

POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DE VINAZAS EN SUELOS ROJOS DE LA MANCHA (ESPAÑA)

Por A. Álvarez González, R. García-Giménez, I. Casares y R. Jiménez Ballesta
Universidad Autónoma de Madrid

RESUMEN

En este trabajo se aborda el estudio del posible impacto de diversos vertidos de vinaza (material o conjunto de subproductos procedentes tanto de la elaboración del vino, como del tratamiento del mosto de la uva en las alcohólicas), sobre un suelo rojo dedicado al uso y manejo de cultivos de secano. El objetivo principal es, por tanto, investigar los efectos que este tipo de residuos producen en la calidad de los suelos y, más concretamente, en algunas de sus propiedades. De los resultados obtenidos se deduce que el vertido de vinazas al suelo supone un aporte extra de materia orgánica, que mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Favorece la formación de agregados estables, mejorando significativamente su estructura, produce un ligero descenso de pH (mejorando la asimilabilidad de nutrientes en estos suelos carbonatados). Por otra parte, el contenido en metales pesados de este residuo orgánico es muy bajo, por lo que no supone ningún riesgo de contaminación para los suelos y cultivos. Sin embargo, produce un incremento en la conductividad eléctrica de los mismos; salinidad que se ve potenciada por el régimen hídrico de la zona.

Palabras clave: vinazas, suelos rojos, La Mancha, España.

POSSIBILITIES OF APPLICATION OF VINAZAS IN RED SOILS OF LA MANCHA (SPAIN)

ABSTRACT

The present work deals with the study of the possible impact that can produce various vinases (set of products originated from the production of wine and the treatment of the grape wine in alcohols industries) on a cultivated red soil. The main objective is therefore to investigate the effects that this type of waste produced in soil quality, and more specifically on some of the properties. Following the study and analysis of the results, we can say that the vinasses affect soil chemical and physical properties significantly. Indeed, the incorporation of vinasses primarily involves a contribution of extra organic matter, thus improving the physical, chemical and biological soil, as it promotes the formation of stable aggregates, while is the main nutrient for microorganisms and plants, and a source of energy. The applied waste decreases the soil pH, from basic to neutral values, and improves nutrient availability, nevertheless increases the soil salinity. The heavy metal content of this organic waste is very low, so it poses no risk of contamination to the soil and crops.

Key Words: vinasses, red soils, La Mancha, Spain.

INTRODUCCIÓN

Dado que la producción de residuos es imposible de evitar, se trata en la actualidad, de minimizar o de reutilizar los mencionados restos empleándolos de manera racional, reciclándolos o dándoles aplicaciones de carácter secundario que favorezcan el proceso de asimilación o destrucción de los mismos, evitando sus efectos negativos sobre el medioambiente y de forma que se mantengan los equilibrios ecológicos naturales (Ros, 2000). La degradación de un suelo supone ante todo una disminución de su capacidad productiva, debido a ciertos cambios en sus propiedades físicas, físico-químicas, químicas, bioquímicas o biológicas que conducen a la pérdida o disminución de su fertilidad (García et al., 1994a; Pascual, 1995)

Uno de los residuos más comunes y conocidos en el ámbito agrícola de La Mancha son las vinazas. Las vinazas son un residuo líquido compuesto por un conjunto de subproductos procedentes tanto de la elaboración del vino como del tratamiento del mosto de la uva en las alcoholeras. Otro subproducto, este sólido, generado también por la empresa vitivinícola es el orujo. Bajo esta denominación se agrupan los hollejos, semillas y pedúnculos florales que forman los racimos que se desechan tras el prensado de la uva para la extracción del mosto correspondiente. En efecto, su acumulación es un problema cada vez más preocupante en La Mancha, que no solo genera problemas de espacio, sino también de contaminación, pudiendo llegar a ser una amenaza para los suelos y cultivos manchegos.

Los suelos agrícolas en La Mancha superan el 50% del territorio, de los cuales una gran parte se encuentran degradados. En este contexto la degradación química puede ser causada por un contenido excesivo de metales pesados, de fertilizantes químicos, de biocidas o de otros compuestos contaminantes añadidos al suelo que puedan alterar significativamente el desarrollo de las plantas. Dentro de la degradación física se engloban la compactación y la erosión, asociadas a la pérdida de estructura y porosidad, mientras que en la biológica son determinantes las pérdidas de materia orgánica y de biodiversidad.

En los ecosistemas de La Mancha, los suelos manifiestan, en distinto grado, procesos de degradación debidos no solo a prácticas agrícolas inadecuadas, sino también a factores climáticos de marcada aridez, con temperaturas elevadas y escasez de precipitaciones, que producen el deterioro de sus propiedades. Estas condiciones ambientales favorecen y aceleran los procesos de mineralización de la materia orgánica existente en el sistema, lo que les confiere una escasa capacidad de retención hídrica y provoca una disminución progresiva de la cobertura vegetal, favoreciendo los procesos de erosión (Pascual, 1995). Las consecuencias de estos procesos son muy graves al deteriorarse un recurso natural cada vez más escaso, sobretodo porque el reestablecimiento de ciertas propiedades del suelo pueden tardar años o incluso siglos en recuperarse.

En el presente trabajo se pretende evaluar la posibilidad de aplicación de las vinazas al suelo como enmienda orgánica con el fin de mejorar las condiciones del medio, la fertilidad del suelo y la productividad de los cultivos, así como reducir la problemática creciente de la acumulación de este residuo orgánico.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. El medio físico. Los suelos

El ámbito seleccionado para llevar a cabo el presente estudio es el entorno de la localidad de Madridejos, en la provincia de Toledo, perteneciente a la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (figura 1). Se trata de una zona prácticamente plana.



Figura 1. Situación geográfica del término municipal de Madridejos.

El microclima es continental, predominando inviernos y veranos largos y rigurosos. La temperatura media anual oscila entre 13° y 16° C, aunque la amplitud térmica es muy elevada por el efecto de la continentalidad. Las temperaturas mínimas se suelen dar en diciembre y enero, y las máximas absolutas en la segunda quincena de julio y durante el mes de agosto. Las temperaturas medias mensuales de la provincia de Toledo publicadas por el Instituto Nacional de Estadística se presentan en la tabla 1.

