

# VULNERABILIDAD QUÍMICA DE SUELOS ROJOS

Conde, P.; Jiménez Ballesta, R.  
Dpto. Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad  
Autónoma de Madrid. Cantoblanco. 28049 Madrid.  
Tfno. 914974810. e-mail: paz.conde@uam.es

## Resumen

Los suelos rojos, que ocupan una amplia extensión en la región mediterránea, se dedican fundamentalmente a fines agrícolas, dado que tienen unos atributos de calidad favorables para la productividad. Sin embargo, son susceptibles de deteriorarse en función de su vulnerabilidad.

En esta conferencia se discute el concepto de vulnerabilidad y se estima la susceptibilidad inherente de algunos suelos rojos mediterráneos, frente a un hipotético impacto químico, proponiendo una serie de atributos, considerados como los que más contribuyen a la vulnerabilidad química: carbonatos, materia orgánica, arcilla, profundidad y drenaje. Los atributos se transforman en un simple índice de vulnerabilidad (IV), que puede ser utilizado para evaluar la susceptibilidad frente a una potencial contaminación química o para un manejo más racional del suelo.

Palabras clave: suelos rojos, degradación, resiliencia, vulnerabilidad .

## Introducción

El clima Mediterráneo afecta aproximadamente a 9.000.000 km<sup>2</sup> (4.6% de la litosfera continental o 3.3% del la edafosfera global), estando concentrada su mayor área en la Cuenca Mediterránea, (Di Castri, 1981; Le Houerou, 1992). Desde el punto de vista geográfico, el espacio mediterráneo se extiende desde los Alpes hasta el Sahara y desde el Atlántico al mar Caspio, y engloba a 25 países pertenecientes a cuatro grupos bien definidos: Europa sudoccidental; Europa sudoriental; el norte de África y el límite oriental del Mediterráneo. El clima es el factor común, caracterizado por una larga estación estival seca y cálida, que ha dado lugar a una flora característica y a ecosistemas de gran riqueza (alrededor de 25 000 especies, la mitad de ellas endémicas) que constituyen la transición entre los ecosistemas del mundo tropical y los de la zona templada. Pero los ambientes mediterráneos se encuentran entre los más diversos del planeta en cuanto a suelos, litología, geomorfología, tipos de regímenes fluviales, subtipos climáticos, biodiversidad, etc. (Ibáñez et al., 1995, 1996); distribuyéndose en cinco áreas geográficas: cuenca mediterránea, California, Chile, Sur África y Australia. Entre sus rasgos más característicos cabe citar:

- Ambientes climáticos semiáridos que afectan a buena parte del territorio, sequías estacionales y una gran variabilidad pluvial (inter e intra anual).
- Suelos proclives a la erosión.

- Relieve desigual con laderas escarpadas y paisajes diversificados.
- Grandes pérdidas de cubierta forestal por incendios.
- Crisis de la agricultura tradicional (abandono de tierras, deterioro del suelo y de sus sistemas tradicionales de conservación).
- Explotación insostenible de los recursos hídricos.

Los suelos rojos ocupan una amplia extensión en este tipo de región, dónde se dedican fundamentalmente al uso agrícola, dado que tienen unos atributos de calidad favorables para la productividad. Sin embargo, son susceptibles de deteriorarse en función de su vulnerabilidad. En efecto, a muchos de estos suelos se añaden nutrientes por medio de fertilizantes o residuos que, en parte, no son utilizados por las plantas, por lo que pueden fugarse de los sistemas agrícolas hacia las aguas subterráneas o hacia las aguas superficiales (N y P son contaminantes comunes identificados en el agua subterránea en muchos países desarrollados (McLaughlin, et al., 1985; Zhang, et al., 1996). Esta circunstancia coincide con el hecho de que la intensidad de la agricultura en el mundo ha aumentado de forma significativa durante las últimas décadas, provocando una afección creciente de contaminantes de origen agrícola, que pueden acabar finalmente contaminando las aguas subterráneas (Keeney 1986; Melian et al., 1999; Rodvang et al., 2001).

