

# ERODIBILIDAD DE LOS INCEPTISOLES DEL TÉRMINO MUNICIPAL DE BADAJOZ. ESPAÑA

*L. Fernández Pozo*

Área de Edafología y Química Agrícola. Facultad de Ciencias.  
Universidad de Extremadura. 06071 Badajoz (España)

---

**Resumen:** Se ha estudiado la erodibilidad de los inceptisoles del término municipal de Badajoz mediante la aplicación de una ecuación de regresión desarrollada por el ICONA, observándose una gran variabilidad entre los distintos suelos estudiados a pesar de pertenecer todos ellos al mismo subgrupo, xerochrept. Esta variabilidad nos viene marcada, fundamentalmente, por la textura de dichos suelos, parámetro que nos indica, en definitiva el riesgo innato de los suelos a ser erosionados.

**Palabras clave:** inceptisol, erodibilidad.

**Abstract:** The erodibility of the inceptisols of the township of Badajoz has been studied by means of the application of a regression equation developed by the ICONA, being observed a great variability among the different soils studied in spite belonging all of them to the same subgroup, xerochrept. This variability is marked, fundamentally, because of the texture of this soils, a parameter that indicates us, in definitive, the innate risk of the soils to be eroded.

**Key words:** inceptisol, erodibility.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

La erodibilidad de un suelo se define como la medida de la susceptibilidad del mismo a que sus partículas sean separadas y transportadas por los agentes erosivos, ya sea el agua o el viento (Lal, 1988).

El desaparecido Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA) fue encargado por Orden Ministerial de 5 de octubre de 1981 de desarrollar un proyecto cuyo principal objetivo era luchar contra la desertificación en la vertiente mediterránea, conocido como proyecto LUCDEME. Dentro de los estudios emprendidos en el área del proyecto se realizó un ensayo de metodologías para la cualificación y cuantificación de paisajes erosivos. Formando parte de estos estudios se analizó el proceso erosivo en parcelas de experimentación, basándose en los estudios de Smith y Wischmeier y en su Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE) por erosión laminar y en regueros. En ella, uno de los parámetros que aparece es el índice de erosionabilidad del suelo, conocido como factor K (ICONA, 1982).

Los estudios realizados en el marco del Proyecto LUCDEME condujeron al establecimiento de una ecuación de regresión en función de una serie de variables representativas del suelo. La regresión establecida viene expresada por la ecuación:

$$100K = 10^{-4} * 2,71M^{1.14}(12-a) + 4,2(b-2) + 3,23(c-3)$$

$M$  es un factor representativo de la textura del suelo. Se calcula mediante la expresión:

$$M = (100 - \% \text{ Arcilla}) * (\% \text{ Limo} + \% \text{ Arena muy fina})$$

$a$  representa el porcentaje de materia orgánica,  $b$  se corresponde con la estructura del suelo y  $c$  es la clase de permeabilidad del perfil. Los valores de textura, materia orgánica y estructura se refieren a los primeros 30 cm del perfil, mientras que la permeabilidad a la totalidad de él.

Los límites de confianza de esta ecuación de regresión establecidos en un test que abarca valores de K comprendidos entre 0,03 y 0,69 determinan que en el 95% de los casos las diferencias son menores de 0,04, resultando las desviaciones más acusadas en suelos con alto contenido de arcilla (ICONA, 1987).

Teniendo en cuenta las limitaciones de la ecuación de regresión, hemos efectuado un estudio en el que nuestro objetivo es el de determinar el grado en el que un suelo es susceptible de ser erosionado, independientemente del lugar geográfico en que se encuentre situado, el cual condiciona el parámetro R de erosión pluvial y el factor topográfico LS (pendiente y longitud de la misma), a la vez que los factores de protección debidos a la vegetación, C y de prácticas conservacionistas, P.