Tabla 1 Temperaturas medias mensuales (°C) en la Provincia de Toledo.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MEDIA
1997	7,1	10,7	14,4	16,4	17,6	20,6	24,4	25,6	23,2	17,9	11,1	7,8	16,4
1998	8,0	10,1	13,2	11,7	16,3	23,0	27,0	27,2	21,7	14,7	10,2	5,6	15,7
1999	6,4	7,8	11,2	14,6	19,0	23,9	28,2	26,8	21,8	16,3	8,2	6,4	15,9
2000	4,2	10,5	12,2	11,8	18,6	24,3	25,6	26,0	22,4	15,9	9,8	8,5	15,8
2001	8,8	8,8	13,3	14,3	17,6	24,9	25,8	27,1	22,0	17,4	8,2	3,6	16,0
2002	6,9	9,2	11,8	14,1	16,4	24,9	26,3	25,2	21,1	16,1	11,5	9,1	16,1
2003	6,6	7,2	12,3	14,3	19,5	26,6	27,2	28,3	23,0	15,4	11,0	6,8	16,5
2004	7,7	8,1	9,8	12,7	15,8	25,0	26,8	25,4	23,1	16,8	9,3	7,0	15,6
MEDIA	7,0	9,1	12,3	13,7	17,6	24,2	26,4	26,5	22,3	16,3	9,9	6,9	16

Fuente de información: Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología.

Las precipitaciones son escasas debido a la gran sequedad de la atmósfera, con una media anual de 200-600 mm, siendo en los meses de abril y noviembre los de mayores precipitaciones y julio y agosto los más secos. Las precipitaciones medias mensuales registradas en la provincia de Toledo publicadas por el Instituto Nacional de Estadística se indican en la tabla 2.

Tabla 2. Precipitaciones (mm) mensuales y anuales en la provincia de Toledo.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1997	92,4	2,7	0,0	44,0	68,1	7,1	26,2	22,7	18,9	15,0	108,6	53,4	459,1
1998	21,7	31,9	17,0	43,9	135,7	35,0	0,0	1,5	45,0	25,5	21,7	10,3	389,2
1999	14,1	19,1	18,5	39,4	40,9	1,7	0,2	1,3	37,5	90,8	18,3	26,1	307,9
2000	5,3	1,5	13,5	66,3	61,4	7,3	0,4	0,0	21,0	38,1	49,7	66,6	331,1
2001	46,2	25,5	45,1	14,5	42,8	15,3	0,4	5,6	41,9	65,0	16,6	21,2	340,1
2002	36,0	1,8	31,9	58,6	42,4	5,4	1,5	22,5	31,1	35,8	56,7	39,2	362,9
2003	36,4	32,0	13,7	24,7	10,3	1,3	-0,3	4,5	15,6	81,2	45,2	35,4	300,0
2004	8,4	48,5	99,3	28,8	93,7	10,4	4,8	21,0	1,0	64,4	8,9	10,5	399,7
MEDIA	32,6	20,4	29,9	40,0	61,9	10,4	4,2	9,9	26,5	52,0	40,7	32,8	

Fuente de información: Dirección General del Instituto Nacional de Meteorología.

La distribución de las precipitaciones a lo largo del año presenta un régimen típicamente mediterráneo como muestra el climodiagrama (figura 2), caracterizado por la existencia de una estación seca muy marcada durante el verano, unos máximos de lluvias en primavera y otoño y un mínimo poco acusado de las mismas en invierno.

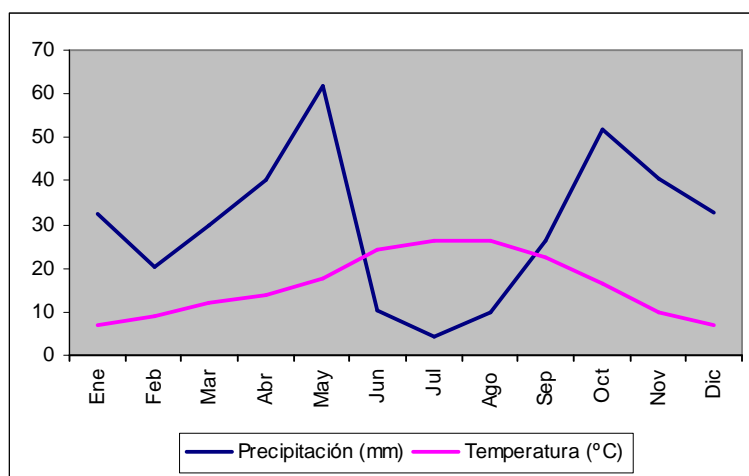


Figura 2. Climodiagrama ombrotérmico de (Ministerio de Medio Ambiente, 1996).

Desde el punto de vista geológico, la zona está dominada por materiales terciarios detríticos rodeados por otros del Silúrico. En cuanto a la agricultura en la zona la mayoría de los suelos están dedicados a una amplia variedad de cultivos en su mayoría de secano, debido al déficit de agua, entre los que predominan la cebada, el trigo y el cereal.

2. Las vinazas

Las industrias manchegas dedicadas a la destilación del alcohol procedente de la uva, elaboran alcohol etílico como producto fundamental. Parten como materias primas de orujo, heces o lías y vinos de baja calidad (MOPU, 1988). Se trata de residuos de difícil ubicación, ya que pueden provocar contaminación en el entorno en el que se almacenan; no obstante pueden aportar algunos nutrientes a los suelos, actuando como enmiendantes, El uso reiterado de estas enmiendas puede

producir un efecto acumulativo de determinados elementos en los suelos por lo que cabe la posibilidad de que sea nocivo para los mismos.

La vinaza es un residuo orgánico relativamente nuevo y desconocido, que surge a partir del gran crecimiento industrial que ha tenido lugar en las últimas décadas en relación con el vino y sus derivados, siendo el suelo uno de los destinos finales más habituales en la región que se estudia. Según el I.G.M.E (1981), la composición química de las vinazas procedentes del vino tinto es la que aparece en la tabla 3.