La agricultura mediterránea actual se puede dividir en cuatro sistemas:

1. cosechas de secano: cereales, viñedos, olivares, etc.
2. cosechas de huerta, incluyendo fruta: melocotón, naranja, ciruelo, etc.
3. cosechas de invernadero: lechuga, tomate, fresa, etc; y
4. otros tipos de cosechas como puede ser el arroz.

Y los principales problemas ambientales de estos suelos dedicados a la producción de cosechas, derivan de una disminución de su calidad, inducida por procesos de erosión, acidificación, salinización, o simplemente por una acumulación inaceptable de contaminantes, tales como hidrocarburos, metales pesados, etc.

### **Vulnerabilidad química. El papel del suelo**

El suelo, a través de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, conforma un sistema clave, por ejemplo en los ciclos biogeoquímicos superficiales, actuando como un reactor complejo, capaz de realizar funciones de filtración, descomposición, neutralización, inactivación, almacenamiento, etc. Es decir, el suelo actúa como barrera protectora de otros medios más sensibles, como los hidrológicos y biológicos. Pero los suelos, en función de su fragilidad o susceptibilidad, pueden verse afectados como consecuencia de eventuales impactos y desequilibrios ambientales, produciéndose su deterioro. Así sucede, especialmente si se manejan inadecuadamente (Keeney 1986; Rodvang et al., 2001).

La fragilidad del suelo, o susceptibilidad que éste presenta al deterioro, producto de eventuales desequilibrios en las variables geomorfológicas, climáticas y vegetacionales de un ecosistema, puede verse afectada por el manejo, de tal forma que pueden determinar efectos adversos en la productividad futura de este componente ambiental. **En este sentido la vulnerabilidad representa el grado de sensibilidad (o debilidad) del suelo frente a la agresión de los agentes contaminantes.**

Y es que, en términos simples, el suelo actúa como filtro para proteger el medio ambiente frente a la contaminación. Aunque la atenuación de la contaminación es un proceso complejo que depende del suelo y del contaminante, ésta atenuación puede definirse como la capacidad de disminuir la cantidad, la fuerza, o el valor de dicha contaminación. El efecto combinado de la absorción y del lavado potencial determina la sensibilidad del suelo o su vulnerabilidad. De tal modo que según sea la interacción entre el potencial de lixiviación y el potencial de absorción así es la sensibilidad del suelo. Así, suelos con altos potenciales de lixiviación y baja absorción (es decir, con características que permiten la transmisión rápida de un contaminante), son **poco sensibles**, mientras que los suelos con bajos potenciales de lixiviación y elevado potencial de absorción son **sensibles**. Sin embargo su sensibilidad frente a la contaminación del agua subterránea sería contraria a este criterio.

Cuando la vulnerabilidad se ve afectada excesivamente se puede alcanzar la “**vulnerabilidad crítica**”, momento en el que el suelo se degrada al extremo de ser irrecuperable química, física y/o económicamente. Este proceso ocurre fácilmente en ecosistemas frágiles, por otra parte frecuentes en regiones áridas y semiáridas, con suelos someros, pobres en materia orgánica, etc. Cuando se alcanza ese límite crítico el suelo deja de ser eficaz, pasando a funcionar como una "fuente" de sustancias peligrosas para los organismos que viven en el mismo. De este modo la vulnerabilidad debe permitir estimar precisamente cuáles son los riesgos potenciales de diferentes actividades.

Por todo ello, no es extraño que la Comunidad Europea promueva el proyecto "Vulnerabilidad de los suelos de Europa" en el que se realiza una cartografía a escala 1:5.000.000 (proyecto SOVEUR <http://www.isric.nl>), entendiéndose por vulnerabilidad el riesgo a decaer en sus funciones. Obviamente, este tipo de trabajos exige previamente la elaboración de mapas temáticos sobre condiciones agroclimáticas, geológicas, hidrológicas, edáficas, etc., reunidos dentro de un sistema de información geográfica (GIS).