El hecho de emplear una ecuación para estimar la erodibilidad del suelo viene enmarcada en el ámbito de que la reproducción del proceso erosivo en

parcelas experimentales en igualdad de condiciones a excepción del tipo de suelo resulta muy difícil y complejo, ya que como se sabe los factores formadores de suelo, material original, relieve, clima, organismos y tiempo, condicionan directamente la presencia de suelos distintos. Estudios de cadenas de suelos en los que sólo varía el material original nos conducen a la formación de suelos distintos. Por estas razones nos propusimos el estudio de la erodibilidad del suelo por medio de la utilización de una ecuación, la cual, independientemente del tipo de suelo nos ofrece una estimación de la erodibilidad del mismo.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

En un trabajo anterior (Fernández Pozo & García Navarro, 1997), se estableció la capacidad de uso y la aptitud para diferentes cultivos de los inceptisoles del término municipal de Badajoz basado, en parte, en otros (Fernández Pozo, 1990). Conociendo la aptitud de estos suelos, nos propusimos el estudio de ellos en la vertiente de su erodibilidad.

Los datos a emplear en el presente estudio son los tenidos en cuenta en la ecuación de regresión. En la tabla 1 aparecen los mismos.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos tras la aplicación de la ecuación de regresión. En ella aparecen los subfactores de textura, materia orgánica, drenaje y estructura junto con el valor estimado del factor K.

Podemos observar que los parámetros estructura y drenaje presentan una escasa variabilidad, manteniéndose constantes en todos los suelos analizados. Atendiendo al parámetro drenaje, indicar que el 75% de los suelos estudiados presentan un drenaje bueno o algo deficiente lo que implica una cierta persistencia de agua en el suelo traduciéndose en una mayor capacidad de la misma a arrastrar partículas, por lo que este tipo de drenaje facilitaría el proceso de erosión hídrica. En este grupo se incluyen la totalidad de los suelos clasificados como xerochrept fluvéntico, coincidiendo estos con los situados más próximos a las orillas de los cursos fluviales que atraviesan la zona de estudio y por lo tanto los más utilizados como soporte de cultivos de regadío.

En cuanto al parámetro estructura indicar las mismas apreciaciones, ya que una estructura desarrollada, intrínsecamente presupone una disminución del espacio poroso debido a una mayor cohesión entre las partículas del suelo y, por lo tanto, indirectamente presenta una relación con el drenaje, haciendo

**Tabla 1.** Datos analíticos de los suelos utilizados.

Suelo	Localización	A	B	C	D*	E**
<b>X. lítico</b>						
VBB316	38° 54' N, 6° 59' O	59,15	76,14	2,51	3	3
VBB261	38° 45' N, 7° 03' O	37,16	78,32	1,00	4	3
VBB271	38° 46' N, 6° 40' O	16,93	69,54	0,95	5	3
<b>X. distri-lítico</b>						
VBB463	38° 11' N, 6° 43' O	32,47	90,62	5,37	2	2
VBB414	38° 34' N, 6° 53' O	32,22	94,99	1,07	2	1
VBB413	38° 36' N, 6° 59' O	39,37	83,16	2,92	4	2
<b>X. dístrico</b>						
VBB462	38° 10' N, 6° 43' O	34,39	88,73	2,92	4	3
VBB439	38° 10' N, 6° 46' O	33,79	91,09	3,92	4	3
VBB415	38° 33' N, 6° 53' O	20,33	84,42	1,39	2	3
VBB488	38° 08' N, 6° 36' O	55,40	79,06	1,73	4	3
VBB489	38° 09' N, 6° 41' O	38,85	90,26	1,65	4	3
<b>X. fluvéntico</b>						
VBB262	38° 46' N, 6° 57' O	19,36	87,66	2,20	4	3
VBB114	38° 53' N, 7° 00' O	44,14	93,26	2,64	4	3
VBB453	38° 57' N, 6° 43' O	32,96	85,93	1,20	4	3
<b>X. típico</b>						
VBB447	38° 50' N, 6° 50' O	12,38	90,42	1,62	2	3
VBB446	38° 01' N, 6° 54' O	21,99	90,23	1,50	5	3
VBB412	38° 37' N, 6° 59' O	35,36	86,50	1,77	4	3
VBB134	38° 58' N, 6° 56' O	26,54	89,31	0,91	4	1
VBB452	38° 56' N, 6° 44' O	53,32	83,65	2,61	4	3
VBB451	38° 05' N, 6° 53' O	12,96	90,17	1,71	4	3
VBB315	38° 55' N, 7° 00' O	40,84	85,63	2,00	4	3
VBB230	38° 44' N, 6° 53' O	43,19	73,55	1,81	5	3
VBB416	38° 36' N, 6° 56' O	63,85	79,28	1,84	4	3
VBB445	38° 53' N, 6° 41' O	28,46	83,19	0,72	4	3
VBB015	38° 47' N, 6° 51' O	16,23	87,37	2,14	3	3
VBB016	38° 45' N, 6° 50' O	19,11	90,94	1,10	3	2
VBB407	38° 45' N, 6° 44' O	45,66	79,05	1,87	4	3

