

SUELOS DE GIPUZKOA SOBRE ARGILITAS. FACTORES LIMITANTES A SU USO Y CONSERVACION

A. Merino García
A. Martínez Cortizas

Lan honetan Gipuzkoan argiliten gainean moldaturiko lurzoruen ezaugarriak aztertzen dira eta beraien erabilpen eta kontserbaziorako aurkezten dituzten mugak ebaluatzen dira, Buol-en Soil Fertility Capability Classification System delakoaren bidez (1972).

Lurzoru hauen ezaugarri nagusiak: limo eta buztinaren arteko egitura, materia organikoen kopuru txiki edo moderatuak, erreakzio azidoa, nutrienteen eskasia nabarmena eta aluminio-safurazio handia elkartrukearen konplexuan, mino-topografia duten lekuetan kokatuak izateaz gain. Ezaugarri horiek direla eta, higaduraren menpe daude, landareen nutriziorako arazo handiak dituzte eta aluminiozko toxizitate potentzial handia dute.

En este estudio se caracterizan las propiedades de los suelos de Gipuzkoa desarrollados sobre argilitas y se evalúan en función de las limitaciones que presentan para su uso y conservación, por medio del Soil Fertility Capability Classification System de Buol(1972).

Las principales características de estos suelos son su textura limosa a arcillosa, alta densidad aparente, contenidos bajos a moderados de materia orgánica, reacción ácida, déficit importante de nutrientes y elevada saturación de aluminio en el complejo de intercambio, además de situarse en áreas de topografía colinada. Estas propiedades hacen que sean muy susceptibles a la erosión y tengan problemas considerables para la nutrición de las plantas y toxicidad potencia/ por aluminio.

Dans la présente étude nous signalons les caractéristiques des sols de Gipuzkoa développés sur des argillites et nous les évaluons en fonction des limitations qu'ils présentent du point de vue de leur utilisation et de leur conservation, en utilisant le Soil Fertility Capability Classification System de Buol (1972).

Les principales caractéristiques de ces sols sont leur texture de limoneuse à argileuse, leur haute densité apparente, leurs contenus de bas à modérés de matière organique, leur réaction acide, leur déficit important en matières nourricières et leur importante saturation en aluminium dans le complexe d'échange, et également le fait qu'ils se trouvent dans des zones d'une topographie de collines. Ces caractéristiques les rendent très sensibles à l'érosion et posent des problèmes considérables du point de vue de l'alimentation des plantes et de la toxicité potentielle par aluminium.

INTRODUCCION

La evaluación de los suelos constituye una tarea necesaria a la hora de abordar estudios del medio físico, máxime cuando se pretende analizar la repercusión que la actividad humana puede tener sobre el geosistema. Son muchas las metodologías que han sido desarrolladas hasta la actualidad, manteniéndose una cierta discusión entre los sistemas de tipo paramétrico y los no paramétricos. En los primeros la falta de información precisa y adecuada es crítica, restándoles efectividad. Este tipo de sistemas tienden a ser aplicados cuando se trabaja a escalas de detalle, en zonas bien conocidas en cuanto a suelos, clima, tipo de cultivos, técnicas agrícolas y condicionantes económicas. Los trabajos de Driessen (1986a) constituyen un ejemplo de esta tendencia. Los índices de Riquier (1971) y Storie (1973) representan los comienzos de estos sistemas paramétricos.

Entre los sistemas no paramétricos se pueden citar el Land Capability System (LCS) desarrollado por el USDA y adaptado en diferentes países -Inglaterra (Bibby y McKney, 1969), Portugal (Sánchez Cardoso, 1968), España (Ministerio de Agricultura, 1975)-; el Sistema de Evaluación de Tierras de la FAO (1976) que aunque fue desarrollado en principio para las tierras de labor, se ha extendido ahora a los suelos con dedicación forestal (FAO, 1984) y resultado, en gran medida, de los trabajos divulgados por autores como Sys (1975), Beek y Bennema (1973), Vink (1975) y Bennema (1973); el sistema del EMBRAPA (1979) para los suelos de Brasil; o el Soil Fertility Capability Classification System de Buol et al. (1976), sistema que hemos elegido para el presente trabajo dada su gran versatilidad y su difusión en la evaluación de suelos ácidos (Macías y Calvo, 1983; Martínez Cortizas, 1988).

En este trabajo se discuten las propiedades de los suelos sobre argilitas de Gipuzkoa. El estudio se orienta a una valoración no-paramétrica de las limitaciones que presentan éstos para su uso y conservación, siguiendo la línea argumental de los trabajos de De Pablo et al. (1991a, 1991 b). Estos autores han estudiado importantes procesos de erosión en zonas de pendiente elevada y desprovistas de vegetación; además, un manejo inapropiado en los mismos ha potenciado aún más los procesos erosivos.

MATERIAL Y METODOS

Para este estudio se han muestreado un total de 13 perfiles de suelo desarrollados sobre argilitas limosas con limonitas y areniscas, en las que son frecuentes concreciones de hierro, de edad Albiense Superior - Cenomaniense Inferior (IGME, 1975). Estos materiales se localizan formando distintas bandas en el territorio guipuzcoano, siendo la más extensa la que se encuentra en la zona de Arrasate y Oñate. En este área se han recogido los suelos bajo diferentes usos: prado (1 perfil), pinar (5), robleal (3) y monte talado o "matarrasa" (4); y en las zonas de Urrutxu, Lamiategi, Urkuiu y Arrasate (figura 1). En la nomenclatura abreviada de cada perfil se especifica el uso (pr, p, r, m) y la procedencia (UR, LA, UK y AR).