### **Algunos datos generales sobre los suelos rojos mediterráneos**

La gran diversidad de rocas y la variedad de las pendientes determinan una variación extrema en los suelos de la región mediterránea. De entre ellos, los suelos rojos representan quizás uno de los principales que producen productos agrícolas en la región mediterránea. El término suelo rojo, tal y como lo utilizamos en este trabajo incluye la Terra Rossa. Se trata de suelos clasificados fundamentalmente como Alfisols (Soil Taxonomy), aunque a veces se incluyen como Mollisols o Ultisols. Normalmente tienen un color (Munsell) de 2.5 YR o más rojo en el horizonte Bt, que suele tener alto contenido en arcilla; pueden ser básicos o ácidos; pobres en materia orgánica; media a alta capacidad de intercambio catiónico; texturas variables pero con tendencia a arcillosas o francoarcillosas. La mineralogía de la arcilla está dominada por una mezcla de illita, kaolinita y esmectita. Tienen alto contenido en sesquióxidos; hematita y/o óxidos de hierro que están presentes (tabla 1). Están moderadamente alterados y aportan buenas propiedades físicas y químicas para la fertilidad. Por ello frecuentemente se usan para cultivos, pero son susceptibles de erosionarse y contaminarse.

**Tabla 1.** Rangos medios de algunas propiedades de los horizontes superficiales y subsuperficiales de los suelos rojos mediterráneos.

Horiz.	pH H <sub>2</sub> O	M.O. (%)	Cond. (dS/m)	CaCO <sub>3</sub> (%)	CIC (cmol/Kg)	V(%)	Fe(F/T) (%)	Arcilla (%)
<b>CALCÁREOS</b>								
<b>A</b>	7,0-8,2	0,5-5,0	0,01-0,09	0-55	10-30	100	35-70	10-45
<b>Bt</b>	7,0-8,5	0,1-0,5	0,01-0,09	0-10	15-45	100	40-70	12-60
<b>C</b>	7,5-8,5	0,1-0,2	0,01-0,09	10-80	5-25	100	20-40	10-40
<b>NO CALCÁREOS</b>								
<b>A</b>	5,0-7,0	0,5-5,0	0,01-0,09	-	7-30	30-60	35-70	10-40
<b>Bt</b>	5,0-7,0	0,1-0,5	0,01-0,05	-	10-35	20-60	40-70	12-60
<b>C</b>	5,0-7,0	0,1-0,2	0,01-0,05	-	5-20	20-60	20-40	10-40

### El índice y las clases de vulnerabilidad química

Habida cuenta que la región mediterránea es propicia, por su variedad y tipología de relieves, diversidad de rocas, vegetación, etc., a generar suelos rojos, y que éstos suelos difieren en su génesis, morfología, propiedades y en su vulnerabilidad, se examinan una serie de propiedades intrínsecas que sirvan para controlar la vulnerabilidad de este tipo de suelos. Adicionalmente se combinan estas variables en un índice que puede predecir la vulnerabilidad química de los suelos rojos mediterráneos.

Para ello, inicialmente se ha revisado la amplia bibliografía existente sobre suelos rojos de la región mediterránea (Guerra et al 1972, Mermut et al 1997, Jiménez Ballesta et al. 1988, etc.), examinando los datos de cincuenta y dos perfiles representativos, que comprenden ciento cincuenta y seis muestras de suelo; se trata de suelos ampliamente distribuidos dentro de la geografía española. Estos datos se han sometido a un análisis multifactorial de acuerdo con el esquema de la figura 1.