A) % Limo y arena muy fina. B) % Limo y arena total. C) % M. Orgánica. D) Drenaje (\*2: Excesivo. 3: Moderada. 4: Bueno). E) Estructura (\*\*1: Granular. 2: Migajosa. 3: Sub/Poliédrica).

que los suelos con una estructura fuertemente desarrollada presenten una mayor microporosidad que se traduce en un aumento de la capacidad de retención de agua. El 50% de los suelos con drenaje moderado o excesivo también poseen un parámetro estructura que implica una reducción de la

**Tabla 2.** Resultado por subfactores y valor de **K** establecido para los inceptisoles.

<i>Suelo</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D*</i>	<i>E**</i>
<b>X. lítico</b>					
VBB316	14.624,02	9,49	0,00	4,20	<b>0,418</b>
VBB261	8.889,98	11,00	3,23	4,20	<b>0,339</b>
VBB271	3.168,22	11,05	6,46	4,20	<b>0,201</b>
<b>X. distri-lítico</b>					
VBB463	9.001,71	6,63	-3,23	0,00	<b>0,129</b>
VBB414	9.414,90	10,93	-3,23	-4,20	<b>0,205</b>
VBB413	10.166,97	9,08	3,23	1,05	<b>0,293</b>
<b>X. dístrico</b>					
VBB462	9.382,81	9,08	3,23	2,10	<b>0,284</b>
VBB439	9.475,78	8,08	3,23	2,10	<b>0,261</b>
VBB415	4.868,83	10,61	-3,23	4,20	<b>0,150</b>
VBB488	14.166,80	10,27	3,23	4,20	<b>0,469</b>
VBB489	10.994,38	10,35	3,23	4,20	<b>0,383</b>
<b>X. fluvéntico</b>					
VBB262	4.806,91	9,80	3,23	4,20	<b>0,202</b>
VBB114	13.199,63	9,36	3,23	3,15	<b>0,399</b>
VBB453	8.618,48	10,80	3,23	4,20	<b>0,327</b>
<b>X. típico</b>					
VBB447	2.991,19	10,38	-3,23	4,20	<b>0,094</b>
VBB446	5.744,30	10,50	6,46	4,20	<b>0,270</b>
VBB412	9.408,10	10,23	3,23	4,20	<b>0,335</b>
VBB134	7.035,14	11,09	3,23	-4,20	<b>0,202</b>
VBB452	14.463,24	9,39	3,23	4,20	<b>0,442</b>
VBB451	3.141,52	10,29	3,23	4,20	<b>0,162</b>
VBB315	10.960,52	10,00	3,23	4,20	<b>0,371</b>
VBB230	9.822,93	10,19	6,46	4,20	<b>0,378</b>
VBB416	16.708,21	10,16	3,23	4,20	<b>0,534</b>
VBB445	7.026,01	11,28	3,23	4,20	<b>0,289</b>
VBB015	3.916,66	9,86	0,00	2,10	<b>0,126</b>
VBB016	4.938,76	10,90	0,00	0,00	<b>0,146</b>
VBB407	11.362,63	10,13	3,23	4,20	<b>0,386</b>
<b>Mínimo</b>	<b>2.991,19</b>	<b>6,63</b>	<b>-3,23</b>	<b>-4,20</b>	<b>0,094</b>
<b>Máximo</b>	<b>16.708,21</b>	<b>11,28</b>	<b>6,46</b>	<b>4,20</b>	<b>0,534</b>
<b>Promedio</b>	<b>8.825,87</b>	<b>10,03</b>	<b>2,27</b>	<b>2,88</b>	<b>0,289</b>
<b>Dtípica (<math>\delta</math>)</b>	<b>3.825,50</b>	<b>1,00</b>	<b>2,81</b>	<b>2,43</b>	<b>0,118</b>