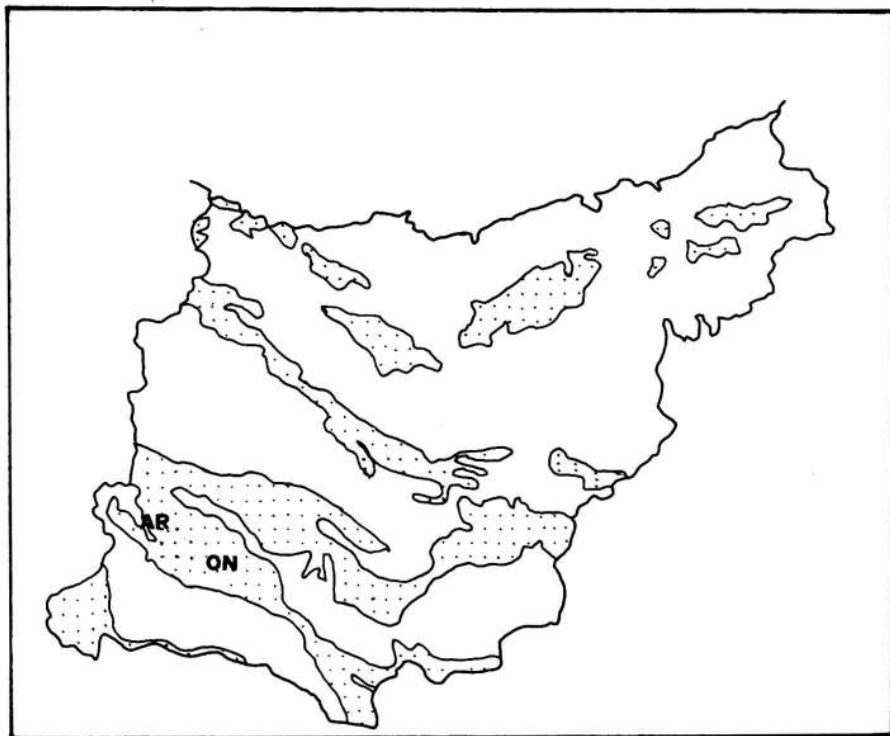


Figura 1. Distribución de las argilitas en Gipuzkoa (modificado de Tames et al., 1991). Las letras AR y ON indican la localización de Arrasate y Oñati y delimitan el entorno del área en la que se han muestreado los suelos.

En el apartado de edafoclima se emplean los datos de las estaciones meteorológicas de Aránzazu, Legazpia y Mutiloa, recogidos en Merino (1990). La reserva de agua útil (RAU) se ha estimado mediante un método de cálculo propuesto por Martínez Cortizas (1988), que utiliza como variables la textura y el contenido de materia orgánica del suelo. Para el balance hídrico mensual se ha empleado el método de Newhall (1976) modificado por Martínez Cortizas (1990), que considera un agotamiento de la reserva de tipo exponencial.

Las determinaciones físicas y químicas realizadas han sido las siguientes: textura, densidad aparente, materia orgánica, pH en H₂O y KCl 0.1 N (relación suelo : disolución de 1:2.5) y N total (Gutián y Carballas, 1976); fósforo asimilable (Olsen et al., 1954), cationes básicos y Al de cambio mediante extracción con NH₄Cl (Peech et al., 1947) y KCl 1M, (Prat y Bair, 1961), respectivamente. La capacidad de intercambio efectiva (CICe) ha sido estimada como la suma de cationes básicos extraíbles en NH₄Cl y Al extraíble en KCl (Kamprath, 1970).

Los análisis de Ca, Mg y Al se han realizado por espectrofotometría de absorción atómica y Na y K por espectrofotometría de emisión atómica.

Para la evaluación de las limitaciones al uso y conservación de este tipo de suelos se emplea el Soil Fertility Capability Classification System (Buol, 1972; Buol et al., 1976). En este

sistema la primera agrupación se realiza a partir de las texturas de la capa superficial del suelo (0-20 cm) y del subsuelo (20-50 cm), a la cual sigue una serie de “condiciones modificadoras” que fijan los parámetros específicos de limitación. Tanto las condiciones modificadoras como el tipo textural se denominan con una letra y son los siguientes:

TIPOS TEXTURALES

- S: arenoso (texturas arenosas, arenoso-francas y franco-arenosas)
- L: textura franca, menos del 35% de arcilla
- C: textura arcillosa, más del 35% de arcilla
- R: presencia de roca u otro nivel endurecido a menos de 50 cm

CONDICIONES MODIFICADORAS

- w: encharcamiento del suelo por períodos de duración variable; presencia de moteados redox.
- e: baja capacidad de intercambio de cationes (e4: fuerte si CIGe es menor de 4 cmolc kg⁻¹; moderada: e7 si se halla entre 4 y 7 cmolc kg⁻¹).
- a: carácter álico (saturación de aluminio en el complejo de intercambio superior al 60%).
- h: carácter ácido (hf: fuerte, cuando la saturación de aluminio se halla entre el 20% y el 60%; moderado: saturación entre un 10-20%).
- x: presencia de compuestos no-cristalinos (pH eR NaF superior a 10)
- v: carácter vértice (más del 35% de arcilla y más de un 50% de arcillas 2:1 hinchables, o cuando la capa superficial del suelo presenta procesos de contracción e hinchamiento).
- k: bajo contenido en K (menos de 2 cmolc kg⁻¹ ó una saturación de potasio inferior al 2% en el complejo de intercambio).
- ca: bajo contenido en Ca (menos de 1.5 cmolc kg⁻¹ ó relación Ca/Mg inferior a 0.5)
- mg: Bajo contenido en Mg (menos de 0.4 cmolc kg⁻¹ ó relación Ca/Mg superior a 50).
- b: presencia de carbonato libre (pH superior a 7.3 y efervescencia con HCl).
- s: salinidad (conductividad eléctrica en el extracto de saturación superior a 4 mmhos cm⁻¹ a 25°C).
- n: exceso de sodio (saturación de Na en el complejo de intercambio superior al 15%).
- p: bajo contenido en fósforo (menos de 5 mg kg⁻¹)

RESULTADOS Y DISCUSION

Características físicas y químicas

En la tabla 1 se encuentran recogidos los datos físico-químicos de los perfiles estudiados.