Tabla 3. Composición química de las vinazas del vino tinto. (I.G.M.E, 1981)

PARÁMETROS	MÍNIMO	MEDIO	MÁXIMO
pH	3,1	3,5	3,9
O ₂ disuelto (mg O ₂ /l)	0,3	0,5	0,6
DQO (mg O ₂ /l)	26140	29385	32630
DBO (mg O ₂ /l)	12821	14997	17174
Residuo a 110 °C (g/l)	14,67	15,44	16,22
Materia total en suspensión (g/l)	0,12	0,15	0,18
Materia orgánica total (g/l)	11,22	11,35	11,44
Materia orgánica total (%)	76,48	73,66	70,84
Materia inorgánica total (%)	23,52	26,34	29,16
Tartrato (mg TH ₂ /l)	0,62	1,02	1,42
Polifenoles (mg ác. gal/l)	742	1036	1330
N proteínico (mg N/l)	80	235	390
Potasio (g K ₂ O/l)	0,63	1,95	3,17
Fósforo (mg P ₂ O ₅ /l)	0,22	0,32	0,43
Temperatura de vertido (°C)	93	95	97

3. Muestreo

Algunos de los suelos a los que se está añadiendo este residuo son típicos suelos rojos, ampliamente estudiados en nuestro país. En concreto, los que aquí se analizan se sitúan en el entorno del municipio manchego de Madridejos (Toledo)

Para llevar a cabo el trabajo se han tomado muestras de un suelo rojo (Rhodoxeralf, Soil Survey Staff 1999) de cuatro parcelas distintas (muestras 4 a 14), tres de ellas en barbecho, aradas, sin cultivar en los últimos dos y cinco años, en las cuales se han vertido ciertas cantidades de vinaza en ocasiones sucesivas. La cuarta parcela corresponde a un cultivo de cereal, de la que se desconoce la época de incorporación de la vinaza, pero que, en todo caso, es menor que en las anteriores.

Como elemento de referencia se ha tomado muestra de un suelo (muestra 1) dedicado a agricultura de secano en la propia zona de estudio, sin que sobre él se haya vertido vinaza. Finalmente se analizan muestras de dos tipos de residuos acumulados en los alrededores de las parcelas: la propia vinaza y el orujo, muestras 2 y 3 respectivamente.

En la tabla 4 aparecen los rasgos macromorfológicos (FAO 1977) y otros datos generales sobre las muestras.

Tabla 4. Datos macromorfológicos y generales de las muestras seleccionadas

MUESTRAS	LOCALIZACIÓN	COORDENADAS UTM	ALTITUD (m)	USO ACTUAL	COLOR	ESTRUCTURA			CONSISTENCIA			RAÍCES	PEDREGOSIDAD
						GRADO	FORMA	TAMAÑO (mm anchura)	MOJADO	HÚMEDO	SECO		
1	Madridejos	30453425E 4370674 N	705	Trigo	7,5YR 6/6 Amarillo rojizo	Fuerte	Prismática	50-100	*1 *2	Friable	Muy duro	Pocas y muy finas	Clase 1
2	Madridejos	30453415E 4373106 N	698	-	7,5YR 4/4 Marrón – Marrón Oscuro	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Madridejos	30452721E 4372462 N	700	-	10YR 2/2 Marrón muy oscuro	-	-	-	-	-	-	-	-
PARCELA_1													
4	Madridejos	30453417E 4373541 N	698	Barbecho	10YR 3/3 Marrón oscuro	Moderada	Prismática	20-50	*1 *2	Friable	Lig. duro	No	Clase 0
5	Madridejos	30453409E 4373537 N	696	Barbecho	10YR 4/3 Marrón – Marrón Oscuro	Moderada	Prismática	20-50	*1 *2	Friable	Lig. duro	No	Clase 0
6	Madridejos	30453400E 4373532 N	695	Barbecho	10YR 4/3 Marrón – Marrón Oscuro	Moderada	Prismática	20-50	*1 *2	Friable	Lig. duro	No	Clase 0
PARCELA_3													
7	Madridejos	30453373E 4373512 N	695	Barbecho	10YR 4/3 Marrón – Marrón Oscuro	Moderada	Prismática	20-50	*1 *2	Friable	Lig. duro	No	Clase 0
8	Madridejos	30453378E 4373517 N	695	Barbecho	10YR 4/3 Marrón – Marrón Oscuro	Moderada	Prismática	20-50	*1 *2	Friable	Lig. duro	No	Clase 0
9	Madridejos	30453384E 4373521 N	695	Barbecho	10YR 4/3 Marrón – Marrón Oscuro	Moderada	Prismática	20-50	*1 *2	Friable	Lig. duro	No	Clase 0
PARCELA_2													
10	Madridejos	30453373E 4373472 N	696	Barbecho	7,5YR 4/4 Marrón – Marrón Oscuro	Moderada	Prismática	20-50	*1 *2	Firme	Lig. duro	No	Clase 0
11	Madridejos	30453377E 4373475 N	698	Barbecho	7,5YR 4/4 Marrón – Marrón Oscuro	Moderada	Prismática	20-50	*1 *2	Firme	Lig. duro	No	Clase 0
12	Madridejos	30453379E 4373543 N	698	Barbecho	7,5YR 4/4 Marrón – Marrón Oscuro	Moderada	Prismática	20-50	*1 *2	Firme	Lig. duro	No	Clase 0
PARCELA_4													
13	Madridejos	30453379E 4373543 N	697	Cereal	7,5YR 5/6 Marrón fuerte	Moderada	Prismática	10-20	*1 *2	Friable	Lig. duro	Pocas y muy finas	Clase 0
14	Madridejos	30453383E 4373537 N	698	Cereal	7,5YR 5/6 Marrón fuerte	Moderada	Prismática	10-20	*1 *2	Friable	Lig. duro	Pocas y muy finas	Clase 0

*1 Adhesividad: Adherente para todas las muestras. *2 Plasticidad: Ligeramente plástico para todas las muestras.

4. Métodos analíticos

Se llevó a cabo la caracterización de todas las muestras de suelo y residuos, mediante la determinación de algunas de sus propiedades físico-químicas (MAPA 1994), tales como pH (H₂O y KCl) en la proporción suelo agua 1/5; CE en la proporción suelos agua también 1/5, caracterización de la cantidad en materia orgánica por el método de Walkley Black 1949; contenido en carbonatos por volumetría y textura por densímetro de Boyoucos Se ha determinado la estabilidad estructural por el procedimiento establecido por la Guía de campo para la Evaluación de la Calidad y Salud del Suelo (USDA, 1999)

En la fracción arcilla se llevó a cabo el análisis mineralógico y su semicuantificación mediante Difracción de Rayos X en un difractómetro SIEMENS D-5000. El porcentaje de los diferentes minerales de las muestras se ha calculado mediante la relación entre las áreas de los picos característicos a partir del difractograma de polvo desorientado y agregado orientado. La semicuantificación de los componentes se ha realizado siguiendo el método de los poderes reflectantes (Schultz, 1964; Barahona, 1974)

La presencia de metales pesados en suelos y enmiendas es un parámetro fundamental para determinar la calidad y los usos de los mismos. Aplicando la normativa legal vigente (Real decreto 1310/90) se realiza un análisis químico con agua regia. La cuantificación de los elementos Cu, Zn, Pb y Cd se realizó por espectrofotometría de absorción atómica, en un equipo Perkin Elmer 3110, dotado de nebulizador de alta sensibilidad y corrector de fondo de deuterio. Se emplearon lámparas monoelementales de cátodo hueco y patrones internacionales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 5. Valores del pH (H₂O y KCl), conductividad, carbonatos y materia orgánica y C orgánico en las muestras analizadas.