A) Subfactor textura. B) Subfactor M. Orgánica. C) Subfactor drenaje. D) Subfactor estructura.

erodibilidad del suelo. Todos los xerochrept fluvénticos, al igual que los del subgrupo lítico tienen una estructura que favorece el proceso erosivo hídrico. Los más beneficiados por su estructura son los correspondientes al subgrupo distri-lítico. La  $\delta$  calculada para los subfactores drenaje y estructura es de 2.807 y 2.429, respectivamente.

El contenido en materia orgánica es algo más variable en cuanto su peso específico en el resultado de la aplicación de la ecuación de regresión. A mayor contenido en materia orgánica, menor riesgo de erosión y ello se debe a que los suelos con mayor contenido en materia orgánica presentan un mayor espacio poroso y ofrecen una mejor estabilidad estructural. Más del 50% de los suelos considerados con drenaje y estructura deficiente lo son también para el parámetro materia orgánica, destacando que el 90% de los suelos son deficientes para drenaje y materia orgánica. Los valores máximos y mínimos de este subfactor se establecen en 11,28 y 8,08 respectivamente. Con un promedio de 10,034,  $\delta$  es 1,004, este subfactor es el de menor variación en la muestra analizada.

El parámetro textura, concretamente el subfactor textura, muestra una gran variabilidad. Presenta un mínimo, y por consiguiente debido a este parámetro, de erodibilidad un inceptisol clasificado como xerochrept típico, cifrándose en 2.991,19, mientras que en el otro extremo, vuelve a ser un xerochrept típico el de mayor grado de erodibilidad con un subfactor de 16,708,21. Para ningún suelo perteneciente al subgrupo distri-lítico el subfactor textura es favorable. Para el subfactor textura el promedio se sitúa en 8.825,87, si bien  $\delta$  es 3.825,5, lo que confirma la gran variabilidad de los datos obtenidos, no existiendo correlación alguna entre la textura de los distintos xerochrepts.

A la hora de analizar el factor K de erodibilidad de los suelos estudiados, encontramos un valor máximo de 0,534 y un mínimo de 0,094 y, como ocurría al analizar el subfactor textura, pertenecen a xerochrept típicos y este resultado es como consecuencia de la gran variabilidad, ya enunciada, del subfactor textura que a pesar de agruparse en la categoría de franco arenosos la mayoría de estos suelos, a la hora de analizar los contenidos de limo, arena muy fina y arena total, se produce una gran dispersión de los datos resultantes al aplicar la ecuación de regresión. A pesar de la gran dispersión en el parámetro textura, el valor K calculado presenta un promedio de 0,289 con una  $\delta$  de 0,118, la menor encontrada, lo que nos indica un mejor comportamiento a la hora de aplicar dicha ecuación.

La gran variabilidad observada lleva a considerar los resultados obtenidos en su conjunto con muy poca correlación entre el tipo de suelo y su coeficiente

de erodibilidad, sin embargo y a pesar de estas limitaciones, en la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos para los suelos agrupados en función de su clasificación.

Cuando se analizan independientemente los subgrupos, encontramos que para que el subfactor textura son los xerochrept típicos los menos susceptibles a ser erosionados, con un promedio de 8.270,71. Si bien su  $\delta$  es de 4.317,96, valor muy elevado, hemos de tener en cuenta que en este subgrupo encontramos el máximo y el mínimo del subfactor textura.

A continuación, y teniendo en cuenta el mismo subfactor, aparecen los xerochrept fluvénticos, con un promedio de 8.875,01 y una  $\delta$  de 4.202,24, más ajustada en el caso anterior.