PERFIL	HOR.	pH H ₂ O	KCl	D.A. gcm ³	MO %	N %	C/N	Ar %	L %	Arc %	TXT.	Ca	Mg	Na cmol c kg ⁻¹	K cmol c kg ⁻¹	S	Al	ClCe	Sat. %	P mg kg ⁻¹
AR-m	A	4.58	3.47	n.d.	7.19	0.26	16	10.2	61.7	28.1	FPL	1.79	0.33	0.05	0.18	2.35	3.15	5.50	42.7	0.36
	Bw	4.63	3.59	n.d.	2.71	0.14	11	9.2	64.9	25.9	FL	0.37	0.07	0.04	0.07	0.55	2.41	2.96	18.6	0.24
Ar-p	A	4.48	3.43	1.17	7.14	0.22	19	8.8	57.1	34.1	FPL	0.53	0.19	0.05	0.18	0.95	3.78	4.73	20.1	0.24
	Bw	4.55	3.62	1.42	2.34	0.10	14	7.1	61.6	31.5	FPL	0.13	0.06	0.04	0.10	0.33	2.63	2.96	11.1	0.64
LA-p	A	4.50	3.38	1.27	5.28	0.18	17	21.6	53.5	24.8	FL	1.40	0.54	0.05	0.34	2.33	3.00	5.33	43.7	0.84
	Bw	4.38	3.43	1.32	2.31	0.18	7.4	19.9	52.9	27.2	FPL	0.58	0.25	0.05	0.13	1.01	3.19	4.20	24.0	0.36
	BC	4.53	3.58	n.d.	1.55	0.05	18	18.8	52.7	28.4	FPL	1.50	0.93	0.06	0.13	2.62	1.78	4.40	59.5	0.36
LA-m	A	4.23	3.44	n.d.	4.45	0.15	17	28.9	47.4	23.7	F	0.95	0.31	0.04	0.20	1.50	3.60	5.10	29.4	0.52
UK-r1	A	4.41	3.28	1.12	5.60	0.19	17	14.4	56.4	29.1	FPL	1.45	0.74	0.04	0.32	2.55	3.41	5.96	42.8	1.12
	Bw	4.12	3.39	1.63	1.34	0.05	16	6.8	58.6	34.6	FPL	0.50	0.17	0.05	0.19	0.91	3.71	4.62	19.7	0.16
	BC	4.15	3.35	1.52	0.71	0.05	8.2	13.5	56.4	30.9	FPL	0.07	0.11	0.04	0.10	0.32	3.49	3.81	8.4	0.24
UK-m1	A	4.11	3.11	1.36	3.71	0.11	20	12.5	56.6	30.8	FPL	0.42	0.17	0.04	0.16	0.79	5.19	5.98	13.2	0.44
	Bw	4.34	3.45	1.60	0.48	0.04	7.0	14.5	52.9	32.6	FPL	0.16	0.13	0.04	0.07	0.40	3.60	4.00	10.0	0.16
	C	4.53	3.33	n.d.	0.45	0.04	6.5	10.6	53.6	35.8	FPL	0.03	0.58	0.05	0.09	0.75	3.97	4.72	15.9	0.00
UK-p1	A	3.83	2.85	n.d.	6.03	0.12	29	13.8	62.0	24.1	FL	0.44	0.18	0.06	0.12	0.80	5.49	6.29	12.7	0.32
	BC	3.98	3.23	n.d.	1.33	0.05	15	9.9	58.0	32.0	FPL	0.14	0.07	0.05	0.11	0.37	5.30	5.67	6.5	0.60
UK-m2	A	4.36	3.33	1.42	5.83	0.20	17	18.2	51.1	30.7	FPL	0.57	0.17	0.05	0.14	0.93	3.86	4.79	19.4	0.44
	Bw	4.38	3.56	1.35	0.86	0.07	7.1	16.4	52.8	30.7	FPL	0.17	0.08	0.04	0.11	0.40	2.93	3.33	12.0	0.44
	BC	4.47	3.53	1.50	0.59	0.05	6.8	18.7	50.3	31.0	FPL	0.14	0.10	0.04	0.10	0.38	2.86	3.24	11.7	0.48
UK-p2	A	4.64	3.42	n.d.	4.36	0.12	21	23.8	51.5	24.7	FL	1.42	0.65	0.05	0.25	2.37	2.23	4.60	51.5	0.60
	BC	4.67	3.51	n.d.	1.19	0.07	9.9	22.4	53.3	24.3	FL	0.42	0.30	0.04	0.09	0.85	2.08	2.93	29.0	0.12
UK-r2	A	4.55	3.22	n.d.	8.59	0.28	18	24.8	48.7	26.4	F	2.59	0.84	0.04	0.27	3.74	3.26	7.00	53.4	1.36
	Bw	4.33	3.42	n.d.	1.50	0.07	12	25.9	47.3	26.8	F	0.17	0.07	0.03	0.06	0.33	2.78	3.11	10.6	0.20
	C	4.52	3.52	n.d.	0.52	0.07	4.3	24.0	46.0	30.0	FP	0.22	0.13	0.03	0.07	0.45	2.93	3.38	13.3	0.12
UR-pr	A	3.73	3.35	0.97	3.22	0.18	10	12.1	55.1	32.8	FPL	0.85	0.21	0.05	0.19	1.30	4.26	5.56	23.4	0.88
	BC	5.28	4.10	1.48	2.00	0.12	9.7	22.6	47.7	29.7	FP	6.40	0.34	0.06	0.11	6.91	0.22	7.13	96.9	0.24
	C	4.92	3.70	1.59	1.17	0.11	6.2	17.2	50.4	32.4	FPL	4.86	0.12	0.05	0.07	5.10	1.60	6.70	76.1	0.12
UR-p	A	5.17	4.19	1.40	5.10	0.33	9.0	22.5	47.5	29.9	FP	6.99	1.28	0.07	0.15	8.49	0.30	8.79	96.6	0.76
	BC	4.32	3.47	1.44	0.72	0.11	3.8	11.5	54.1	34.4	FPL	0.59	0.16	0.03	0.07	0.85	4.12	4.97	17.1	0.60
UR-r	A	4.09	3.25	1.36	3.41	0.11	18	14.5	54.0	31.4	FPL	0.11	0.09	0.04	0.08	0.32	5.04	5.36	6.0	0.36
	AB	4.09	3.44	1.34	1.88	0.07	16	11.6	51.6	36.8	FPL	0.30	0.08	0.05	0.12	0.55	4.78	5.33	10.3	0.32
	Bw	4.15	3.44	1.46	1.60	0.07	13	11.2	54.5	34.3	FPL	0.13	0.07	0.04	0.10	0.34	5.04	5.38	6.3	0.60