Por otra parte se exponen algunos datos generales de perfiles analizados expresamente por nosotros, correspondientes a suelos formados en condiciones y factores diferentes, (tablas 2 y 3). Sobre las muestras (15), secadas al aire y pasadas por un tamiz de 2 mm, se realizaron las siguientes determinaciones: pH en H<sub>2</sub>O, KCl 1M y CaCl<sub>2</sub> 0,01M (relación suelo/H<sub>2</sub>O, suelos/KCl suelo/CaCl<sub>2</sub> 1:2,5); conductividad eléctrica (relación suelo/H<sub>2</sub>O 1:5); análisis mecánico (Sedigraph); contenido en carbonatos (por valoración ácido-base); contenido en materia orgánica (por oxidación con dicromato en exceso y valoración por retroceso, Wackley Black). Para la medida del pH de abrasión se sigue el método propuesto por Ferrari y Magaldi (1983), a saber: se pesan 10 gr. de suelo previamente pulverizado finamente, se añaden 25 ml. de agua destilada, agitando la suspensión durante 1 minuto. Se efectúa la medida al cabo de 6 minutos. No se ha eliminado la materia orgánica, al objeto de identificar el pH que está influenciado por bases procedentes de la alteración mineral y por ácidos procedentes de la materia orgánica. Tampoco se han eliminado los óxidos de Fe.

Los suelos con escasa o baja vulnerabilidad son los que tienen una o más de las siguientes propiedades: altos contenidos en carbono orgánico, en arcillas (especialmente esmectita), carbonatos y son profundos. Suelos con alta vulnerabilidad son los que tienen bajos contenidos en carbono orgánico, en arcillas,

carbonatos y son poco profundos. Para los que Eswaran (1994) sugiere como relativamente resilientes.

Un alto contenido de la arcilla y de carbonatos conduce a una buena capacidad de la carga y transferencia de residuos, y ayuda al proceso complicado de la adsorción y a la degradación de contaminantes. En contraste, una textura arenosa ayuda a la lixiviación de compuestos agroquímicos y a la contaminación del agua subterránea. Un suelo con textura pesada, riesgo bajo y drenaje impedido puede también demostrar una alta vulnerabilidad a la contaminación por salinización.

En efecto, el contenido en materia orgánica tiene un papel importante en la absorción y atenuación de contaminantes, ya que proporciona un área superficial grande y es muy reactiva químicamente. Se correlaciona con la estabilidad de los agregados (Haynes y Swift 1990) y tiene un alto poder de absorción (Emerson 1977). Pero en la región mediterránea su papel es moderadamente relevante, excepción hecha de las zonas bajo vegetación natural. El  $\text{CO}_3\text{Ca}$ , que es un constituyente habitual de muchos suelos mediterráneos, (definiendo horizontes cálcicos y petrocálcicos), puede ser entendido como un parámetro que juega un papel fundamental en la vulnerabilidad. El contenido en arcilla se relaciona con la capacidad para retener humedad y nutrientes. Este parámetro (particularmente elevado en horizontes Bt) y el de carbonatos (especialmente en horizontes C) conduce a una buena capacidad para amortiguar una carga ácida y la anulación de transferencia de contaminantes. En oposición, los niveles de salinidad, (junto a otra serie de atributos), de suelos rojos se consideran bajos y no desempeñan papel alguno en la vulnerabilidad de estos suelos. Finalmente, la profundidad y el drenaje son factores que van a determinar el sentido final de la vulnerabilidad.

De La Rosa et al. (1993) han utilizado un proceso cualitativo de evaluación de la vulnerabilidad basado en diversos factores o calidades, para la región mediterránea. Una vez revisada la amplia bibliografía existente sobre suelos rojos en España y siguiendo las pautas de Hewitt y Shepherd (1997) se propone la estandarización de variables y el índice siguiente:

Tabla 4. Estandarización de las variables para el índice de vulnerabilidad

Variable	Símbolo	Escala	Rango	Transformación
<b><i>CO<sub>3</sub>Ca</i></b>	<b>CA</b>	<b>%</b>	<b>0-80</b>	<b>Media horizontes</b>
<b><i>Materia orgánica</i></b>	<b>MO</b>	<b>%</b>	<b>0-10</b>	<b>Media horizontes</b>
<b><i>Arcilla</i></b>	<b>AC</b>	<b>%</b>	<b>0-60</b>	<b>Media horizontes</b>
<b><i>Drenaje</i></b>	<b>DR</b>	<b>Clase</b>	<b>1-5</b>	<b>No</b>
<b><i>Profundidad suelo</i></b>	<b>PR</b>	<b>cm</b>	<b>30-200</b>	<b>No</b>

La clases de drenaje establecidas son: 1= excesivamente drenado, 2= bien drenado, 3= imperfectamente drenado y 4= pobremente drenado. Se divide por 10, pues aunque la humedad se juzga que tiene un efecto importante en la vulnerabilidad, los suelos con falta de humedad no deberían disminuir la misma.