Parcela	Muestra	pH en H ₂ O	PH en KCl	CE	CaCO ₃	M.O	C.O
Suelo referencia	1	8,20	7,62	0,22	41,5	2,31	1,34
...	2	5,09	4,81	5,00	0	23,00	13,37
.....	3	6,47	5,48	2,26	0	12,15	7,06
	4	7,66	7,18	4,50	12,0	6,54	3,80
1	5	7,98	7,57	7,86	20,0	5,95	3,46
	6	7,86	7,43	5,97	19,0	6,05	3,52
	7	7,78	7,45	5,80	42,5	6,03	3,51
3	8	7,75	7,33	5,96	40,0	6,30	3,66
	9	7,93	7,52	5,22	42,5	6,14	3,57
	10	7,73	7,38	3,91	46,5	6,13	3,56
2	11	7,72	7,38	3,36	36,0	6,36	3,70
	12	8,03	7,65	3,20	35,5	5,17	3,01
	13	8,33	7,58	0,53	42,0	2,22	1,29
4	14	8,73	7,72	0,27	30,0	2,35	1,37

En la tabla 5 se recogen los datos fisicoquímicos obtenidos en los análisis realizados.

La evolución gráfica del pH en agua y cloruro potásico de todas las muestras estudiadas aparece en la figura 3.

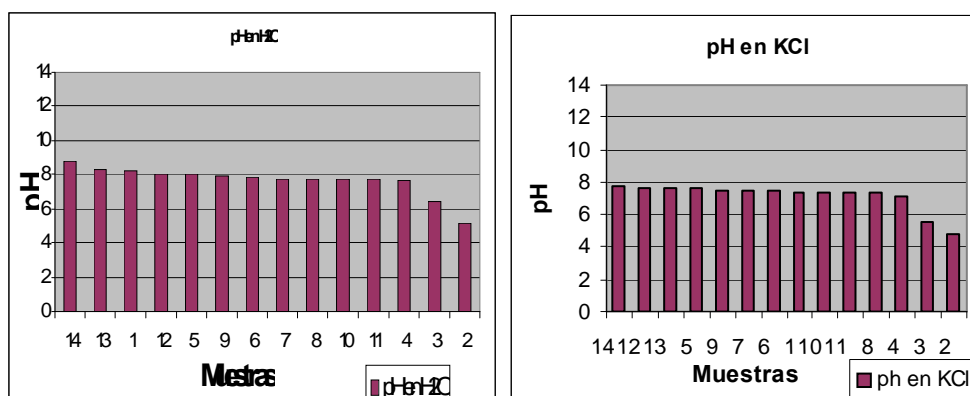


Figura 3. Evolución gráfica del pH (H₂O y KCl) de las muestras.

En la figura 3 se observa que todas las muestras presentan un pH en agua por encima de 7, exceptuando las denominadas muestras 2 y 3, correspondientes al residuo líquido (vinaza) y al residuo sólido (orujo) respectivamente, lo que indica el carácter ácido de estos compuestos. La muestra 1, perteneciente al suelo original, alcanza un pH en agua de 8,20, por lo que se trata de un suelo básico. Tras el aporte de vinaza, se aprecia un ligero descenso del pH en todas las muestras de suelo. Únicamente las muestras 13 y 14, tomadas en parcela 4 cultivada con cereal, presentan un pH por encima del suelo natural. Esto podría ser debido a dos hechos principalmente: primero, a que la cantidad de vinaza vertida haya sido menor que en el resto de parcelas, o incluso nula, y en segundo lugar como consecuencia de los posibles compuestos alcalinos que se hayan podido verter para menguar los efectos derivados del aporte de este residuo, como puedan ser yesos, carbonato cálcico, ó algún otro compuesto rico en carbonatos. Puesto que las diferencias con el suelo de referencia (muestra 1) son mínimas, se podría suponer que en la parcela 4 no se ha introducido vinaza, y las diferencias en el pH sean consecuencia de ligeras variaciones en el material edáfico. No se observan diferencias significativas entre los datos de las parcelas 1, 2 y 3, correspondientes a parcelas en barbecho con incorporación de vinaza, sin cultivar en los últimos 2 años (parcela 1) y cinco años (parcelas 2 y 3). No obstante, la muestra 4 (parcela 1) es aparentemente la más influenciada.

El vertido de vinaza al suelo ha provocado en las parcelas afectadas un ligero descenso del pH, haciendo que sea más próximo a 7, por lo que los elementos y nutrientes estarán más disponibles para las plantas y microorganismos, mejorando de esta forma las condiciones del medio.

En la misma tabla 5 se muestra también el pH medido en cloruro potásico, valor que refleja el pH potencial del suelo. Se observa que, en todas las muestras el pH en KCl es inferior que en H₂O, pero siguiendo aproximadamente el mismo modelo, aunque los datos son aún más homogéneos.

El suelo tomado como referencia muestra baja conductividad (tabla 5). Sin embargo otras muestras tienen valores elevados que pueden afectar al equilibrio suelo-agua, inhibiendo el crecimiento de las plantas. El vertido de residuos orgánicos al suelo aumenta claramente la conductividad eléctrica de los mismos. Se trata de un efecto muy significativo que valoramos negativamente. En caso de adiciones sucesivas es obligado un seguimiento de la evolución de este parámetro.