D.A.: densidad aparente; MO: materia organica; Ar:arena; L: limo; Arc: arcilla;TXT: textura; f: franca; fp: franca arcillosa; fp: arcillo limosa; fpl: franca limosa; Sat.: porcentaje desaturacion en cationes basicos.

Tabla1 Propiedades generales de los perfiles de argilitas estudiados.

Textura. En todos los horizontes, superficiales y subsuperficiales, las fracciones dominantes son el limo fino y la arcilla; la suma de ambas representa casi siempre más del 60 % de la fracción tierra fina. La mayor parte de las muestras (7 horizontes superficiales y 8 subsuperficiales) se incluyen en la clase textural Franco Arcillo Limoso, fpl; el resto son de tipo Franco Limoso, fl (3 y 2 muestras superficiales y subsuperficiales, respectivamente), Franco, f, (2 y 1) y Franco Arcilloso, fp, (1 y 1, respectivamente) (tabla 1).

Densidad aparente. Los valores de densidad aparente son, en general, bastante elevados, en especial en los horizontes subsuperficiales y reflejan una serie de características de estos suelos como son el menor contenido en materia orgánica de estos horizontes, la abundancia generalizada en elementos finos, así como el drenaje impedido y estructura masiva en húmedo.

pH en H₂O y KCl. Los valores de pH en H₂O oscilan entre 3.7 y 5.3, siendo en general, inferiores a 4.5. El pH determinado en KCl se encuentra entre 2.9 y 4.2, siendo, normalmente, inferior a 3.6. Los valores de pH de algunas de las muestras de los perfiles UR-pr y UR-p, ligeramente más elevados, posiblemente sean reflejo de enmiendas de fertilidad que en ellos han podido practicarse.

Contenido de materia orgánica. El contenido en materia orgánica de las muestras superficiales oscila entre 3.2 (UR-pr) y 8.6 % (UK-r2), siendo, en general, superior a 4.0. En los horizontes subsuperficiales disminuye visiblemente, presentando siempre valores inferiores a 3 %.

Capacidad de intercambio catiónico efectiva, CICE. Los valores de CICE son muy reducidos en todos los casos, oscilando entre 3 y 8.8 cmol kg⁻¹. Los horizontes superficiales, en virtud de sus mayores contenidos en materia orgánica, presentan valores ligeramente más elevados de CICE. En este sentido todas las muestras subsuperficiales poseen un valor inferior a 16 cmol kg⁻¹ de arcilla, presentando por ello propiedades ferrálicas.

Cationes de cambio. La cantidad total de cationes alcalinos y alcalinotérreos es muy baja, oscilando sus valores entre menos de 1 y 8.5 cmol kg⁻¹ de suelo, siendo comunes valores inferiores a 2. En la mayor parte de los suelos, el orden de abundancia es Ca > Mg > K > Na. La saturación en cationes básicos es siempre inferior al 50 %, siendo frecuentes los valores inferiores al 1.5 %. A excepción de los suelos que parecen presentar enmiendas de fertilidad (perfiles UR-pr y UK-r2) el complejo de cambio se encuentra dominado por Al, cuyos contenidos se cifran entre 1.8 y 5.5 cmol kg⁻¹.

Fósforo. Las cantidades de P asimilable son extraordinariamente bajas, siendo normalmente inferiores a 1 mg kg⁻¹.

Régimenes de temperatura y humedad del suelo

Los principales aspectos del clima de los suelos son su régimen de temperatura y de humedad. A falta de datos obtenidos directamente en el propio suelo, los valores aproximados pueden establecerse a partir de los atmosféricos por medio de modelos más o menos precisos. La precipitación media anual en la zona es de 1500-1700 mm, la ETP de 625-725 mm y la temperatura media anual de 10.6-12.9 °C.

Régimen de Temperatura. Las tres estaciones meteorológicas empleadas en este estudio presentan régimen MESICO, que implica una temperatura media anual inferior a 15 grados y una amplitud térmica superior a 5 grados.

Régimen de humedad. La reserva de agua útil del suelo (RAU) es un parámetro de gran importancia para establecer el balance hídrico del mismo y, en último caso, su régimen de humedad.

En la figura 2 puede observarse la evolución de la reserva de agua útil acumulada en profundidad, para cada uno de los perfiles analizados. En ellos se ha establecido una profundidad de referencia de un metro -cuando el perfil lo superaba- para permitir la comparación de los distintos perfiles.