$\text{Índice vulnerabilidad (IV)} = 1 - (\text{CA}/80 + \text{MO}/10 + \text{AC}/60 + \text{DR}/4 + \text{PR}/200) / 5$
--

Las clases de la vulnerabilidad que pueden establecerse serían:

**Clase V1:** Nada vulnerables a la degradación química. Son suelos con una capacidad muy alta para la retención de contaminantes. Estos suelos son de carácter carbonatado y/o arcilloso. Es poco probable que transmitan agentes contaminadores a las aguas subterráneas. Prácticamente se puede utilizar cualquier sistema de manejo.

**Clase V2:** Levemente vulnerables a la degradación química. La capacidad de amortiguamiento de contaminantes de esta clase es alta, con moderados contenidos en carbonatos y/o arcillas. Tienen profundidad media y peor drenaje que la clase V1. Sería necesario cuidar los sistemas de manejo.

**Clase V3:** Moderadamente vulnerables a la degradación química. La capacidad de carga de contaminantes es baja, de modo que la lixiviación tiende a ser de media a alta. Los agentes contaminadores es probable que penetren en el agua subterránea, porque estos suelos moderada capacidad de atenuarlos. Un sistema de manejo intensivo inadecuado puede tener un impacto negativo considerable ambientalmente.

**Clase V4:** Vulnerables a la degradación química y, por tanto, con riesgo de contaminación de los niveles freáticos, ya que la capacidad de cargarse de contaminantes es baja, pues su lixiviación elevada. Son suelos poco profundos, con horizontes argílicos de escaso desarrollo o degradados, con escasa proporción tanto de arcilla, como de materia orgánica y de carbonatos. Son suelos con escasa capacidad de retener los agentes contaminadores. El manejo, particularmente en lo que se refiere al uso de fertilizantes y de plaguicidas, debe ser cuidadosamente controlado.

### **Aplicación del índice a los suelos analizados**

Aunque el grado de vulnerabilidad de un suelo frente a la contaminación depende de la intensidad del proceso de afectación, del tiempo que debe transcurrir para que los efectos indeseables se manifiesten en las propiedades de un suelo y, finalmente, de la velocidad con que se producen los cambios secuenciales en las propiedades de los suelos, podemos avanzar que los suelos rojos de la región mediterránea poseen una elevada capacidad de depuración, esto es, son poco vulnerables. Los suelos analizados (Tabla 3), con excepción del perfil VII, a pesar de proporcionar una intensa producción agrícola, mantienen sus propiedades esenciales, de modo que poseen índices de vulnerabilidad bajos, es decir uno de sus atributos es que son resistentes a los impactos degradantes.

No obstante el índice de vulnerabilidad propuesto debe implementarse en otros muchos casos, a fin de evaluar su aptitud. Por ello, en base a la consideración de que el pH de abrasión representa el nivel de bases en disposición de amortiguar aportes contaminantes ácidos, se puede deducir que los suelos estudiados disponen de una fuente potencial capaz de amortiguar (a ritmo no inmediato) dichos aportes. Así lo ponen de manifiesto los valores del pH de abrasión obtenidos (tabla 3) que se sitúan en el entorno de 7 a 9. El pH de abrasión, definido como el valor del pH de una suspensión de suelo finamente triturado en agua, depende del comportamiento fisicoquímico en el medio acuoso de las nuevas posiciones reactivas creadas en el proceso de trituración, estando controlado no solo por los iones liberados por los

minerales primarios presentes, sino también por la cantidad de arcilla existente, ya que a medida que aumenta el grado de alteración disminuye el contenido de minerales primarios, de modo que se liberan menos cationes a la solución de abrasión.