**Tabla 3.** Resultado por subfactores y valor de **K** para cada subgrupo.

Suelo	A	B	C	D*	E**
<b>X. lítico</b>	8.894,07	10,51	3,23	4,20	<b>0,319</b>
$\delta$	5.727,90	0,89	3,23	0,00	0,110
<b>X. distri-lítico</b>	9.527,86	8,88	-1,08	-1,05	<b>0,209</b>
$\delta$	590,79	2,16	3,73	2,78	0,082
<b>X. dístico</b>	9.777,72	9,68	1,94	3,36	<b>0,309</b>
$\delta$	3.357,40	1,07	2,89	1,15	0,122
<b>X. fluvéntico</b>	8.875,01	9,99	3,23	3,85	<b>0,309</b>
$\delta$	4.202,24	0,74	0,00	0,61	0,100
<b>X. típico</b>	8.270,71	10,34	2,73	3,07	<b>0,287</b>
$\delta$	4.317,96	0,51	2,59	2,52	0,135

A) Subfactor textura. B) Subfactor M. Orgánica. C) Subfactor drenaje. D) Subfactor estructura.

Con un promedio en el subfactor textura de 8.894,07 aparecen los xerochrepts líticos, pero hay que hacer notar que en este subgrupo  $\delta$  es de 5.727,90, la mayor de todas. Una posible explicación pudiera venir dada por las características propias de los subgrupos líticos, suelos de muy poco espesor y teóricamente muy recientes, si bien cabe la posibilidad de que la presencia de estos suelos sea debida al efecto de procesos erosivos que han provocado la desaparición de parte de la superficie del suelo en cuestión.

Los xerochrepts distri-líticos poseen un subfactor textura promedio de 9.527,86 con una  $\delta$  estimada de 590,79, la menor de todos. Siguiendo en la línea anteriormente apuntada, estos suelos bien porque sean jóvenes o por un supuesto proceso erosivo, son los que presentan una menor variabilidad para el subfactor a considerar, pudiera pensarse, en este punto, que sus características en cuanto a textura sean las más estables.

Los suelos con mayor riesgo erosivo en cuanto a la textura que presentan son los clasificados como xerochrept dístrico, con un subfactor textura promedio de 9.777,72 y una  $\delta$  estimada de 3.357,40 que representa, en el conjunto de los datos analizados el menor valor tras el encontrado para el subgrupo anterior. Pudiera establecerse que el carácter dístrico, de suelos con un grado de saturación inferior al 60%, imprime una menor variabilidad al parámetro textura a la hora de considerarlo como parte principal de la ecuación de regresión que nos encontramos analizando.

En el análisis del parámetro materia orgánica se aprecia que el subgrupo con menor riesgo de erosión es el dístri-lítico, con un promedio en el subfactor materia orgánica de 8,88, sin embargo, su  $\delta$  estimada es de 2,16, precisamente la mayor encontrada. El peor comportamiento se corresponde al subgrupo lítico, como es de esperar por su bajo contenido en ese parámetro y que pudiera confirmar que se trata de suelos antiguos pero erosionados, su  $\delta$  se estima en 0,89. El resto de los suelos considerados el subfactor materia orgánica se sitúa en torno a 10, la menor  $\delta$  la presentan los xerochrepts típicos (0,51) seguidos de los fluvénticos (0,74).

El mayor valor del subfactor drenaje, lo cual implica un mayor riesgo de erodibilidad lo presentan los subgrupos lítico y fluvéntico, si bien la totalidad de estos últimos presentan el mismo valor por lo que  $\delta$  es 0. El menor riesgo lo presentan los pertenecientes al subgrupo distri-lítico (-1,08), si bien para ellos se estima la mayor  $\delta$  (3,73). El resto de subgrupos poseen un comportamiento intermedio.

Para el subfactor estructura, vuelven a ser los del subgrupo lítico los xerochrepts de mayor riesgo de erodibilidad (4,20) y, al igual que ocurría para los fluvénticos en el subfactor drenaje, todos los estudiados presentan el mismo valor, por lo que  $\delta$  es 0. Vuelven a ser los distri-líticos los de menor riesgo de erodibilidad (-1,05) y los de mayor variabilidad (2,78).