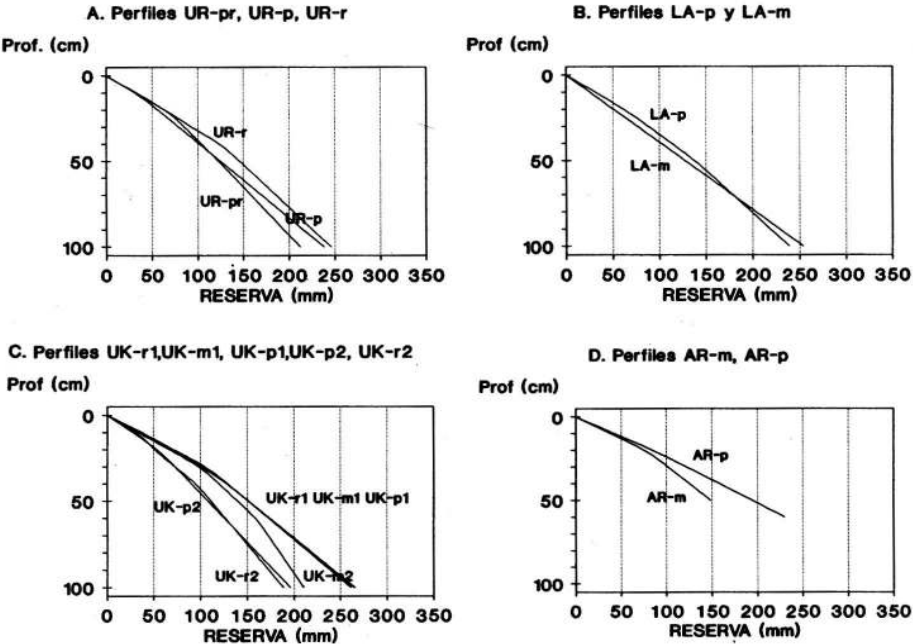


Figura 2. Reserva de agua útil acumulada de los suelos empleados

En conjunto, se aprecia que los valores de reserva se agrupan en cuatro clases:

RAU (mm)	PERFILES DE SUELO
150	AR-m
200-210	UR-pr, UK-m2, UK-r2
230-240	UR-p, UK-pl, LA-p, AR-m
250-260	LA-m, UK-r1, UK-m1, UK-pl

Tabla 2. Reserva de agua útil del suelo (RAU) hasta una profundidad de un metro.

Los valores de reserva son bastantes próximos para la mayoría de los suelos, y son la profundidad y los niveles de materia orgánica los factores que condicionan las diferencias entre ellos. En general pueden considerarse como valores altos de reserva de agua, concordantes con el fuerte predominio de los elementos finos en la textura y por tanto con un elevado porcentaje de poros de almacenamiento (diámetro <50 micrómetros).

En las figura 3 se aprecia de forma gráfica la evolución de la sequía y su intensidad. La duración de la sequía es mínima para la estación de Aránzazu con los mayores niveles de reserva de agua: de unos 100 días, comprendidos entre principios del mes de julio y comienzos o mediados de octubre. Las estaciones de Legazpia y Mutiloa tienen duraciones similares, muy poco condicionadas por la reserva de agua: del orden de los 150 a 160 días, comprendidos entre principios de junio y mediados de noviembre.

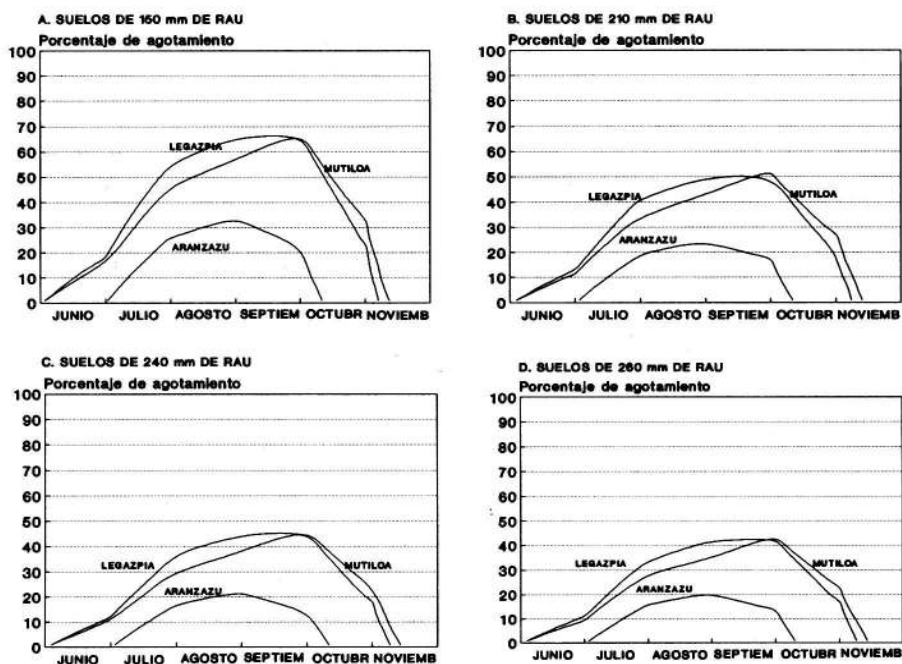


Figura 3. Evolución de la sequía a lo largo del año para diferentes valores de reserva de agua (RAU) y estaciones meteorológicas.

El factor intensidad es el más variable, pues si bien en Aránzazu el máximo de agotamiento de la reserva oscila entre un 20% y un 34% en el mes de agosto; para Legazpia y Mutiloa oscila entre el 46% y el 68% y se alcanza en el mes de septiembre. Estos niveles de intensidad de la sequía indican que ésta sólo afectará, cuando más, a los 50 cm superficiales del suelo.

Otro hecho relevante es que para las estaciones y los niveles de reserva considerados, los suelos no experimentan una sequía importante. Sólo aquellos suelos con valores de reserva inferiores a los 240 mm podrán presentar en algún momento del año una sequía fuerte (agotamiento del orden del 50-75%) para las estaciones de Legazpia y Mutiloa. Mientras que la mayor parte del período de utilización -durante el cual las plantas viven a expensas del agua de la reserva del suelo- la intensidad de la sequía será moderada (entre un 25-50% de agotamiento de la reserva).