### **Algunas reflexiones finales**

En términos generales, los suelos rojos, a pesar de proporcionar una intensa producción agrícola, mantienen sus propiedades esenciales, de modo que uno de sus atributos es que poseen un índice de vulnerabilidad bajo; esto es, poseen una elevada resistencia a los cambios, poseen una elevada capacidad de depuración y, por tanto, son poco vulnerables. Si los suelos analizados tienen capacidad de amortiguar contaminantes son resistentes. Sin embargo, el concepto de resistencia y resiliencia, establecido en la literatura ecológica (Westman 1986), se ha aplicado a cambios temporales en los suelos, focalizándolo en la degradación, existiendo una cierta confusión terminológica en Ecología que se ha trasladado a la Edafología. Resistencia se define como la habilidad del suelo para resistir a una modificación al producirse un estrés, mientras que resiliencia es la habilidad para recuperarse tras la modificación. Una elevada resistencia puede ser debida a elevada y rápida resiliencia.

Finalmente en nuestro criterio podemos definir la vulnerabilidad como la habilidad o capacidad del suelo para hacer frente a un impacto (estrés) ambiental, debiendo reflejar los efectos combinados de resistencia y resiliencia. Los suelos con baja resistencia y resiliencia a un estrés dado son los más vulnerables e inversamente, suelos con alta resiliencia y resistencia son menos vulnerables.

### **Agradecimientos**

Al Instituto Geológico y Minero de España, y en especial al Dr. Juan A. Martín Rubí, Coordinador General de los Laboratorios del IGME, por su ayuda en los aspectos analíticos que aquí aparecen.

### **Bibliografía**

De la Rosa, D. Moreno, J.A., García L.V. (1993). Expert evaluation system for assessing field vulnerability to agrochemical compounds in mediterranean region. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 56, 153-164.

Di Castri, F. 1981. Mediterranean type shrublands of the world. In: (pp. 1-52) F.di Castri, D.W.Goodball & R.L.Specht (eds.), *Ecosystems of the World*, 11, Mediterranean Type Shrublands. 643 pp. Elsevier, Amsterdam.

Emerson M.M. (1977). Physical properties and structure. In "*Soil Factors in crop Production in Semi arid Environment*". (Eds J.S. Russel and E.C. Greasen) Cap 5. (University of Quennsland Press: St. Lucia Qld.).

Eswaran H. (1994). Soil resilience and suitable land management in the context of AGENDA 21. In "*Soil Resilience and Sustainable Landuse*". *Proceedings of a symposium held in Budapest*, sept. 1992. (Eds D.J. Greenland and I. Szabolcs). Pp 21-32 (CAB International: Wallingford, UK).

Ferrari G.A. y Magaldi D. (1983). Degree of Soil Weathering as determined by abrasion pH: applications in Soil study and in Paleopedology. *Pedology XXXIII*: 93-104.

Guerra A., 1972. Los suelos rojos en España. CSIC. 253 pg.

Haynes R. J. and Swift R.S. (1990). Stability of soil aggregates in relation to organic constituents and soil water content. *Journal of Soil Science* 41:73-83.

Hewitt A.G. y Shepherd T.G. (1997) Structural vulnerability of New Zealand soils. *Australian Journal of Soil Research* 35 (3) 461 – 474.

Keeney, D.R. 1986. Sources of nitrate to ground water. *Journal of Criteries Review Environ Control*, N° 16, p. 257-304.

Le Houérou, H.N. 1992. Vegetation and land-use in the Mediterranean Basin by the year 2050: A prospective study. In: L.Jeftic, J.D.Milliman & G.Sestini, 1992. *Climatic Change and the Mediterranean*. E. Arnold. 673 pp.

Ibáñez J.J., García-Álvarez A, González Rebollar, J.L. e Imerson, A.C. 1995. Mediterranean soilscapes and climatic change. An Overview. In: (pp. 751-756), S.Zewer, R.S.A.R. van Rompaey, M.T.J.Kok & M.M. Berk (eds.), *Climate Change Research: Evaluation and policy Implications*. Elsevier, Amsterdam.

