

Mineralización de los fertilizantes orgánicos, sirle y turba

POR

PABLO REVERTE y FRANCISCO COSTA

SUMMARY

Some aspects of the mineralization of the organic fertilizers, sheep-dung and peat, have been studied.

In the incubation stages and along the general process of decomposition the flow of CO_2 decreases for both manures.

A disimination in the percentage of oxidizable carbon, extractive carbon, humic acids' carbon and fulvic acids' carbon is presented in soil fertilized with organic amendments.

Samples treated with sheep-dung showed a greatest development of amilolitic germs, followed of aerobic celulolitics, after of proteolitics and at the end of aerobic fixers of atmosferic nitrogen.

INTRODUCCION

Durante muchos años, múltiples investigadores han intentado comprender en el suelo la actuación de un fertilizante orgánico, así como también la respuesta espontánea de la población microbiológica que habita en el medio. En este sentido, Jones y Parmer (1967) encontraron un crecimiento de varias especies de hongos que se reproducían sobre



pastillas de caolín mezclado con ligninas, depositadas en muestras de suelo. A su vez, Sinha (1972) observó en la incubación de raíces de avena marcada con carbono-14 un extensivo crecimiento de hongos sobre la primera fase de descomposición. En relación con lo anterior, Gallardo Lara (1972, 1973) realizó un estudio sobre las variaciones microbiológicas que se producían cuando se añadía turba sola o mezclada con otros aportes a un suelo. Dicho autor encontró un aumento general de la actividad biológica, que se destacaba particularmente en los tratamientos que recibían un aporte energético en forma de paja y que se traducían en un mayor número de la microflora total, Azotobacter y celulolíticos aerobios.

Por otro lado, la investigación microbiológica en suelos también está encaminada a considerar el desprendimiento de dióxido de carbono, como una determinante exclusiva de la intervención microbiana, en la descomposición de la materia orgánica. No obstante, con frecuencia se han obtenido resultados discordantes y faltos de significación. Así, Gray y Wallace (1967), en condiciones de campo, hallaron una correlación positiva. Por el contrario, Gaur y col. (1971), comparando la población microbiana y la evolución de dióxido de carbono, no pudieron demostrar tales consideraciones.

En el trabajo que se ha llevado a cabo nos ha interesado conocer algunos aspectos del comportamiento de dos tipos de fertilizantes orgánicos, sirle y turba, cuando sufren un período de descomposición en el suelo. Para intentar cumplir los fines propuestos en esta experiencia, se han realizado diversas determinaciones químicas y microbiológicas.

MATERIALES

Se ha empleado un suelo de vega, notablemente calizo, cuyos datos analíticos se muestran en la tabla I. También se han utilizado dos fertilizantes orgánicos, sirle y turba, cuyas características analíticas se encuentran en la tabla II.

MÉTODOS

El suelo, perfectamente homogeneizado, se distribuye en 15 recipientes, a razón de 1,5 Kg. en cada uno. A cinco de ellos se les añade sirle; a otros cinco, turba, procurando que en ambos grupos el conte-

nido de materia orgánica oxidable sea de 5 por 100 aproximadamente; los cinco restantes se dejan como testigos.

En una segunda fase, los recipientes se clasifican en cinco grupos (etapas de mineralización I, II, III, IV, V) de tres, de tal forma que cada grupo esté constituido por un recipiente con suelo, suelo + sirle y suelo + turba. El primer grupo, o de iniciación (I), se regó una sola vez; el segundo (II), tres veces; el tercero (III), cinco veces; el cuarto (IV), siete veces, y el quinto y último (V), nueve veces. Los tratamientos se realizaron a mediados del mes de junio, julio, agosto, septiembre, octubre, diciembre, febrero, marzo, abril. Para el primer riego se llevaron las muestras hasta el 70 por 100 de su capacidad de retención hídrica a 1/3 de atmósfera, y las demás veces se añadía agua hasta completar las pérdidas sufridas por evaporación.

TABLA I
ANÁLISIS DEL SUELO

<i>Análisis granulométrico</i>	
Arena gruesa, %	2,3
Arena fina, %	13,3
Limo, %	62,0
Arcilla, %	22,3
Textura	Franco-Limosa
<i>Análisis químico-físico</i>	
Capacidad de cambio total, meq/100 g	13,0
ECs, $\mu\text{mho}/\text{cm}^{-1}$	226
pH (H ₂ O)	7,90
pH (CIK)	7,15
<i>Análisis químico</i>	
Carbonato cálcico total, %	48,6
Carbonato cálcico activo, %	14,26
Materia orgánica oxidable, %	1,3
Nitrógeno, %	0,096
C/N	10,10
Fósforo asimilable, ppm	61,82
<i>Cationes de cambio</i>	
Calcio, meq/100 g	6,2
Magnesio, meq/100 g	4,0
Potasio, meq/100 g	0,56
Sodio, meq/100 g	0,33
<i>Iones solubles</i>	
Cloruros, meq/100 g	0,18
Calcio, meq/100 g	0,36
Magnesio, meq/100 g	0,25