Es por ello que para esta zona, predominarán las condiciones húmedas en el suelo: el período de infiltración y escorrentía representa del 73% (Aranzazu) al 55-57% (Legazpia y Mutiloa, respectivamente) del año; mientras que el exceso hídrico total, para el año estandar, sería del orden del 59% al 51-54%, dependiendo de la estación meteorológica. Este exceso de agua, es muy importante durante los meses de diciembre a marzo.

Descripción general de los perfiles de suelo y clasificación

Los epipedones de los suelos muestreados son de tipo ócrico, con reacción ácida a muy ácida, de color pardo a pardo amarillento (10 YR 5/6) y de escasa profundidad (entre 10 y 20 cm); la estructura está mal desarrollada en húmedo, de tendencia masiva, siendo firme y dura a muy dura en seco, en bloques subangulares y ligada a una textura de tipo franco-arcillo-limosa y sólo ocasionalmente más gruesa.

En zonas de baja pendiente aparecen moteados característicos de áreas con hidromorfía. Presentan un límite gradual, a veces con un horizonte de transición AB. Están fuertemente desaturados, excepto aquellos casos en que han recibido aportes de caliza.

Los horizontes subsuperficiales son de naturaleza cámbica, con reacción ácida, color similar al del epipedon y profundidad ligeramente superior (20 a 30 cm). Son masivos en húmedo y duros o firmes en seco. Un rasgo dominante en ellos es la gran abundancia de gravas y la presencia de un límite gradual o difuso hacia la saprolita.

Al igual que en el caso de los epipedones son frecuentes los moteados, reflejo de condiciones de hidromorfía alternante y resultado del drenaje forzado por la actividad humana, transformando el régimen de humedad del suelo hacia un régimen sérico. Esta hidromorfía está relacionada con la elevada proporción de arcilla en estos horizontes, lo cual origina tasas de conductividad hidráulica muy bajas, de 1 a 1.5 cm d-1 (Driessen, 1986b).

Otro aspecto destacable es la tendencia ferrálica (<16 cmolc kg-1 de arcilla) del horizonte cámbico. Esto aparece en todos los horizontes B a excepción de dos suelos, el de prado UR-pr y el de pinar UK-p1. Muy probablemente esta naturaleza se deba al predominio, en estos suelos, de caolinitas de baja carga que dan lugar a una capacidad de intercambio catiónico pequeña.

Según la clasificación de la FAO/UNESCO (1988) estos suelos se clasifican como Gleisol dístico (3 perfiles), Cambisol glyco (1), Cambisol ferrálico (7), Cambisol eútrico (1), Antrosol árico (1) (véase tabla 3).

Perfil	Vegetación	Pend (1)	Prof. Hor (cm)	Color en húmedo			FAO/UNESCO (1988)
AR-m	Matarrasa(2)	6	A (0-20)	7.5	YR	4/6	Cambisol ferrálico
			B (20-42)	7.5	YR	5/6	
AR-p	Pinar	5	A (0-20)	10	YR	4/6	Cambisol ferrálico
			B (20-57)	10	YR	6/6	
M - P	Pinar	6	A (0-19)	10	YR	4/6	Cambisol gleyco
			B (19-45)	10	YR	4/6	
			BC (> 45)	10	YR	4/6	
LA-m	Matarrasa(2)	6	A				Antrosol árico
UK-rl	Robledal	5	A (0-12)	10	YR	4/6	Cambisol ferrálico
			B (12-32)	10	YR	4/6	
			BC (32-52)	10	YR	4/6	
UK-ml	Matarrasa(2)	5	A (0-32)	10	YR	5/6	Cambisol ferrálico
			B (32-137)	10	YR	5/6	
			BC (> 137)	7.5	YR	5/8	
UK pl	Pinar	5	A (0-27)	10	YR	6/2	Gleysol dístico
			BC (27-58)	10	YR	5/6	
UK-m2	Matarrasa(2)	3	A (0-30)	10	YR	5/6	Cambisol ferrálico
			B (30-55)	10	YR	5/6	
			BC (55-95)	2.5	Y	6/6	
UK-p2	Pinar	3-4	A (0-20)	10	YR	4/3	Cambisol ferrálico
			B (20-52)	10	YR	5/6	
UK-r2	Robledal	2	A (0-12)	7.5	YR	3/4	Cambisol eútrico
			B (12-48)	7.5	YR	3/4	
			BC (>46)	7.5	YR	3/4	
UR-pr	Prado	2	A (0-16)	10	YR	5/6	Gleysol dístico
			B 16-45)	10	YR	5/6	
			BC (> 45)	10	YR	7/4	
UR-p	Pinar	2	A (0-10)	10	YR	3/4	Gleysol distrito
			BC (10-27)	10	YR	5/6	
UR-r	Robledal	2	A (0-20)	10	YR	4/6	Cambisol ferrálico
			AB (20-32)	10	YR	4/6	
			B (32-52)	10	YR	5/6	

(1): Pendientes Clase FAO.(Z): Tala total de pinar

Tabla 3. Perfiles de suelo estudiados, características generales y clasificación

Factores limitantes

Como se ha citado en la introducción y en material y métodos, empleamos aquí el SFCC de Buol para evaluar las limitaciones de los suelos desarrollados sobre argilitas. Según Tel y Haggarty (1984) este sistema es adecuado como método alternativo para la caracterización y evaluación de suelos; mientras que Buol et al. (1976) advierten que el sistema facilita una base en la cual los suelos se agrupan en función de unas propiedades que han sido elegidas por su importancia para definir la fertilidad del suelo y, en consecuencia, relacionadas con las posibilidades de uso y conservación.

El sistema SFCC es abierto, dado que permite la introducción de nuevos modificadores para adaptarse a los problemas específicos de cada zona particular. De ahí la elevada cantidad de contribuciones que se han hecho al mismo (Sánchez et al., 1982; Macías y Calvo, 1983; Tel y Haggarty, 1984).