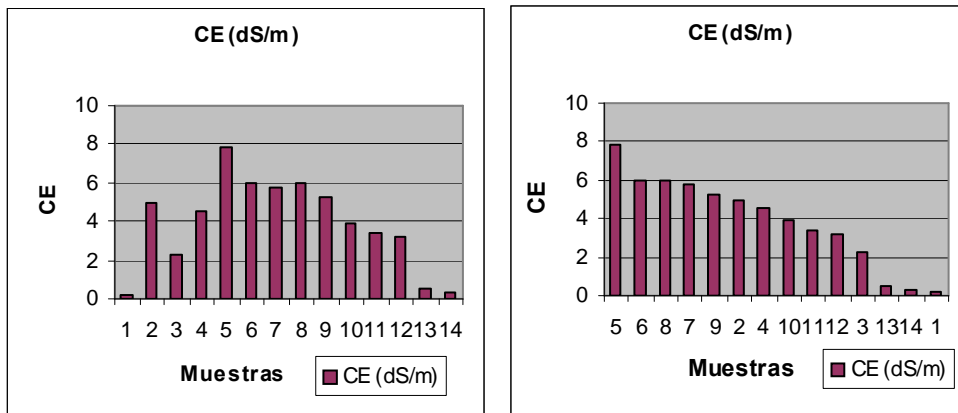


Figura 4. Evolución gráfica de la conductividad eléctrica

Comparando la conductividad eléctrica del suelo original con el resto de muestras de suelo alterado y del supuestamente alterado por incorporación de vinaza (muestras 4 a 14), se puede decir que el aporte de dicho residuo produce un aumento considerable de sales disueltas en el medio, aunque en el caso de las muestras 13 y 14 el incremento es mínimo y la CE es muy similar al suelo natural, bien porque el residuo se ha vertido en menor cantidad o porque no se ha añadido vinaza en esta parcela. En general, los datos de las muestras pertenecientes a una misma parcela son homogéneos, con ligeras variaciones, excepto en la parcela 1 (muestras 4, 5 y 6, suelo en barbecho durante dos años con introducción de vinazas), que presenta mayor variabilidad, siendo la muestra 5 la que contiene mayor salinidad. Comparando las parcelas 3 (muestras 7, 8 y 9) y 2 (muestras 10, 11 y 12), correspondientes a suelo en barbecho, sin cultivar en los últimos cinco años, se aprecia que la parcela 2 presenta valores menores de CE que la parcela 3, se entiende por tanto que está menos influenciada por el aporte de vinaza, a pesar de ser la parcela más próxima a la piscina de acumulación de dicho residuo, por lo que cabría esperar que presentase mayor alteración.

En la misma tabla 5 se muestran los valores del porcentaje de carbonato cálcico obtenidos en las muestras estudiadas (figura 5)

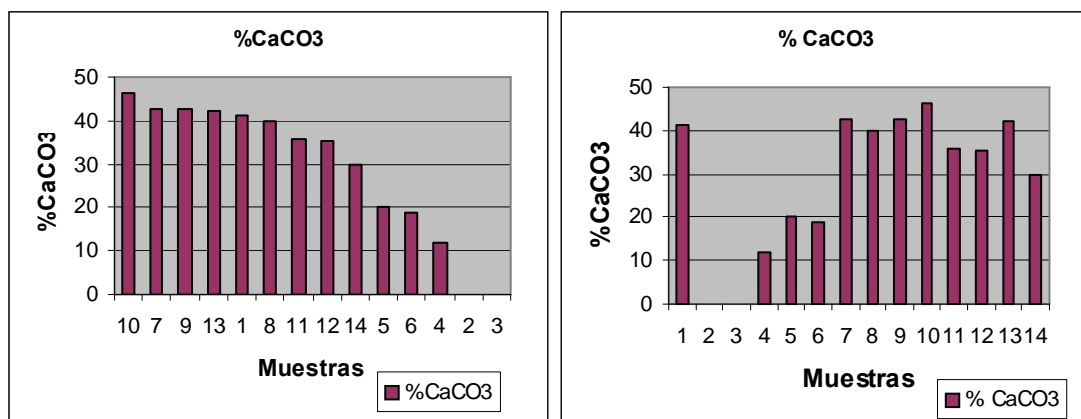


Figura 5. Evolución gráfica del contenido en carbonatos de las muestras.

Se observa, de forma general, que los datos en una misma parcela son similares y diferentes a las de otras parcelas, a pesar de la variabilidad de los resultados. La parcela 1 (muestras 4, 5 y 6, suelo en barbecho durante los dos últimos años, alterado por la introducción de vinaza) presenta un contenido en carbonatos notablemente inferior al resto, con un nivel comprendido entre 12-20%

CaCO₃. La parcela 3 (muestras 7, 8 y 9, suelo en barbecho, alterado y no cultivado los últimos 5 años) alcanza unos valores entre 40-43%, siendo los datos homogéneos y muy similares al contenido del suelo original (muestras 1 con 41,5%). El resto de parcelas (2 y 4), ostentan mayor variabilidad, pero siempre con valores cercanos al del suelo de referencia (muestra 1). Era de esperar, que las muestras 2 y 3, correspondientes al residuo líquido y residuo sólido respectivamente, no contuviesen carbonatos debido al carácter ácido de los mismos. En efecto, se podría suponer que las variaciones existentes en el porcentaje de CaCO₃ de dichas parcelas están justificadas por las diferencias en el material geológico. Sin embargo, al estar situadas muy cerca una de la otra y sin variaciones aparentes en la morfología del terreno, se debe considerar que todas las parcelas provienen de un mismo material, o al menos muy similar.

Por tanto, se entiende que el hecho de haber añadido vinaza a las parcelas ha influido en el contenido de carbonatos del suelo, ya que al ser un residuo ácido, ha provocado la disolución de carbonatos para amortiguar el descenso de pH, descendiendo el porcentaje de CaCO₃. Es posible que la cantidad de vinaza vertida a las parcelas no haya sido la misma, y así la añadida a la parcela 1 (muestras 4, 5 y 6) haya sido superior al resto, dando lugar a una mayor disolución de carbonatos. O bien, que tras el vertido de este compuesto ácido, se han adicionado enmiendas de carbonato cálcico o yesos para neutralizar los efectos sobre el pH y otras propiedades del suelo.

La tabla 6 indica la granulometría de todas las muestras de suelo estudiadas. Según estos porcentajes, y mediante el diagrama de clases texturales propuesto por la Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999), todos son arenofrancosos, exceptuando las muestras 1, 2 y 3 que son francoarenosos.

Tabla 6. Análisis granulométrico de las muestras de suelo.