TABLA II
ANÁLISIS DE LOS FERTILIZANTES UTILIZADOS

	Sirle	Turba
<i>Análisis físico-químico</i>		
pH (H ₂ O)	7,7	4,0
EC ₅ , $\mu\text{mho}/\text{cm}^{-1}$	16.570	3.440
	%	%
<i>Análisis químico (muestra seca a 105° C)</i>		
Humedad	8,38	9,10
Carbono orgánico oxidable	28,60	26,53
Carbono orgánico total	45,77	39,04
Residuo fijo	21,10	32,70
Residuo insoluble en ácidos	5,60	22,40
Carbono extraíble	5,39	8,07
Carbono de ácidos húmicos	1,46	5,93
Carbono de ácidos fúlvicos	3,93	2,14
Relación Cah/Caf	0,37	2,77
Nitrógeno	1,89	1,05
C/N	24,22	37,18
Fósforo (P ₂ O ₅)	0,61	0,12
Calcio (CaO)	6,54	1,18
Magnesio (MgO)	1,90	—
Hierro (Fe ₂ O ₃)	0,46	2,60
Manganeso (MnO ₂)	0,014	0,013
Potasio (K ₂ O)	2,45	0,24
Sodio (Na ₂ O)	0,56	0,16
Cloruros (Cl ⁻)	0,85	0,01
Sulfatos (SO ₄ ⁻²)	1,23	0,98
Lignina	28,18	48,63
Celulosa	18,78	3,18
Grasas	2,92	0,98

Después del primer riego, en junio, las muestras agrupadas en (I) se secan al aire, se homogeneizan y se disponen para la serie de análisis sucesivos, químicos y microbiológicos. Lo propio se hace a los dos, cuatro, ocho y diez meses (agosto, octubre, febrero y abril, respectivamente).

1. DETERMINACIONES QUÍMICAS

La determinación de CO₂ se ha basado en el método de Parr y Smith (1969), al que se le han introducido ciertas modificaciones, Reverte (1978); el carbono oxidable se ha estimado por el método de Walkley-Black, Jackson (1960); el carbono extraíble, el de ácidos húmicos y el de ácidos fúlvicos se ha calculado por el método de Tyurin, Kononova (1966).

2. DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS

La densidad de gérmenes totales se ha estimado por el conteo de colonias en filtros especiales. La concentración de gérmenes amilolíticos, celulolíticos aerobios, proteolíticos y fijadores de nitrógeno atmosférico (*Azotobacter*) se ha obtenido con la ayuda de los métodos descritos por Pochon y Tardieux (1962).

RESULTADOS Y DISCUSION

1. DETERMINACIONES QUÍMICAS

1.1. *Evolución y flujo de CO₂ a lo largo de las distintas etapas de mineralización*

En la figura 1 se representa la evolución de los valores acumulativos de CO₂ desprendido, procedente de las distintas muestras, durante veinte días y relativo a las cinco etapas de mineralización.

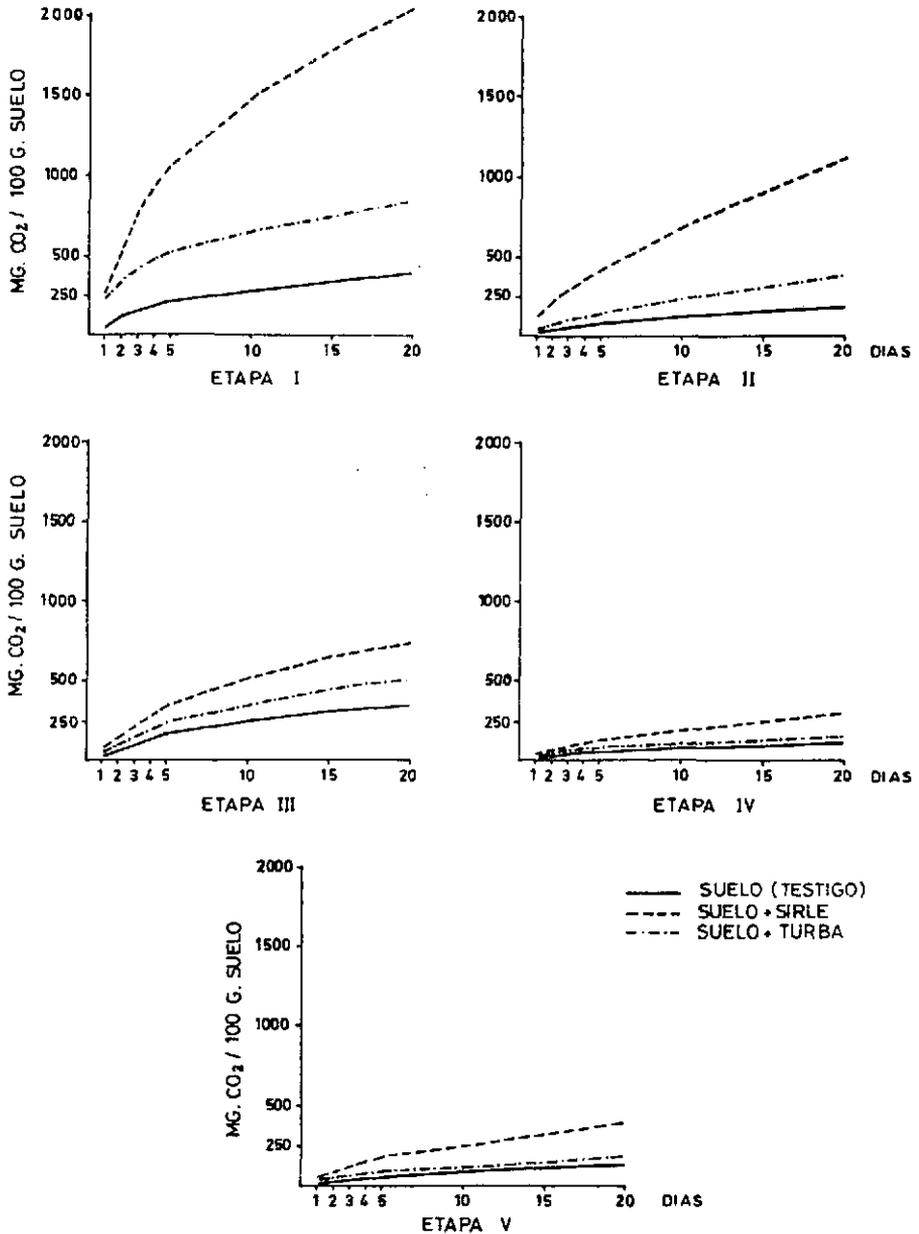
Como puede observarse, el desprendimiento de CO₂ aumenta en el siguiente orden: suelo (testigo), suelo con turba, suelo con sirle. Este grado de mineralización tiende a disminuir en las tres muestras conforme transcurre la experiencia.