En la tabla 4 se recogen los factores modificadores encontrados para los suelos analizados en este estudio. En dicha tabla puede verse como la secuencia de modificadores más habitual es: L e7 a k ca mg p; es decir, sustratos francos con menos del 35% de arcilla, moderada capacidad de intercambio catiónico, de fuerte carácter álica -a veces acidez moderada- y déficit en nutrientes -Ca, Mg, K y P- asociados en ocasiones con procesos de hidromofía. A continuación se comentan algunos de estos aspectos en relación con el uso y la conservación del suelo.

	S	L	C	R	w	d	e4	e7	a	hf	hm	x	v	k	ca	mg	b	s	n	p
AR-m	*							*	*					*	*					*
A R - p	*							*	*					*	*	*				*
L A - p	*							*		*					*					*
LA-m	*							*	*						*	*				*
UK-rl	*							*		*					*					*
UK - m l	*							*	*					*	*	*				*
UK - p l	*				*			*	*					*	*	*				*
UK - m2	*							*	*					*	*	*				*
UK - p2	*							*		*					*					*
UK-r2	*				*					*										
UR-pr	*				*			*	*					*	*	*				*
UR-p	*				*									*						*
UR-r	*							*	*					*	*	*				*

Tabla 4 .Factores modificadores de los suelos empleados

Fuertes pendientes *de/* terreno. Este factor ejerce un efecto directo sobre el suelo, implicando una escasa profundidad y un incremento de la pedregosidad, potenciando la erosionabilidad del mismo.

El carácter arcilloso de todos ellos, junto a las proporciones de materia orgánica (en general, no superior a 5 %), son factores que acentúan la susceptibilidad a la erosión (Díaz-Fierros y Gil Sotres, 1982). Con todo ello, las superficies desprovistas de vegetación arbórea y localizadas en pendientes superiores al 30 % pueden ser consideradas como zonas de eleva-

do riesgo de erosión. En este sentido, algunos autores han citado que niveles de C orgánico inferiores al 2% se asocian siempre a procesos severos de erosión en suelos sometidos a laboreo (Fullen, 1985)

Carácter arcilloso. Esta propiedad origina serias limitaciones al uso y conservación de estos suelos. Las finas texturas que exhiben todos ellos, provocan su marcada densidad; la estructura se hace masiva cuando el suelo está húmedo, impidiendo la aireación y la circulación de agua a través de ellos. De esta manera, en zonas de pequeñas pendientes se originan situaciones de drenaje impedido en la sección cercana a la superficie; cuando se incrementa la inclinación del terreno, la zona de mal drenaje se localiza en una profundidad intermedia.

Como consecuencia de la escasa infiltración y abundante pluviosidad durante todo el año se favorece el riesgo de erosión, máxime cuando la cubierta vegetal del suelo ha sido eliminada total o parcialmente. Además, debido al efecto de axísis producido en las raíces de las plantas, se provoca una importante reducción de la zona de enraizamiento, que llega a estar limitada, en algunos casos, a la sección más superficial del suelo.

De este modo, un hecho observado en los suelos de algunas de las parcelas estudiadas ha sido la fuerte erosión por formación de cárcavas, fenómeno denominado de "piping". La génesis de este tipo de degradación del suelo parece estar ligada a propiedades de los suelos (carácter arcilloso, escasez de materia orgánica), a parámetros del régimen hidrológico del área (períodos largos de abundante escorrentía) y a cambios en el uso del suelo (eliminación de zonas arboladas para su transformación en prados u otros).

Escasa disponibilidad potencial de nutrientes. Ya ha sido comentada la escasez de elementos nutritivos en estos suelos; son deficientes en Ca, Mg, Na y K, además de P. Para ser explotados con fines agrícolas son necesarias prácticas de abonado con materia orgánica, unido a encalado y adición de N, P y K, lo que incrementaría la capacidad de intercambio, la reserva de nutrientes y tendría efectos beneficiosos sobre la agregación y la dinámica del agua.

Toxicidad por aluminio. Los bajos valores de pH facilitan la liberación de este elemento a la disolución del suelo. De esta manera, los niveles de Al de intercambio encontrados en todos los suelos naturales (se entiende por tales los que no han recibido prácticas de fertilización) resultan tóxicos para algunas especies de importancia agronómica como son la judía, la alfalfa, el trébol (el Al perturba las funciones vitales en estas plantas, impidiendo la división celular y afectando a la absorción de nutrientes y de agua) (Huag, 1984).

Para la corrección de éste carácter son necesarias enmiendas con materia orgánica, encalado. De hecho, este tipo de prácticas ha reducido considerablemente los niveles de Al de cambio en los perfiles UR-pr, UR-p y UK-r2 (ver tabla 1).

CONCLUSIONES

La secuencia típica de horizontes de los suelos de argilitas de Gipuzkoa es un horizonte superficial de tipo A ócrico suprayacente a un B de naturaleza cámbica. Se caracterizan por presentar texturas finas, elevadas densidades aparentes y altos valores de reserva de agua útil (RAU); en cuanto a las características químicas, destacan los bajos valores de pH, la escasa capacidad de intercambio catiónico y la dominancia de Al en el complejo de cambio. De acuerdo con el SFCC la mayoría de los suelos presentan una secuencia de modificadores L e7 a k ca mg p. Con todo ello, las pronunciadas pendientes del terreno y el carácter arcilloso son los factores limitantes considerados como muy difícilmente mejorables; otro conjunto

de aspectos desfavorables son el marcado carácter ácido, la carencia de elementos nutritivos y la toxicidad por Al.

El aprovechamiento y conservación de estos suelos plantea, por tanto, la necesidad de llevar a cabo medidas conducentes a minimizar el riesgo de erosión y a optimizar su estado nutricional. En este sentido, sería recomendable evitar la eliminación de la cubierta vegetal por períodos largos de tiempo, así como la realización de prácticas de fertilización adecuadas a los medios ácidos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos recordar con este trabajo al profesor y amigo Félix Ugarte de quien recibimos apoyo incondicional no sólo para este estudio sino para otras muchas tareas relacionadas con el medio físico de Euskalherria, al cual dedicó su mayor ilusión.

