. y Sánchez Marañón, M. 1988-b. Aspectos edáficos del cultivo de eucalipto: Estado de conocimientos. Instituto Andaluz para la Reforma Agraria, IARA. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Domingo-Santos, J.M. 2002. Caracterización de suelos forestales de la provincia de Huelva; Tesis Doctoral. E.T.S.I.Montes. Universidad Politécnica de Madrid; 395 pp. + anejos.
- Domingo-Santos, J.M.; Corral Pazos De Provens, E.; Redondo Salguero, F. R.; Fernández de Villarán San Juan, R.; Alesso, P. 2009. Influencia de la especie forestal en algunos parámetros edáficos en el SO español. Actas del V Congreso Forestal Español, Sociedad Española de Ciencias Forestales- Junta de Castilla y León. (Ávila, septiembre 2009). Ref^a electrónica: 5CFE01-093.
- Domínguez de Juan, M.T. 1986. Influencias de nutrientes y polifenoles vegetales en la humificación de la hojarasca de especies autóctonas e introducidas en la provincia de Huelva. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. U.Autónoma de Madrid.
- Dorren, L.; Rey, F., 2004. A review of the effect of terracing on erosion. *Soil Conservation and Protection for Europe*. [Documento en línea]
http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/projects/scape/transf/Dorren_Rey.pdf
- FAO, ISRIC y SICS 1999. Base referencial mundial del recurso suelo. FAO, Monografía n° 84. Roma. 93 pp.
- Gandullo, J.M. 1994. Climatología y ciencia del suelo. Fundación Conde del Valle de Salazar. Madrid. 404 pp.
- García, J. Sánchez, M.; Díaz, J.L. 1988. Conclusiones analíticas de suelos bajo eucaliptos. Estudio comparativo con otras especies forestales. Instituto Andaluz para la Reforma Agraria, IARA. Junta de Andalucía. Sevilla.
- García Novo, F. 1979. Impacto ecológico de las plantaciones de eucalipto. Actas de las Jornadas de Trabajo sobre el Eucalipto, Huelva, Noviembre 1978. Partido Socialista Obrero Español. Huelva.
- Porras Bueno, N. 2003. El sector forestal onubense: II. Los aprovechamientos primarios. Diputación de Huelva. 297 pp.
- Powers, R.F.; Tiarks, A.E.; Boyle, J.R. 1998. Assessing Soil Quality: Practicable Standards for Sustainable Forest Productivity in the United States. En: *The Contribution of Soil Science to the Development of and Implementation of Criteria and Indicators of Sustainable Forest Management*. SSSA Special Publication n°53. cap. 3, pp. 53-80.
- Rapp-Arrarás, Í.; Domingo-Santos, J.M.; Fdez. de Villarán, R.; Lago, J.; Corral Pazos de Provens, E.; Domínguez, L. 2007. Estudio de la problemática ambiental ocasionada por

- los cambios de uso de terrenos forestales a agrícolas en la provincia de Huelva. Informe inédito elaborado para Tragsatec-Junta de Andalucía (Consejería de Medio Ambiente).
- Renard, K. G.; Foster, G. R.; Weesies, G. A.; McCool, D. K.; Yoder, D. C. (coords.) 1997. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). USDA Agricultural Handbook 703.
- Ruiz de la Torre, J. 2006. Flora Mayor. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Dir. Gral. para la Biodiversidad. Madrid. 1758 pp.
- Sánchez Marañón, M.; Díaz Hernández, J.L. 1988. Suelos bajo eucaliptales del Andévalo oriental (Huelva). Instituto Andaluz para la Reforma Agraria, IARA. Junta de Andalucía, Sevilla.
- Van-Camp. L.; Bujarrabal, B.; Gentile, A-R.; Jones, R.J.A.; Montanarella, L.; Olazabal, C.; Selvaradjou, S-K. 2004. Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/1, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Wischmeier, W. H.; Smith, D. D., 1978. Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning. Agriculture Handbook 537 (Washington: Science and Education Administration).

Referencias en línea y prensa diaria

- Huelva Información, 2008. Nuevas plantaciones de eucaliptos amenazan desertizar Doñana. Jueves 6 de noviembre de 2008.
- PEFC [en línea] <http://pefc.org/resources/technical-documentation/reference-documents>. Consultada en octubre de 2010.
- FSC, 2007. Estándares españoles de gestión forestal para la certificación FSC. Grupo de trabajo español para la certificación FSC. [en línea] http://www.fsc-spain.org/documentos/Estandares_espanoles_GF_FSC_2007.pdf. 94 pp. Consultada en octubre de 2010.