También se puede destacar que la evolución de CO₂, en las muestras fertilizadas con sirle y turba, tiende a aproximarse a la del suelo testigo; si bien manteniéndose en todas las etapas una considerable diferencia entre la correspondiente al suelo fertilizado con sirle y la del suelo tratado con turba. La naturaleza, más fácilmente degradable, del sirle frente a la turba puede explicarse no sólo por el menor contenido en lignina (tabla II), material muy difícil de degradar por los microorganismos, sino también por la menor relación C/N.

En conjunto consideramos que el comportamiento similar de las tres muestras es función directa de los procesos de humificación y mineralización que se realizan, y que tienden a igualar, por una parte, los contenidos de sustancias fácilmente descomponibles, y por otra, a polimerizar y estabilizar las sustancias orgánicas que permanecen en el suelo.

El flujo de CO₂ desprendido, relativo a los fertilizantes en estudio durante las cinco etapas, se representa en la figura 2.

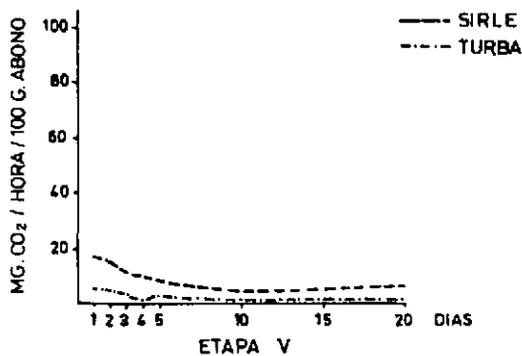
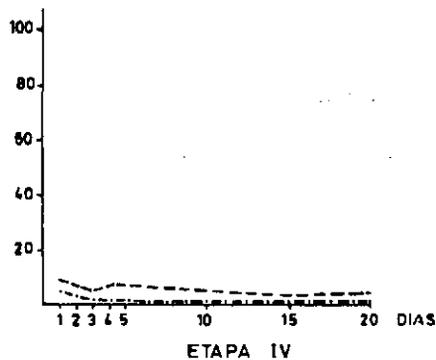
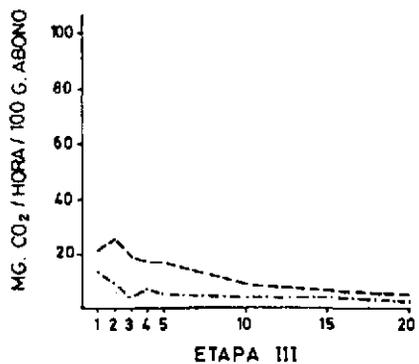
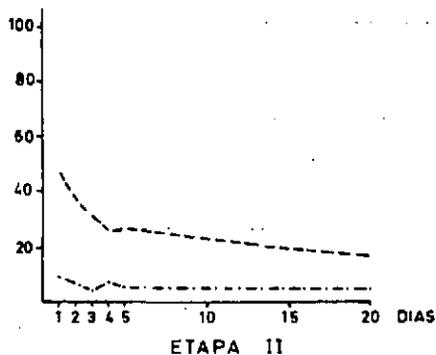
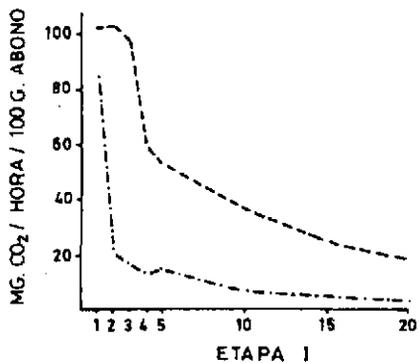
En la etapa I, el flujo de desprendimiento de CO₂ para ambos materiales empieza con valores similares, si bien el correspondiente a la turba baja rápidamente en las primeras veinticuatro horas, para continuar luego con un lento descenso durante los diecinueve días siguientes.



EVOLUCION DE CO₂ ACUMULATIVO

FIGURA 1





EVOLUCION DEL FLUJO DE CO₂

FIGURA 2



Por el contrario, el sirle mantiene un nivel inicial alto durante los tres primeros días y desciende de una manera más gradual durante el resto de la etapa. Este comportamiento inicial pone de manifiesto la distinta naturaleza de los fertilizantes. En los períodos de mineralización restantes sucede algo similar con el sirle, aunque con valores cada vez más bajos.

Otro hecho que interesa destacar es que los flujos iniciales en cada etapa son siempre mayores que los finales de la etapa precedente, lo que pone de manifiesto que los tratamientos de secado y humedecimiento realizados entre los períodos de incubación producen transformaciones de los constituyentes orgánicos del suelo, que hacen a éstos más lábiles para la mineralización. Este comportamiento puede explicarse en gran parte por la proliferación de microorganismos y posterior muerte y descomposición de la biomasa presente en el suelo.

1.2. Carbono oxidable

Los datos analíticos se representan en la figura 3. En ella se muestra un comportamiento del suelo sólo prácticamente invariable en el contenido de carbono orgánico oxidable.