Al aplicar la ecuación de regresión de referencia, encontramos que el menor valor de K lo poseen los suelos pertenecientes al subgrupo distri-lítico, con un valor de 0,209 y también con menor variabilidad (0,082), esto nos viene dado porque para 3 de los 4 parámetros a considerar (materia orgánica, drenaje y estructura) son los de menor riesgo de erodibilidad. Pudiera establecerse que para este tipo de suelos, la ecuación propuesta se correlaciona mejor en cuanto a tipo de suelo y erodibilidad de los mismos. Si ordenamos los subgrupos estudiados en función del grado de erodibilidad de los mismos encontramos el siguiente orden de mayor a menor: xerochrept lítico ( $K = 0,319$  y  $\delta = 0,110$ ), xerochrept fluvéntico ( $K = 0,319$  y  $\delta = 0,100$ ), xerochrept dístrico ( $K = 0,319$  y  $\delta = 0,122$ ), xerochrept típico ( $K = 0,287$  y  $\delta = 0,135$ ) y por último los ya mencionados xerochrept distri-lítico.



#### 4. CONCLUSIONES

Como principales conclusiones a resaltar, se puede indicar que para el conjunto de los inceptisoles del término municipal de Badajoz existe una gran diferencia dentro de los suelos bajo la misma clasificación en cuanto al tratamiento a dar al subfactor textura y sólo al aplicar la ecuación de regresión al completo encontramos una cierta correspondencia entre las distintas unidades de suelos y el factor K asociado a las mismas, no obstante existen grandes diferencias entre las unidades edáficas presentes en un mapa de suelos y el grado de erodibilidad de las mismas. La estimación de la erodibilidad de estos suelos en función de su clasificación no presenta un margen de confianza aceptable.

Los xerochrepts líticos estudiados presentan el mayor valor de K, las características propias de estos suelos en cuanto a su espesor y las obtenidas al estudiar por separado cada uno de los subfactores a considerar pudiera indicar que la presencia de este tipo de suelo es debida a la existencia de un proceso erosivo antiguo, poniendo al descubierto horizontes subsuperficiales y provocando la desaparición de los superiores, los datos en cuanto a contenido de materia orgánica pudieran confirmar esta hipótesis, ya que un suelo joven se caracteriza por un horizonte húmífero y un subsuelo dominado por fracciones gruesas hecho este que, a juicio de los datos disponibles para estos suelos estudiados, hacen pensar en ese proceso erosivo.

Los inceptisoles de menor erodibilidad son los distri-líticos, a diferencia de los líticos estos no son tan susceptibles a ser erosionados y su presencia pudiera indicar unas condiciones de formación muy lentas y no ser el resultado de procesos erosivos sino de suelos más recientes. El alto contenido de materia orgánica y las buenas condiciones en cuanto a drenaje y estructura pudiera indicar que se encuentran en fase de desarrollo, un buen horizonte húmífero y unas condiciones favorables para el drenaje propiciadas, en parte, tanto por el contenido en materia orgánica como por su estructura, impidiendo la acumulación de agua en su superficie.

De cualquier manera sería necesario, en la medida de lo posible, hacer extensivo este estudio al medio natural, bien con el empleo de parcelas o simuladores de lluvia. La información así obtenida seguro nos haría comprender de manera más aproximada cómo responde el suelo al fenómeno erosivo producido por la acción del agua.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Fernández Pozo, L.** (1990): *Cartografía y capacidad de usos de los suelos del término municipal de Badajoz*. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

- Fernández Pozo, L. & García Navarro, A.** (1997): Capacidad de uso y aptitud para diferentes cultivos de los inceptisoles del término municipal de Badajoz. España. *Edafología*, 2, 123-129.
- ICONA** (1982): *Paisajes erosivos en el sureste español: Ensayo de metodología para el estudio de su cualificación y cuantificación. Proyecto LUCDEME*. Monografía 26. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- ICONA** (1987): *Mapas de estados erosivos. Cuenca hidrográfica del Tajo. Proyecto LUCDEME*. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Lal, R.** (1988): Erodibility and erosivity. En: Lal, R. (de): *Soil erosion research methods*, 141-160. Soil Water Conservation Society. Ankeny, IA.