Ibáñez, J.J., Benito, G. y García-Álvarez, A. 1996. Mediterranean landscapes, erosion, desertification and climatic change. An overview. In: J.L. Rubio & A. Calvo (eds.). *Desertification and Land Degradation in Mediterranean Environments*. Geofoma, Logroño, Spain (with the Collaboration of Editorial Board of CATENA, Elsevier).

Jiménez Ballesta R., Ibáñez J., Monturiol F., Alcalá L. y Palomar L. (1988). Fraccionamiento y distribución de óxidos de hierro en superficies de tipo raña y altas terrazas al sur del Macizo de Ayllón y Somosierra (Sistema Central). *An. Edaf. y Agrob.* XLVII, 9-10, 1363-1378

Mermut A.R., Yaalon D. y Kapur S. (eds).1997. Red Mediterranean Soils. *Catena*, 28 Special Issue, 175

Rodvang, S.J.; Simpkins, W.W. 2001. Agricultural contaminants in Quaternary aquitards: A review of occurrence and fate in North America. *Hydrogeology Journal*, N°1, Vol. 9, p. 44-59.

Westman W.E. (1986). Resilience: concepts and measures. In “*Resilience in Mediterranean-type Ecosystems*”. (Eds. B. dell, A. J. M. Hopkins, and B.B. Lamond) pp 5-19 (W. Junk Publishers: Netherlands)