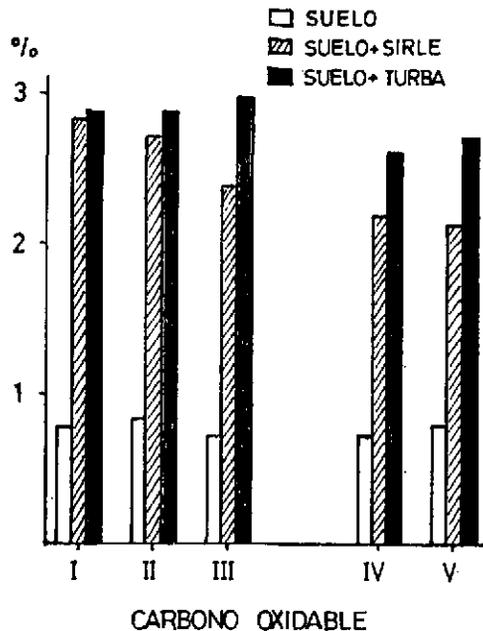


FIGURA 3

En las muestras de suelo fertilizado con sirle se observa una disminución constante de carbono en función del tiempo de transformación. Según estos resultados, creemos que si los materiales añadidos son fácilmente degradables (sirle), el efecto de la mineralización de esta fracción oxidable es predominante sobre cualquier otro.

En las muestras con turba también se observa, aunque de forma más suave que en el sirle, una disminución de materia orgánica oxidable a lo largo de la experiencia.

La turba, a consecuencia de las profundas transformaciones que ha sufrido, resulta un material relativamente estable que se degrada con dificultad; el efecto de la mineralización es suave y, por tanto, puede verse favorecido o retardado por algún factor secundario, como, por ejemplo, secado de las muestras antes del rehumedecimiento, temperatura de descomposición, ligeras variaciones de humedad, etc.

De cualquier manera, se puede asegurar que el porcentaje de carbono orgánico oxidable de un suelo, fertilizado con sirle o turba, disminuye en función del tiempo, aunque el grado de decrecimiento es mucho mayor en el primer caso; tengamos en cuenta que al principio de la experiencia el contenido de carbono debido a dichos abonos era el mismo. Estas disminuciones y diferencias degradativas, a lo largo del tiempo de mineralización, correspondientes a los materiales orgánicos empleados, sirle y turba, están en concordancia con las experiencias de desprendimiento de CO_2 .

En conclusión, nos atrevemos a considerar que los factores ecológicos tales como temperatura, humedad, aireación, etc., ejercen una manifiesta influencia sobre la descomposición de la materia orgánica del suelo. No obstante, cuando se trata de un aporte orgánico fácilmente degradable, el efecto de dichos factores queda solapado por la rápida mineralización del sustrato.

1.3. Carbono extraíble

Los resultados correspondientes se representan en la figura 4.

El porcentaje de carbono extraíble es diferente en el sirle que en la turba, tabla II, lo cual también se pone de manifiesto en dicho figura 4 a lo largo del período de humificación de los abonos en el suelo.

Además, en la gráfica que nos ocupa el carbono extraíble disminuye constantemente para las muestras de suelo con sirle y suelo con turba y permanece prácticamente invariable para las del suelo sólo. En los tres casos se observa en la etapa V un aumento en el contenido de di-

cho parámetro. Este comportamiento lo atribuimos al intenso tratamiento de secado de las muestras antes del rehumedecimiento y a la temperatura más elevada de la época. Por tanto, parece implicado dicho tratamiento con el contenido de carbono orgánico extraíble, lo que está de acuerdo con los trabajos de Jenkinson (1965, 1966, 1968), quien consideró que al esterilizarse la biomasa se aumentaba el contenido mineralizable del suelo. En este sentido, también se puede tener en cuenta el efecto que ejerce la desecación sobre las propiedades físicas y químicas de las muestras, que se modifican de una manera particular al aumentarse respectivamente la porosidad y la cantidad de azúcares en el suelo, Dommergues y Mangenot (1970).

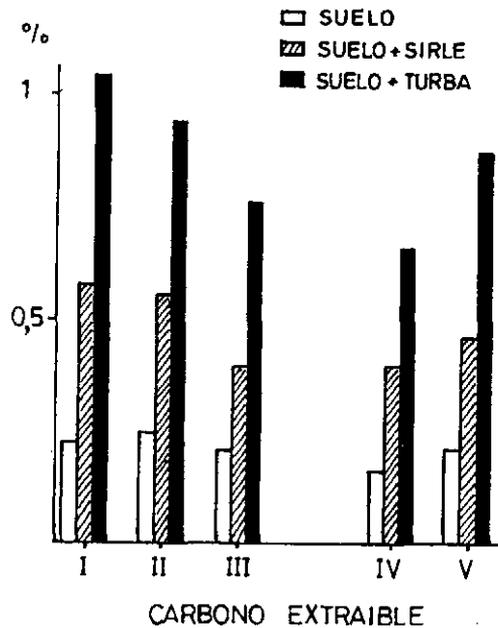


FIGURA 4

1.4. Carbono insoluble

Los datos que aparecen representados en la figura 5 se han calculado por diferencia entre el carbono oxidable y el carbono extraíble (soluble en pirofosfato).

En la figura indicada se pone de manifiesto un comportamiento extraordinariamente estable del carbono original del suelo a lo largo

de toda la experiencia. El carbono residual del suelo fertilizado con sirle disminuye considerablemente durante el tiempo que duró el proceso. Esto confirma la naturaleza poco estable de dicho abono, pues incluso la fracción orgánica residual presenta un grado de mineralización elevado. Para el caso de la turba, el porcentaje de carbono insoluble puede aumentar a lo largo del período de humificación del material. Por consiguiente, se puede concluir diciendo que el carbono insoluble procedente de la turba es mucho más estable que la fracción correspondiente del sirle.