Parcela	Muestra	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clase textural
	1	66,36	25,92	7,72	Franco arenoso
	2				
	3				
1	4	85,00	9,28	5,72	Areno francoso
	5	78,72	14,56	6,72	Areno francoso
	6	79,72	13,52	6,72	Areno francoso
3	7	80,80	12,48	6,72	Areno francoso
	8	81,72	11,56	6,72	Areno francoso
	9	80,36	13,92	5,72	Areno francoso
2	10	78,08	15,57	5,72	Areno francoso
	11	80,36	13,92	5,72	Areno francoso
	12	81,72	12,56	5,72	Areno francoso
4	13	82,72	6,56	10,72	Areno francoso
	14	82,36	4,92	12,72	Areno francoso

La composición textural depende fundamentalmente del material original sobre el que se ha desarrollado el suelo y no se producen diferencias significativas.

El análisis semicuantitativo de la fracción arcilla se muestra en la tabla 7. Como puede observarse ilita y caolinita son los minerales más abundantes, acompañados de esmectitas. Talco y yeso se relacionan con la adición de vinazas.

Una de las propiedades edáficas que permite diferenciar un suelo del material geológico es la estructura (Porta *et al.*, 1999). Esta propiedad física expresa la distribución espacial y la organización de las partículas del suelo (Hillel, 1980) y condiciona parámetros edáficos tan importantes

como la circulación del agua y el aire (De Ploey y Poesen, 1985; Bryan *et al.*, 1989). En la tabla 8 aparecen los porcentajes de agregados estables.

Tabla 7. Análisis semicuantitativo de la mineralogía de la arcilla.

Muestra	Caolinita (%)	Ilita (%)	Esmectita (%)	Talco (%)	Yeso (%)
1	43	48	9	0	0
4	0	0	0	27	73
5	0	0	0	2	98
6	2	4	2	2	90
7	11	39	Indicios	0	47
8	0	2	4	0	94
9	0	3	0	13	84
10	0	33	Indicios	0	67
11	0	4	0	2	94
12	0	65	0	0	35
13	4	96	0	0	0
14	23	77	indicios	0	0

Tabla 8. Evolución del contenido de agregados estables (%) en las muestras de suelo.

Parcela	Muestra	Agregados estables
	1	29,4
	2	-
	3	-
	4	73,9
1	5	72,7
	6	54,4
	7	56,9
3	8	70,3
	9	46,0
	10	68,0
2	11	62,7
	12	56,5
	13	21,8
4	14	16,1

Se aprecia que el porcentaje de agregados estables en agua es muy superior en las parcelas modificadas por la incorporación de vinaza (muestras 4 a 12) que en la muestra correspondiente al suelo original (muestra 1). En el caso de las muestras 13 y 14 (parcela cultivada con cereal y supuestamente alterada por la vinaza), la estabilidad de los agregados es ligeramente inferior al suelo original, posiblemente debido a las diferencias en la composición mineralógica del suelo, o a que el aporte de vinaza en estas muestras es inferior al resto de parcelas o incluso nulo. Hay cierta variabilidad entre las muestras correspondientes a una misma parcela. Es posible que se deba a un

reparto irregular de la vinaza dentro de la misma. Parece por tanto, que la aplicación de este residuo al suelo provoca una mejora en la estabilidad estructural y en aquellas propiedades físicas, químicas y biológicas relacionadas con esta cualidad edáfica.

En la tabla 5 se recogen los resultados obtenidos del contenido de materia orgánica total (%) y carbono orgánico total (%) en las catorce muestras analizadas. Se observa que las muestras con un contenido en materia orgánica muy superior al resto corresponden a las muestras 2 y 3, representando al residuo líquido (vinaza) y al residuo sólido (orujo) respectivamente. Sin embargo, las diferencias entre ambas son bastante significativas debido a que el orujo es un residuo orgánico generado en las primeras fases de la formación del vino, apenas ha sufrido tratamientos y transformaciones, por tanto no le ha dado tiempo a madurar. Presenta por ello, menor contenido en materia orgánica que la vinaza, siendo ésta el residuo orgánico final en la elaboración del vino, es un compuesto muy transformado por los numerosos tratamientos a los que ha sido sometido, se trata de un residuo maduro, lo que responde a un contenido tan alto en materia orgánica. El porcentaje de materia orgánica total del suelo original (muestra 1) es de 2,31 (1,34 % C.O). Tras realizar el vertido de vinaza a las distintas parcelas se produce un aumento considerable del contenido de materia orgánica en todas las muestras de suelo en las que se ha incorporado con certeza dicho residuo (muestras 4 a 12), no siendo significativas las diferencias entre ellas. Se desconoce si en alguna ocasión se han producido vertidos de vinaza en la parcela 4 (muestras 13 y 14, correspondientes a la parcela cultivada con cereal), su contenido en materia orgánica es notablemente inferior al resto de muestras modificadas por este compuesto, presentando valores muy semejantes al suelo original. Esto puede deberse a que la cantidad de residuo añadida a sido inferior al resto de parcelas, o simplemente que no se ha incorporado vinaza a esta parcela.

Cabría esperar que las muestras 7 a 12, que corresponden a dos parcelas en barbecho sin cultivar en los últimos cinco años, presentasen un mayor contenido en materia orgánica que las muestras 4, 5 y 6 (tomadas en una parcela en barbecho sin cultivar en los últimos 2 años aproximadamente), ya que se entiende que han soportado a lo largo de esos cinco años mayor cantidad de vertido de vinaza. Además, las muestras 10, 11 y 12, se esperaría que fuesen las más influenciadas por este residuo ya que su parcela es la más próxima a la piscina de acumulación de vinaza. Sin embargo, no encontramos diferencias notorias.

Uno de los factores determinantes a la hora de establecer los efectos derivados de la incorporación de vinazas a los suelos es su contenido en metales pesados, ya que su aplicación podría suponer una contaminación potencial y un estado de toxicidad para los cultivos. En la tabla 9 se muestran los resultados de los contenidos en metales obtenidos tras los análisis realizados.

Tabla 9. Evolución del contenido en Cu, Zn, Pb y Cd (ppm) de las muestras analizadas.