Tabla 2. Valores medios de los principales parámetros químicos de los suelos analizados, según las distintas litofacies y coberturas vegetales. Los colores indican los niveles de significación de la diferencia entre medias de cada grupo de litofacies, obtenidos mediante análisis de la varianza. Verde, muy significativo; amarilla: significativo; anaranjado: poco significativo; gris: no significativo.

lito_simplificada	Comp_dom_veg	n° muestras	pHagua_10	pHKCl_10	M_RM_pHagua	M_RM_pHKCl	M_RM_Ca	M_RM_Mg	M_RM_K	M_RM_Na	M_RM_V	%MO_10	Ca_10	Mg_10	Na_10	K_10
1100_Pizarras Culm	Eucaliptal	5	5,59	4,39	5,48	4,19	423,1	240,8	59,6	21,6	40,9	2,89	614,5	186,0	22,4	87,7
	Matorral	5	5,78	4,74	5,77	4,69	837,0	320,5	123,7	20,1	56,1	3,19	865,4	333,3	21,8	128,2
	Matorral degradado	3	6,01	4,45	6,09	4,32	790,8	664,7	82,2	31,7	81,9	2,62	880,0	590,9	28,5	100,7
	Pinar	7	5,40	4,12	5,46	4,11	376,2	196,0	64,1	18,4	38,6	2,09	420,9	186,9	20,7	72,8
	Total	20	5,64	4,39	5,64	4,31	565,3	308,6	80,6	21,6	50,0	2,64	649,3	283,9	22,6	94,6
1300_Pizarras_PQ	Eucaliptal	5	5,53	4,21	5,55	4,07	136,2	165,9	51,4	21,3	29,5	1,88	221,6	126,8	17,3	66,6
	Matorral degradado	4	5,43	4,11	5,48	4,06	129,0	74,7	83,7	30,7	15,9	3,96	342,9	93,0	25,3	131,1
	Pinar	5	5,52	4,35	5,33	4,11	216,6	132,6	74,6	18,6	34,1	2,37	371,3	195,4	18,6	108,0
	Quercíneas	4	5,40	4,23	5,24	3,93	167,3	188,0	71,2	19,5	39,0	2,56	355,7	173,7	22,4	110,6
	Total	18	5,48	4,23	5,40	4,05	170,8	154,6	66,6	20,5	32,6	2,63	315,3	159,9	19,6	96,5
1500_Volc.ácido	Eucaliptal	4	5,84	4,70	5,64	4,42	500,1	361,8	106,2	32,1	49,8	2,13	727,8	324,4	20,0	143,5
	Quercíneas	7	5,61	4,37	5,59	4,09	442,0	465,4	67,2	25,1	73,5	1,38	453,0	193,1	17,1	96,4
	Total	11	5,69	4,49	5,61	4,21	463,1	427,7	81,4	27,6	64,9	1,65	553,0	240,9	18,2	113,5
3100_Arenas sedim	Eucaliptal	10	5,99	4,94	5,99	4,72	91,4	39,1	21,9	4,3	40,6	1,23	165,8	27,8	3,7	21,8
	Naranjos	17	5,98	4,88	5,97	4,84	207,8	295,8	84,2	252,9	88,8	0,83	207,8	295,8	252,9	84,2
	Pinar	11	6,14	4,80	5,99	4,76	121,3	41,4	25,7	4,5	65,5	1,13	140,6	44,7	2,9	25,0
	Quercíneas	3	5,99	4,88	5,85	4,67	163,3	79,0	40,1	14,4	50,6	1,84	237,3	59,3	4,3	46,0
	Total	41	6,03	4,87	5,97	4,78	130,2	88,3	36,0	48,3	59,4	1,08	170,9	83,7	46,4	36,3
Total	Eucaliptal	24	5,78	4,63	5,73	4,43	237,9	161,3	50,0	16,1	39,9	1,86	364,5	130,8	13,1	65,2
	Matorral	5	5,78	4,74	5,77	4,69	837,0	320,5	123,7	20,1	56,1	3,19	865,4	333,3	21,8	128,2
	Matorral degradado	7	5,68	4,25	5,74	4,17	625,4	517,2	82,6	31,4	65,4	3,38	745,8	466,4	27,7	108,3
	Naranjos	17	5,98	4,88	5,97	4,84	207,8	295,8	84,2	252,9	88,8	0,83	207,8	295,8	252,9	84,2
	Pinar	23	5,78	4,50	5,69	4,42	219,6	108,3	48,0	11,8	50,5	1,69	276,1	120,7	11,8	57,6
	Quercíneas	14	5,63	4,44	5,55	4,17	303,8	303,4	62,6	21,2	58,7	1,81	379,0	158,9	15,9	89,7
	Total	90	5,79	4,59	5,74	4,46	303,2	210,1	60,7	32,6	52,4	1,81	383,4	175,4	30,6	75,2