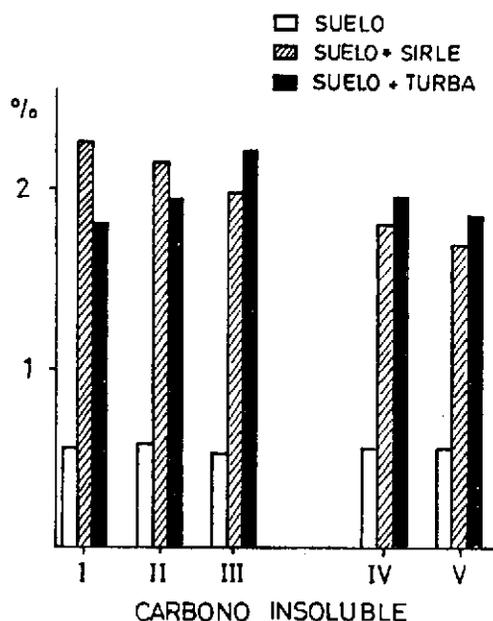


FIGURA 5

1.5. Carbono de ácidos húmicos

Los valores analíticos se representan en la figura 6, en la que se observa una mayor concentración de ácidos húmicos en las muestras con turba que en las muestras con sirle.

Es notorio el hecho de que tanto el suelo solo como el suelo fertilizado con sirle no experimenta un grado de variación considerable en el contenido de ácidos húmicos. No obstante, para las muestras con

turba, las variaciones en dicha fracción húmica son más ostensibles que para las muestras con sirle. Esta diferencia se puede atribuir a la mayor concentración de carbono debido a ácidos húmicos que existe en la turba, tabla II.

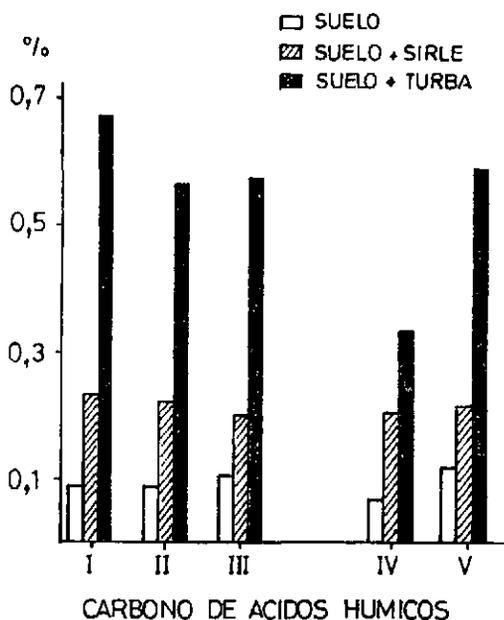


FIGURA 6

1.6. Carbono de ácidos fúlvicos

Los resultados experimentales se representan en la figura 7. En la figura correspondiente se muestra una naturaleza muy cambiante de la fracción fúlvica a lo largo del proceso, en función de las condiciones ambientales. Existe una concentración elevada de ácidos fúlvicos en el punto de partida y una disminución brusca hasta el otoño; después se produce una estabilización y por último un incremento hasta la primavera.

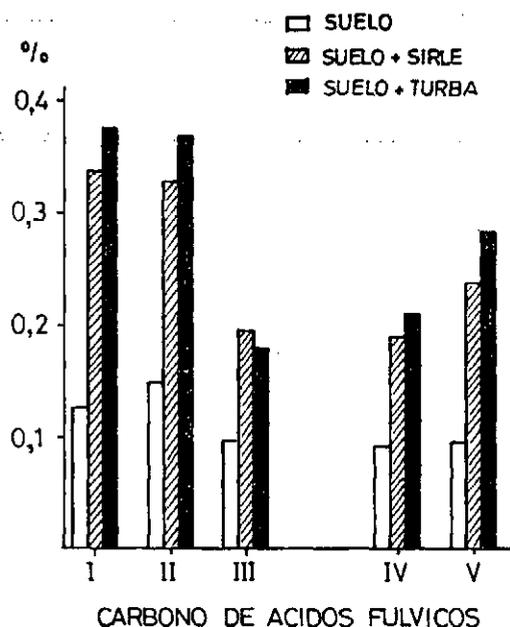


FIGURA 7

2. DETERMINACIONES MICROBIOLÓGICAS

2.1. *Microflora total*

Los datos analíticos se representan en la figura 8. En ella se indica el nivel microbiológico total a lo largo de la experiencia.

El suelo testigo, como era de suponer, presenta concentraciones de gérmenes totales menores que las muestras de suelo con sirle y suelo con turba.

El número de gérmenes es del orden de tres a cuatro veces superior en las muestras con sirle que en las muestras con turba, aun a pesar de presentar el mismo contenido de materia orgánica oxidable, lo cual pensamos que es debido a la labilidad del abono sirle.

A lo largo de las cinco determinaciones sucesivas se observan ciertas oscilaciones en el número total de gérmenes, alcanzándose al final valores del mismo orden que los iniciales.

No ha sido nada satisfactorio el intento de relacionar la densidad microbiana con la cantidad de CO_2 desprendido, tanto si se consideraban los miligramos de CO_2 producidos durante los veinte días de cada etapa de incubación como si se consideraban los miligramos de CO_2

liberados a los dos y tres días de comenzar dichas incubaciones. Estos resultados, de acuerdo con Alexander (1961), no son sorprendentes si tenemos en cuenta que la fuente de carbono no es homogénea y la población microbiana no está constituida por una sola especie.