Parcela	Muestra	Cu	Zn	Pb	Cd
	1	2	10	14	0
	2	287	11	8	0
	3	13	10	0	0
1	4	43	58	14	0
	5	29	45	10	0
	6	29	39	9	0
3	7	32	33	8	0
	8	33	40	9	0
	9	22	34	7	0
2	10	26	27	10	0
	11	17	28	9	0
	12	13	25	11	0
4	13	1	14	11	0
	14	1	13	8	0

Cobre (Cu) Los datos de Cu determinados en suelos y enmiendas están por debajo de los límites establecidos por Ley. Se observa que la concentración de este metal en la muestra 2 (vinaza) es muy superior al resto de muestras (287 ppm), debido a los tratamientos y transformaciones que ha sufrido durante los procesos de obtención del vino, en los cuales se han ido acumulando ciertas concentraciones de metales pesados y otros compuestos residuales. Sin embargo la concentración en el residuo sólido (orujo), muestra 3, es muy baja (13 ppm). Comparando la concentración del suelo natural (muestra 1) con las muestras de suelo de las parcelas en las que se ha introducido vinaza con seguridad (muestras 4 a 12), se observa que se produce, en todos los casos, un aumento significativo en la concentración de cobre procedente de la composición de la vinaza. Las diferencias entre parcelas son poco significativas, aunque se encuentra variabilidad entre datos pertenecientes a una misma parcela. Así por ejemplo, se aprecia que, de forma general, la concentración de las muestras va aumentando según se aproxima más al centro de la parcela, es decir, el efecto del aporte de vinaza es mayor en el centro de la parcela que en los bordes, debido posiblemente a que al verter el residuo se haya añadido más cantidad en las zonas centrales que en los extremos. Las concentraciones más bajas de cobre se encuentran en la muestra 1, suelo natural (2 ppm), y muestras 13 y 14, correspondientes a la parcela cultivada con cereal (1 ppm). La muestra 1 no contiene vinaza, por lo que era de esperar que su concentración fuese baja. Se entiende, por la semejanza de los resultados, que en la parcela 4 perteneciente a las muestras 13 y 14, no se ha vertido vinaza o, si se ha hecho, se ha introducido en cantidades pequeñas.

Zinc (Zn) Como en el caso del Cu, ni suelos ni enmiendas superan los límites de Zn impuestos por la normativa vigente. Se observa un aumento en los niveles de zinc de todas las muestras de suelo de las parcelas en las que se ha añadido vinaza (muestras 4 a 12), comparadas con el suelo original, muestra 1. La parcela 4 (muestras 13 y 14, cultivo de cereal supuestamente alterado por las vinazas) presenta valores muy similares a la muestra 1, por lo que se deduce que dicha parcela no parece alterada por el aporte de vinaza. El contenido de zinc en los residuos es del mismo orden que el correspondiente al suelo original. Los niveles de Zn en los suelos afectados por las vinazas son mayores que los correspondientes a las enmiendas. Se entiende que el aumento de zinc en las parcelas alteradas no procede únicamente del residuo vertido, pueden influir también las facies litológicas o el material geológico sobre el que se ha desarrollado el suelo de cada una de las parcelas. Se observa variabilidad entre los datos de una misma parcela, siendo más evidente en la parcela 1, donde la muestra 4 alcanza los valores más elevados del conjunto. Aún así, se puede decir que los niveles de este metal para todas las muestras son bajos.

Plomo (Pb) Los valores de Pb determinados en suelos y enmiendas están por debajo de los límites marcados por Ley. Se aprecia una concentración de plomo muy baja (8 ppm) en la vinaza (muestra 2), siendo de 0 ppm en el caso del orujo (muestra 3). Sin embargo, la concentración más alta se presenta en el suelo original (muestra 1) con 14 ppm. En el resto de muestras de suelo, pertenecientes a las parcelas con aporte de vinazas, las concentraciones son ligeramente inferiores a 14 ppm, con diferencias poco significativas. Por tanto, la presencia de este metal en el suelo no procede principalmente del aporte de vinaza. Al ser concentraciones tan pequeñas puede ser propio del material original, o puede tener otros orígenes, como la gasolina de los vehículos de los tractores u otros transportes que transitan habitualmente por las carreteras que se encuentran al pie de las parcelas.

Cadmio (Cd) No se ha encontrado cadmio en ninguna de las muestras analizadas.

Por tanto, de forma general, los contenidos de metales pesados en los suelos y los residuos son bajos, solo resulta relativamente alto el contenido de cobre en la vinaza. Se observa que la muestra 4 es la más alterada, con niveles más altos de metales pesados, aunque en ningún caso se consideran niveles peligrosos para el suelo y los cultivos.

Se considera a la materia orgánica como uno de los indicadores más importantes de la calidad del suelo, debido a la influencia que presenta sobre importantes propiedades del mismo y a través de las cuales está condicionada su propia presencia (Gregorich y Carter, 1997; Franzluebbers, 2002; Baldock y Nelson, 2000)

A partir de los datos analizados anteriormente, se han elaborado las siguientes gráficas (figuras 7 y 8) relacionando la materia orgánica de las muestras analizadas con otros parámetros del suelo.

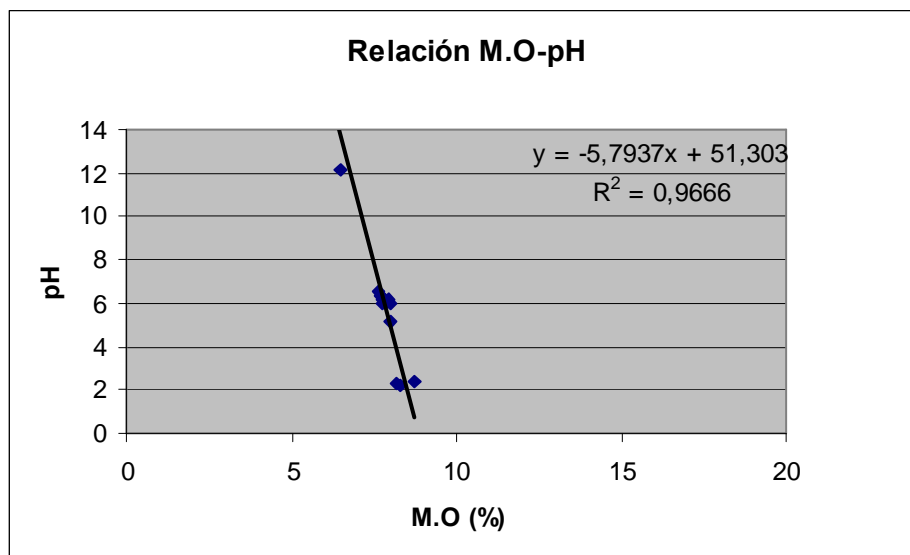


Figura 7. Relación en la evolución de la materia orgánica y el pH de las muestras analizadas.