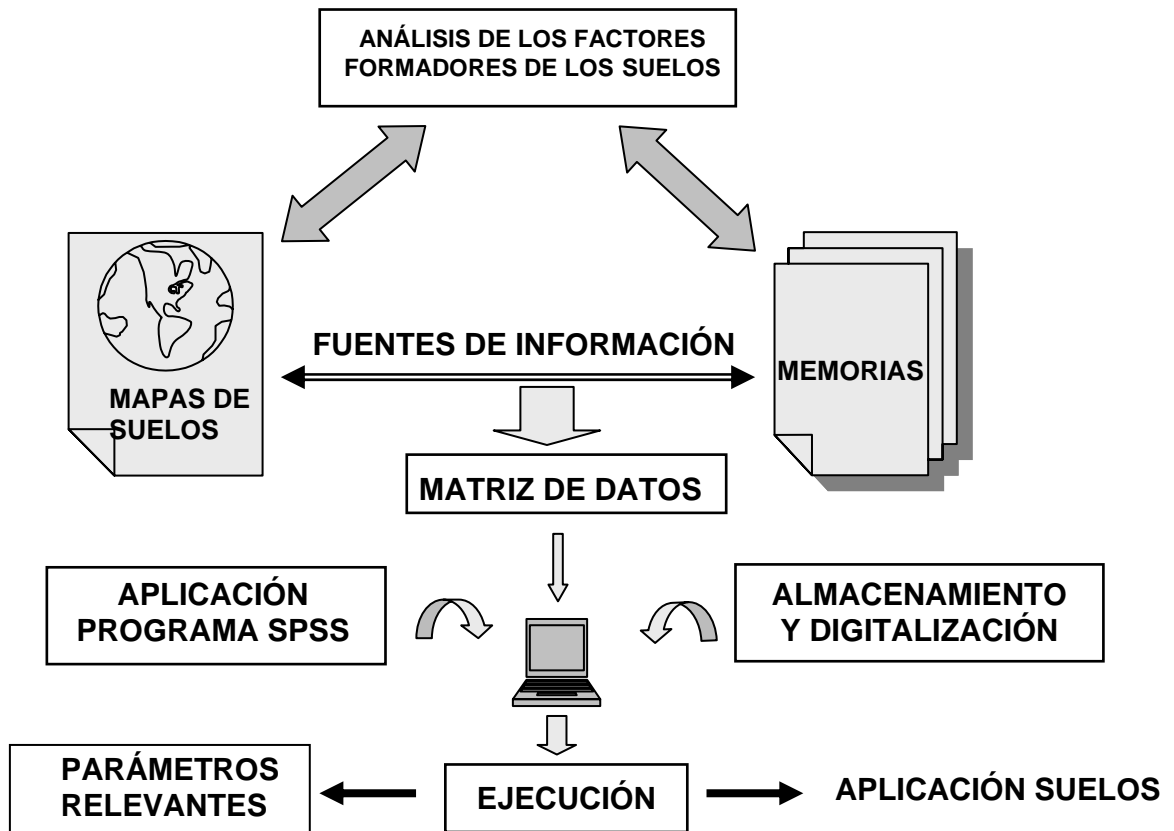


Fig. 1. Esquema de representación del procedimiento para obtener los parámetros más significativos.

Tabla 2. Descripción general de los suelos analizados.

PERFIL	LOCALIDAD	MAT.PARTIDA	VEG/USO	TOPOGRAFIA	PENDIENTE	DRENAJE	PEDREGOSIDAD	TIPO SUELO
P-II	Madridejos (Toledo)	Marga Rojiza	Cereal.	Meseta	C-0	C-3	C-0	Luvisol crómico
P-III	La Solana (Ciudad Real)	Arcillita	Cereal	Depresión	C-0	C-1	C-0	Luvisol crómico
P-VI	Alcaraz-(Albacete)	Arcillita	Secano	Ondulado	C-2	C-1	C-0	Luvisol crómico
P-VII	El Bonillo (Albacete)	Caliza	Pinar	Páramo	C-0	C-3	C-1	Luvisol háplico
P-IX	Mirabueno (Guadalajara)	Caliza	Encinar	Borde de páramo	C-2	C-3	C-1	Luvisol crómico

Drenaje según clasificación FAO

Tabla 3. Resultados de los análisis efectuados

MUESTRA	HORIZONTE (cm)	COLOR	M.O. (%)	CONDUCTIVIDAD (dS/cm)	ARCILLA (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	pH CaCl <sub>2</sub>	pH abrasión
4 (P-II)	Ap 0-38	7.5YR 5/4	1,03	0,187	37,3	9,2	8,29	7,41	8,00	8,49
5 (P-II)	Bt 38-142	5YR 4/4	1,31	0,180	39,4	8,0	8,35	7,46	7,99	8,38
6 (P-II)	C > 142	5YR 3/4	-	-	50,1	4,4	7,93	7,56	7,99	7,93
7 (P-III)	Ap 0-48	2.5YR 4/6	0,60	1,638	31,9	4,4	8,52	7,66	8,04	8,36
8 (P-III)	Bw 48-154	2.5YR 3/6	0,2	0,115	52,4	1,4	8,55	7,54	8,06	8,30
9 (P-III)	C > 154	2.5YR 4/6	0,2	0,107	-	1,0	-	-	-	8,54
16 (P-VI)	Ap 0-32	5YR 4/6	2,06	0,080	13,0	-	7,78	7,24	7,14	7,59
17 (P-VI)	Bt 32-84	2.5YR 3/6	0,20	0,057	58,7	-	8,15	7,25	7,43	7,80
18 (P-VI)	C > 84	2.5YR 3/6	0,1	0,040	52,6	-	7,95	7,06	7,29	7,45
19 (P-VII)	Ap 0-4	5YR 4/4	5,84	0,139	6,7	19,6	7,87	7,32	7,48	7,90
20 (P-VII)	Bt 4-29	5YR 4/6	4,11	0,102	5,1	21,6	8,23	7,53	7,60	8,03
21 (P-VII)	R > 29	5YR 5/4	0,1	-	-	37,4	-	-	-	8,84
25 (P-IX)	Ah 0-28	10YR 3/4	4,79	0,073	23,2	-	7,51	6,22	6,94	7,18
26 (P-IX)	Bt 28-79	5YR 4/8	1,12	0,056	46,9	-	8,23	6,78	7,33	7,48
27 (P-IX)	2Ck 79-163	10YR 7/3	0,4	0,078	24,4	30,8	8,53	7,57	7,66	8,20