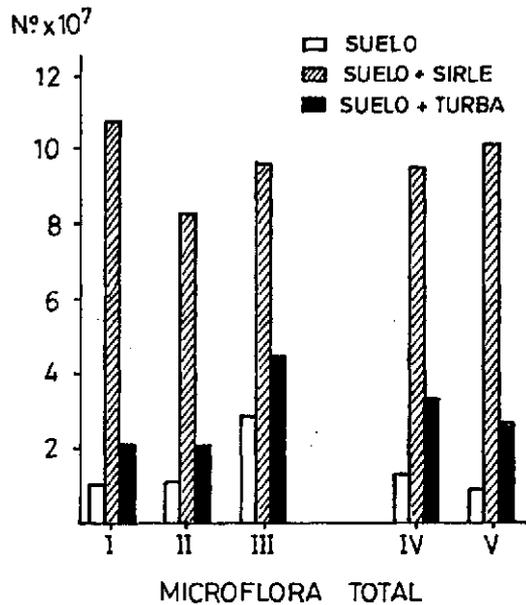


FIGURA 8

2.2. Amilolíticos

Los resultados obtenidos se representan en la figura 9. En ésta se pone de manifiesto un comportamiento similar entre la densidad amilolítica del suelo solo y del suelo fertilizado con turba, lo cual es lógico dada la escasa o nula cantidad de almidón en este material orgánico.

Por otro lado, Lozano (1968) considera que la degradación del almidón por microorganismos aerobios y anaerobios es muy rápida y más que cualquier otra sustancia, lo que está de acuerdo con el máximo que presenta la concentración amilolítica de la muestra de suelo con sirle en la etapa II de mineralización.

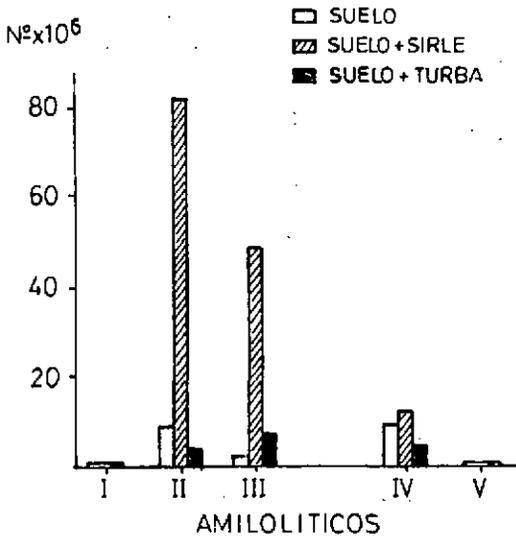


FIGURA 9

2.3. Celulolíticos aerobios

Los datos experimentales se representan en la figura 10. En ella la densidad de gérmenes celulolíticos aerobios es del mismo orden en el suelo solo que en el suelo tratado con turba e inferior a la del suelo fertilizado con sirle, lo cual está de acuerdo con el escaso contenido en celulosa de la turba, tabla II.

Por otro lado, la concentración reducida de microorganismos celulolíticos en las muestras con turba también puede ser debido a la formación de los complejos polifenol proteína, que enmascaran a la celulosa y la protegen de la acción microbiana dificultando su proliferación. Además, como está demostrado que la lignina no presenta una naturaleza tóxica, la influencia de ésta en disminuir la descomposición de la celulosa puede atribuirse a un efecto físico producido por las estrechas interacciones estructurales que existen entre la celulosa y la lignina en la pared celular.

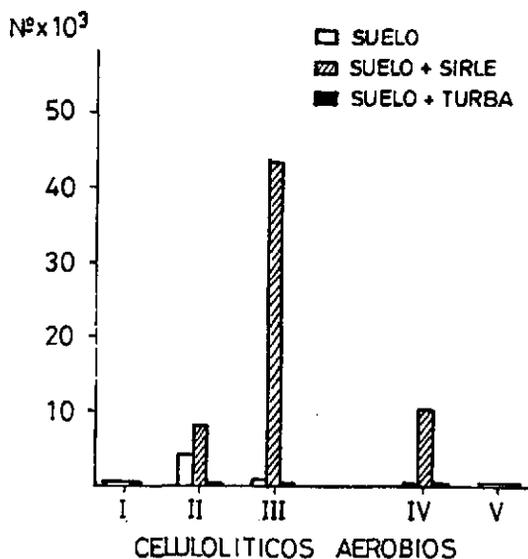


FIGURA 10

2.4. *Proteolíticos*

Los resultados experimentales se representan en la figura 11.

Durante las tres primeras etapas se observa un comportamiento análogo entre la densidad proteolítica del suelo solo, suelo con turba y suelo con sirle, que, si bien responde a los contenidos de nitrógeno en las muestras, no hay un mismo factor de proporción entre ellos (0,096 por 100, 0,18 por 100 y 0,23 por 100, respectivamente), lo que nos hace pensar que no depende sólo de la cantidad de nitrógeno, sino también de la naturaleza de los compuestos en que este elemento es constituyente.

El suelo fertilizado con sirle presenta una evolución proteolítica desarrollada que adquiere un máximo en la etapa IV, que debe estar en relación no sólo con la cantidad, sino también con la calidad del aporte orgánico. Así, Handley (1954) ha demostrado que en medio ácido, como son las suspensiones de turba en agua, los fenoles pueden formar con las proteínas complejos difícilmente atacables por los microorganismos.

Además, los resultados proteolíticos más elevados debidos al sirle, con respecto a los de la turba, están de acuerdo, por un lado, con la mayor concentración de aminoácidos en los ácidos húmicos del primer abono (aproximadamente, 3 : 1), Cegarra (1976), y, por otro, con el ma-

yor carácter aromático de las fracciones húmicas y fúlvicas del segundo.