BIBLIOGRAFIA

- BEEK, K.J; BENNEMA, J. 1973. Evaluación de tierras para la planificación del uso rural. Un método ecológico. Boletín Latinoamericano sobre Fomento de Tierras y Aguas, 3. Oficina Regional de la FAO, Santiago de Chile.
- BENNEMA, J. 1973. Land evaluation for rural purposes. ILRI, Publication 17, Wageningen.
- BIBBY, J.S; McKNEY, D. 1969. Land capability classification. Soil Survey of Great Britain, Technical Monograph 1, Harpenden.
- BUOL, S.W. 1972. Fertility capability soil classification system. Agron. Eco. Res. on Tropical Soils; Annual Report 1971-1972. Soil Survey Dept. North Carolina State University.
- BUOL, S.W. ET AL. 1976. Soil fertility capability classification. En Bornemisza y Alvarado (Ed): Soil Management in Tropical America.
- DE PABLO, C.T.L et al. 1991a. Búsqueda de una utilización adecuada. Euskadi Forestal, 28: 12-14.
- DE PABLO, C.T.L. et al. 1991 b. Pérdida del suelo y explotación forestal en el País Vasco. Bizia, 6: 35-38.
- DIAZ-FIERROS, F; GIL SOTRES, F. 1984. Capacidad productiva de los suelos de Galicia. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Santiago. Santiago.
- DRIESEN, P.M. 1986 a. Quantified land evaluation (QLE) procedures, a new tool for land-use planning Net. Jour. Agrie. Science, 34: 295-300.
- DRIESEN, P.M 198613. The water balance of the soil. En H. Van Keulen y J. Wolf (Eds): Modelling of agricultura1 production: weather, soils and crops. PUDOC, Wageningen, The Netherlands.
- EMBRAPA. 1979. Aptidão agrícola das terras de Alagoas. Estudos básicos para o planeamento agrícola. Aptidão agrícola das terras, 9. Brasília.
- FAO. 1976. Sistema de evaluación de tierras para uso agrícola. Boletín de suelos 32. Roma.
- FAO. 1984. Land evaluation for forestry. Forestry Paper 48. Rome.
- FAO/UNESCO. 1988. Soil map of the world. Revised Legend. Roma.
- FULLEN M.A. 1985. Erosion of arable soils in Britain. Int. Jour. Environ. Studies, 26: 55-69.
- GUITIAN, F; CARBALLAS, T. 1976. Técnicas de análisis de suelos. Ediciones Pico Sacro, Santiago.
- HUAG, A. 1984. Molecular aspects of aluminum toxicity. CRC Crit. Rev. Pl., Sci., 1: 345-373.
- IGME. 1975. Mapa Geológico Nacional, E: 1:50.000, Hoja 88 Vergara. Ministerio de Industria, Madrid.
- KAMPRATH, E.J. 1970. Soil acidity and response to liming. Int. Soil Testing Techn. Bull. 4.
- MACIAS, F.M; CALVO, R.M. 1983. El análisis del medio físico y su aplicación a la ordenación del territorio: una experiencia piloto en el área de Padrón. Trab. Compost. en Biología, 10: 179-208.

- MARTINEZ CORTIZAS, A. 1988. Evaluación y cartografía de recursos edáficos: La comarca de Lalín. Tesis Doctoral, Facultad de Biología, Universidad de Santiago.
- MARTINEZ CORTIZAS, A. 1988. La reserva de agua útil de los suelos de Galicia. I. Relación con la textura y el contenido de materia orgánica. An. Edaf. Agrobiol. 47: 561-572.
- MARTINEZ CORTIZAS, A. 1990. Estudio de las aportaciones hídricas en Galicia. Mem. Consellería de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Xunta de Galicia.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA. 1975. Mapas de clases agrológicas, E: 1:50.000. Madrid.
- MERINO, A. 1990. Bioclimatología de Gipuzkoa. Lurralde, 13: 63-116.
- NEWHALL, F. 1976. Calculation of moisture regimen from the climatic record. Soil Surv. Inv. Rep. Soil Conservation Service, USDA, Washington.
- OLSEN, SR; COLE, CV; BATANABE, FS; DEAN, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA, Circ. No. 939, Washington.
- PEECH, M; ALEXANDER, L.T; DEAN, L.A; REED, J.F. 1947. Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U.S. Department of Agriculture, 757. Washington.
- PRAT, P.F.; BAIR, F.L. 1961. A comparison of three reagents for the extraction of aluminum from soils. Soil Sci., 91, 357-359.
- RIQUIER, J. 1971. The parametric method of land evaluation. ACL Misc., 71/12. FAO, Rome.
- SANCHEZ CARDOSO, J.C. 1968. Soil survey and land use planning in Portugal. Trans. 9th International Congress on Soil Science, 4. 261-269.
- SANCHEZ, P.A. et al. 1982. The fertility capability soil classification system: interpretation, applicability and modifications. Geoderma, 27: 283-309.
- STORIE, R.E. 1973. An index for rating the agricultural value of soils. Bull. California Agric. Experiment. Station, 556.
- SYS, C. 1975. Guidelines for the interpretation of land evaluation in developed countries. FAO Soils Bulletin, 29: 107-118.
- TEL, D.A; HAGGARTY, M. 1984. Soil and plant analysis. International Institute of Tropical Agriculture, Guleph, Canada.
- TAMES, P. et al. 1991. Geomorfología y edafología de Gipuzkoa. Ed. Diputación Foral de Gipuzkoa.
- USDA. 1976. Soil Taxonomy. A basic System for Interpreting and Making Soil Survey. Agric. Handbook No.465 S.S.S. Washington.
- VINK, A.P.A. 1975. Land use in advancing agriculture. Adv. Series in Agricultural Science 1. Springer Verlag, New York.