Existe una relación lineal negativa entre el porcentaje de materia orgánica del suelo y el pH. Podría deberse, a que una mayor adición de materia orgánica al suelo provoca una mayor acidificación por los procesos de humificación. Los suelos analizados en este proyecto son suelos básicos, con pH por encima de 8. Al disminuir el pH por aporte de vinazas y ser más próximo a 7, mejoran las condiciones del suelo, estando los elementos y nutrientes más disponibles.

En la figura 8 se relaciona la materia orgánica con el porcentaje de agregados estables, siendo este un factor fundamental en la estructura del suelo.

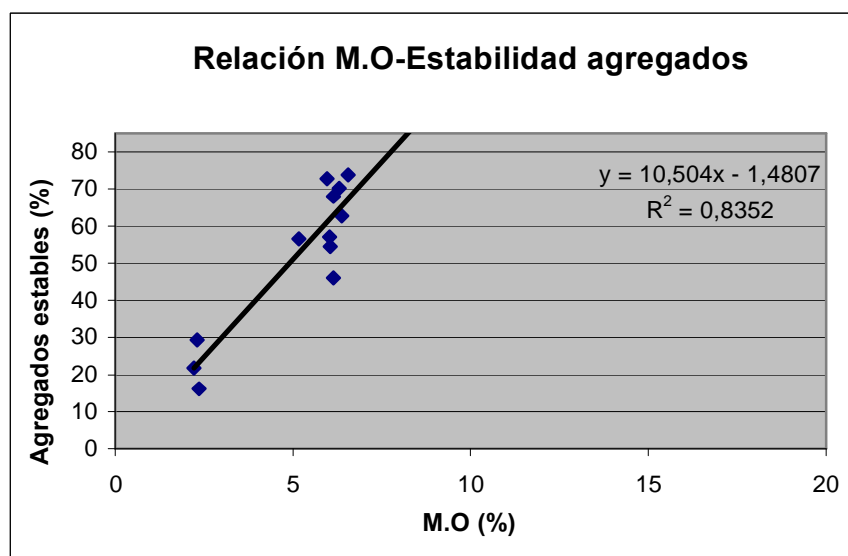


Figura 8. Relación en la evolución de la materia orgánica y los agregados estables de las muestras de suelo analizadas.

Se aprecia (figura 8.) que el porcentaje de agregados estables aumenta al aumentar el contenido la materia orgánica del suelo por incorporación de vinazas. Por tanto, el aporte de estos

compuestos orgánicos permite una mejora en las condiciones de la fracción orgánica del suelo y en aquellas propiedades físicas, químicas y biológicas que dependen de su presencia, como puede ser la estabilidad de los agregados. La aplicación de vinazas al suelo como residuo orgánico supone, principalmente, un incremento de la materia orgánica en el horizonte superficial, lo que favorece un aumento de los agregados estables y del número y tamaño de los macroporos.

CONCLUSIONES

La aplicación de vinazas supone un aporte extra de materia orgánica al suelo. Dicha materia, a pesar de ser de menor calidad que la del suelo, favorece la estabilidad estructural del mismo y las propiedades físicas derivadas. Se produce una disminución del pH, (mejorando las condiciones de asimilabilidad de nutrientes); un aumento sensible de la conductividad eléctrica que conlleva riesgos de salinidad en los suelos, (efecto negativo que se potencia por la climatología semiárida de la zona)

El contenido de metales pesados analizados (Cu, Pb, Zn y Cd) en estos residuos orgánicos y en los suelos afectados es muy bajo, por lo que no supone ningún riesgo de contaminación para los suelos y cultivos. Se aprecia que las concentraciones de metales pesados detectadas en todas las muestras de suelos y residuos, son muy inferiores a las permitidas en la legislación estatal.

En consecuencia, los aportes de vinazas (exceptuando la salinidad) afectan positivamente la calidad del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Baldock J.A. y Nelson P.N., 2000. "Soil Organic Matter". Handbook of Soil Science.
- Barahona E., 1974. "Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada. Evaluación de algunos ensayos en materias primas". Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- De Ploey J. Y Poesen J., 1985. "Aggregate stability, runoff generation and interrill erosion". Geomorphology and soils.
- FAO, 1977. Guía para la descripción de perfiles de suelos. FAO/UNESCO.
- Franzluebbers A.J., 2002. "Soil organic matter stratification ratio as indicator of soil quality". Soil Tillage Res. 66.
- García C., Hernández T. Y Costa F., 1994. "Microbial activity in soils under mediterranean environmental conditions". Soil Biol. Biochem, 26.
- Gregorich E.G. y Carter M.R., 1997. "Soil Quality for crop production and ecosystem health". Elsevier, Amsterdam.
- Hillel D., 1980. "Soil Structure and Aggregation". Fundamentals of Soil Physics.
- IGME, 1981. "Investigación de contaminación de aguas subterráneas por vertidos industriales de fabricación de alcohol en la cuenca alta del Guadiana".
- Karaka, A. 2004. "Effect of organic wastes on the extractability of cadmium, copper, nickel and zinc in soil". Geoderma, 122, 297-303.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN, 1994. "Métodos Oficiales de Análisis". Tomo III. Secretaría General Técnica, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid.
- Page A.L., Logan T.J. y Ryan J.A., 1987. "Land application of sludge: Food chain implication". Lewis Publishers Inc.
- Pascual J.A., 1995. "Efectividad de los residuos orgánicos urbanos en la mejora de la calidad de suelos áridos: aspectos biológicos y bioquímicos". Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- Ponting C., 1991. "The environment and the collapse of great civilizations". A green history of the world. Penguin Books.
- Porta J., López-Acevedo M. Y Roquero C., 1999. "Edafología para la agricultura y el medio ambiente". Ediciones Mundi-Prensa. 2 Edición.
- Ros M., 2000. "Recuperación de suelos agrícolas abandonados mediante reciclaje en los mismos de residuos orgánicos de origen urbano". Tesis Doctoral. Universidad de Murcia.
- SOIL SURVEY STAFF, 1999. "Keys to Soil Taxonomy" Pocahontas Press Inc. USDA.
- USDA, 1999. "Guía para la Evaluación de la Calidad y Salud del suelo". Departamento de Agricultura. Servicio de Investigación Agrícola. Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Instituto de Calidad de suelos.
- MOPU nº 49. 1988. El subsuelo como agente depurador de vertidos líquidos contaminantes. Informaciones y Estudios. Servicio Geológico. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.