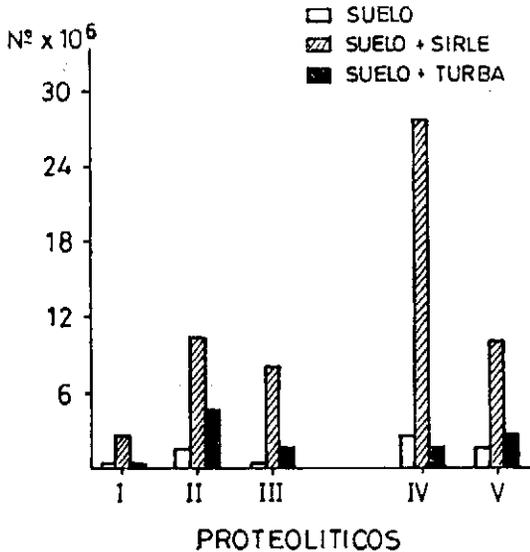


FIGURA 11

2.5. Fijadores aerobios de nitrógeno atmosférico

La densidad de microorganismos del género *Azotobacter* se representa en la figura 12.

En el gráfico en cuestión, la concentración de *Azotobacter* no varía ostensiblemente a lo largo de la humificación; solamente se pone de manifiesto una elevación en el punto V, la cual es mucho mayor para las muestras de suelo con sirle que para las de suelo solo y suelo con turba. Esta subida de los valores se puede interpretar por un condicionamiento del grado de descomposición de la materia orgánica, que al disminuir el contenido de nitrógeno lábil de ésta hace necesaria la captación de nitrógeno atmosférico.

Las muestras de sirle presentan un contenido elevado de *Azotobacter* en las etapas de incubación más óptimas. Los resultados concuerdan con las experiencias de Gallardo Lara (1973), quien observó que el sirle con un contenido elevado de celulosa no era accesible directamente al *Azotobacter* y que el número de este género aumentaba cuanto mayores eran los recursos energéticos de que disponía.



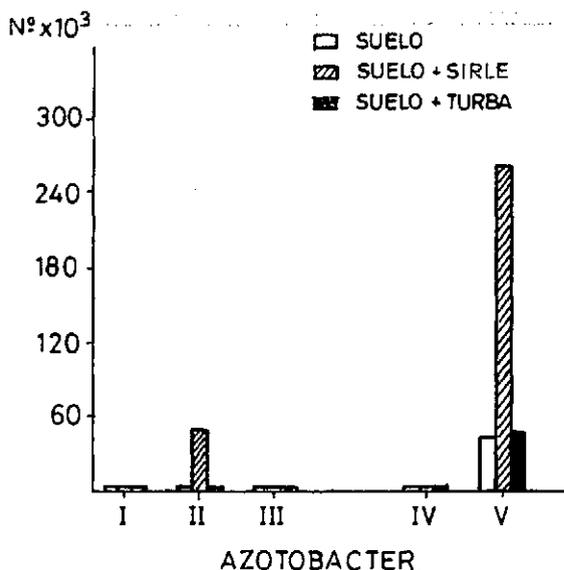


FIGURA 12

3. CONSIDERACIONES SOBRE EL PROCESO EVOLUTIVO DE DEGRADACIÓN

Aunque el sirle se ha comportado como un fertilizante mucho más inestable que la turba, observamos ciertos aspectos parecidos en su dinámica evolutiva: el sirle y la turba disminuyen el flujo de CO_2 en las etapas de mineralización, siendo estos valores decrecientes a lo largo de la experiencia. Para ambos materiales orgánicos se pone de manifiesto un decrecimiento en el carbono mineralizado en veinte días a lo largo del proceso de descomposición. El suelo tratado con los abonos en estudio presenta una disminución en el porcentaje de carbono oxidable, carbono extraíble, carbono de ácidos húmicos y carbono de ácidos fúlvicos, así como también en el porcentaje de carbono mineralizado de sirle y turba, en las distintas etapas de incubación, con respecto al carbono oxidable al iniciarse el proceso.

Aunque hemos sugerido un cierto paralelismo entre los fertilizantes orgánicos, debemos especificar también las diferencias más notables:

En las distintas etapas de mineralización, el CO_2 desprendido y el porcentaje de carbono mineralizado respecto al carbono oxidable inicial siempre fue mayor en el sirle que en la turba.

Los contenidos de carbono oxidable, carbono extraíble y carbono de ácidos húmicos siempre fueron menores en las muestras abonadas con sirle que con turba.

El sirle presenta una buena correlación entre el CO₂ desprendido en las distintas etapas y el carbono oxidable o extraíble antes de comenzar éstas. Para el caso de la turba, la correlación no es tan buena.

El sirle es un material que incrementa considerablemente en el suelo la densidad microbiológica total y algún aspecto de la actividad funcional; por el contrario, la turba incrementa poco el número de gérmenes totales y casi nada ciertos grupos fisiológicos de microorganismos. En las muestras abonadas con sirle se acusa un desarrollo máximo de gérmenes amilolíticos, seguido de celulolíticos aerobios, después de proteolíticos y, por último, de fijadores aerobios de nitrógeno atmosférico.

Por otro lado, si intentamos considerar globalmente los hechos ocurridos en el suelo fertilizado con sirle y con turba, podemos indicar lo siguiente:

La concentración de carbono oxidable, carbono extraíble, carbono de ácidos húmicos y carbono de ácidos fúlvicos, al comienzo de las incubaciones, se encuentra más disminuida para el caso de las muestras que se han secado más suavemente, puntos II, III y IV, coincidiendo con un recuento máximo de algunos grupos fisiológicos de microorganismos. Como el CO₂ desprendido por el sirle y la turba durante veinte días también ha decrecido en dichas etapas, nos atrevemos a asegurar, de acuerdo con Berthelin y Cheikhzadeh-Mossadegh (1977), que la mineralización e incluso la dinámica de un suelo no depende tanto del número de microorganismos existentes como de la actividad degradativa y funcional de los mismos.

También conviene recordar las investigaciones de Soulides y Allison (1961), Jenkinson (1968), quienes encontraron que el tiempo de secado del suelo, antes del rehumedecimiento, tenía un efecto estimulante sobre el CO₂ desprendido y número de microorganismos. Basándonos fundamentalmente en estas consideraciones, atribuimos el incremento experimentado en la etapa V, correspondiente al CO₂ liberado por los abonos en veinte días, al intenso tratamiento de secado que sufrieron las muestras antes del rehumedecimiento. De análoga manera explicamos el aumento de carbono oxidable, carbono extraíble, carbono de ácidos húmicos, carbono de ácidos fúlvicos y densidad de *Azotobacter* para la última etapa de descomposición en las muestras de suelo fertilizado; en el caso del suelo tratado con sirle, también se producía un incremento de microflora total.

Interpretamos en conjunto los hechos, anteriormente citados, considerando que el tratamiento intenso de secado produce una liberación de azúcares y microorganismos muertos al medio, Dommergues y Mangenot (1970); de esa manera, los gérmenes resistentes a la esterilización natural se desarrollarán más activamente, pueden producir un mayor número en su recuento y pueden liberar mayor cantidad de CO_2 ; a su vez, las muestras que han sido esterilizadas, en mayor o menor grado, proporcionan una biomasa muerta que contribuye al incremento producido en el carbono oxidable, carbono extraíble, etc. La máxima densidad microbiana del género *Azotobacter* que se detecta en la etapa V concuerda con las consideraciones de Dommergues y Mangenot (1970), quienes atribuyen al *Azotobacter chroococcum* un carácter muy resistente a la sequedad.

Los resultados, que no presentan correlación entre CO_2 y densidad de microorganismos, se pueden atribuir a la heterogeneidad de las muestras en sí, ya que el sustrato no está compuesto de una sola sustancia, sino que es un material vegetal más o menos evolucionado, que se ha estabilizado en mayor o menor grado y ha sido transformado a lo largo del tiempo; por eso, el ataque microbiano no puede ser continuo y uniforme y estará sometido a oscilaciones de proliferación o microciclos de abundancia.

Para terminar añadiremos que el desprendimiento de CO_2 procedente de la materia orgánica del suelo dependerá de la dificultad de aprovechamiento del sustrato, que traerá consigo la muerte de microorganismos existentes y a su vez el rápido desarrollo de otros seres microbianos con distinta capacidad de asimilación que actuarán sobre los constituyentes restantes y sobre la biomasa muerta.

BIBLIOGRAFIA

- ALEXANDER, M. (1961), *Introduction to soil microbiology*, Jhon Wiley and Sons, New York.
- BERTHELIN, J.; CHEIKHZADEH-MOSSADEG, D. (1977), *Biodégradation de complexes organo-férriques dans un sol brun acide et dans un sol podzolique sur granite. Proceedings of a symposium on soil organic matter studies*, Braunschweig (R. F. A.), I. A. E. A., Vienna, vol. I.
- CEGARRA, J. (1978), *Fraccionamiento de fertilizantes orgánicos y de sus productos de humificación*, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia.
- DOMMERMUES, Y.; MANGENOT, F. (1970), *Ecologie microbienne du sol*, Massonet et Cie., París.
- GAUR, A. C.; SASIVAM, K. V.; VIMAL, O. P.; MATHUR, R. S. (1971), «A study on the decomposition of organic matter in an alluvial soil: CO₂ evolution, microbiological and chemical transformation», *Plant and Soil*, 34: 17-28.
- GALLARDO-LARA, F.; OLIVARES, J.; CALLAO, V. (1972), «Estudio microbiológico en diversos "compost" de turba. I, Efecto del inóculo de estiércol y la fermentación a 28° C», *Microbiología Española*, 25: 225-240.
- GALLARDO-LARA, F.; CALLAO, V.; OLIVARES, J. (1973), «Respuesta de la microflora de un suelo a la adición de diversos "compost" de turba», *Cuad. C. Biol.*, 2: 7-13.
- GRAY, P. H. H.; WALLACE, R. H. (1967), «Correlation between bacterial numbers and CO₂ in a field soil», *Can. J. Microbiol.*, 3: 191-194.
- HANDLEY, W. R. C. (1954), «Mull and mor formation in relation to forest soils», *Forestry Comm. Bull.*, 23, Londres, 116.
- JACKSON, M. L. (1960), *Soil Chemical Analysis*, Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N. J., U. S. A.
- JENKINSON, D. S. (1965), «Studies on the decomposition of plant material in soil. I, Losses of carbon from ¹⁴C labelled ryegrass incubated with soil in the field», *J. Soil Sci.*, 16: 104-115.
- JENKINSON, D. S. (1966), II, «Partial sterilization of the soil and the soil biomass», *J. Soil Sci.*, 17: 280-302.
- JENKINSON, D. S. (1968), «III, The distribution of labelled and unlabelled carbon in soil incubated ¹⁴C labelled ryegrass», *J. Soil Sci.*, 18: 25-39.
- LOZANO, J. M. (1968), «Influencia de diversos factores ambientales y edáficos sobre la actividad microbiana», *Anal. Edafol. y Agrobiol.*, 27: 849-855.
- PARR, J. F.; SMITH, S.; WILLIS, G. H. (1970), «A multi-purpose manifold assembly: use in evaluation microbiological effects of pesticides», *Soil Sci.*, 107: 271-276.
- POCHON, J.; TARDIEUX, P. (1962), *Técnicas d'análise en Microbiologie du sol*, Editions de la Tourelle, St. Mandé.
- REVERTE, P. (1978), *Estudio sobre la mineralización y caracterización de los fertilizantes orgánicos sirle y turba*, Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura, Murcia.
- SOULIDES, D. A.; ALLISON, F. E. (1961), «Effect of drying and freezing soils on carbon dioxide production, available mineral nutrients, aggregation, and bacterial population», *Soil Sci.*, 91: 291-298.

