

IMPORTANCIA DE LA PROTECCION DE LA MATERIA ORGANICA EN SUELOS.

Silvia María Aguilera S.
Universidad de Chile
Casilla 233
Santiago - Chile

Entre los principales intereses mundiales hoy se tiene la gran conciencia del resguardo y recuperación de nuestros principales recursos naturales, entre los cuales es fundamental el sistema edáfico. Los suelos, con fines de obtener sustento para los millones de habitantes de la tierra, han sido permanentemente utilizados y muchas veces sobre explotados, especialmente en los tiempos actuales. Afortunadamente, cada día más, la conciencia antes mencionada y la necesidad de recuperar dicho bien han llevado a las comunidades del mundo a estudiar y poner en práctica los frutos de dichas investigaciones a fin de resguardar y bien usar tan importante recurso conservándolo para las futuras generaciones.

El suelo, como sistema de sustentación de producción de alimentos, requiere estar formado por la fracción mineral o inorgánica, una fracción orgánica que proporcione el recurso energético y la actividad biológica, y una adecuada estructura que permita la circulación de agua y aire. De la interrelación de estos cuatro elementos fundamentales dependerá la bondad del sistema suelo para los sistemas productivos.

La materia orgánica del suelo (MOS) es un constituyente esencial del sistema edáfico ya que por su constitución y propiedades es la responsable directa de la mayoría de los procesos, físico-químicos y biológicos del suelo.

Entre los principales procesos en que interviene la materia orgánica (MO) se pueden señalar:

- Es fuente de energía para los procesos biológicos heterótrofos, a través de su contenido de carbono disponible,
- Es fuente primaria de nutrientes como N, P y S, de su propia constitución al mineralizarse.
- Por ser un polielectrolito, propiedad química muy importante que la MO desarrolla a través de sus grupos ácidos, es de los principales responsable de la disponibilidad de nutrientes, tanto macronutrientes como micronutrientes.
- Esta última función la desempeña a través de su capacidad complejante y por los distintos grupos activos que aportan grados de acidez, con lo que actúa en la solubilización de minerales, en el transporte de sustancias catiónicas en forma de complejos solubles.
- Finalmente el almacenamiento de estos nutrientes en reservorios que son los polímeros orgánicos complejos y estables que constituyen el humus. Esta retención de los elementos minerales en el humus les otorga una mayor disponibilidad de cationes que desde las formas minerales originales.
- También corresponde a la MO fijar a sus estructuras poliméricas y estables, sustancias orgánicas o inorgánicas que constituyen agentes ajenos y contaminantes del sistema edáfico, como son por ejemplo los metales pesados y los pesticidas (herbicidas, fungicidas, rodenticidas, etc.), con lo cual aportan al suelo una protección ante estas sustancias tóxicas. Ese almacenaje de sustancias tóxicas pasa entonces a

ser directamente dependiente de la cantidad y calidad de la MO del suelo.

- Entre las propiedades físicas importantes que la MO le otorga al suelo está la regulación térmica del sistema por el color oscuro del humus.
- La capacidad de retención de agua por la formación de puentes de hidrógeno entre los polímeros orgánicos y el agua. Como el horizonte superficial del suelo es el más rico en MO, el agua se retiene especialmente en la zona radicular de los cultivos, aumentando así su disponibilidad y protegiéndose de los períodos de sequía.
- La MO facilita la agregación del suelo al interactuar física y químicamente con los minerales del suelo permitiendo su agregación, con lo que se mejora la aireación y permeabilidad del suelo, lo que es esencial para la bioactividad en todos los procesos aeróbicos.
- También es muy importante la capacidad amortiguadora de la MO ya que por su capacidad tampón o buffer, permite al suelo protegerse del impacto de cambios bruscos de pH como pueden ser alcalinización ó acidificación excesivas, lo que se da por prácticas agrícolas o contaminación.

Como se señaló en los distintos aportes de la MO al sistema edáfico hay distintos constituyentes que intervienen preferencialmente en cada uno de esos procesos, por eso es importante hacer un breve resumen sobre la constitución general de la MOS.

En general se puede clasificar a la MOS entre biótica y abiótica.

La MO biótica está constituida por los distintos organismos vivos presentes en el suelo como microfauna protozoaria (Rizópodos, flagelados y ciliados) Microfauna de animales superiores (nematodos, lombrices, hormigas, termitas, colemobolas) y los microorganismos como bacterias, hongos y actinomicetes. Ella representa generalmente menos del 1% de la MO, pero a su vez es una de las fracciones más importantes ya que es la responsable de toda la bioactividad que tiene como resultante final las reacciones que dan lugar a la disponibilidad de nutrientes, la génesis del suelo y todo proceso activo entre los componentes del suelo.

La MOS abiótica por su parte corresponde a la mayor parte de la MOS y está constituida por una parte más lábil y disponible, como fuente energética y nutriente, y una parte polimérica, compleja y estable que corresponde al llamado humus.

La parte lábil de la MOS, que representa entre 10 a 15% de la MOS, corresponde a residuos animales y vegetales en distinto grado de descomposición pero que mantiene las características químicas de su material de origen, como por ejemplo: hidratos de carbono, celulosa, hemicelulosas, ligninas, proteínas, aminoácidos, ácidos grasos, ceras, melaninas, etc. Por su constitución química estos tipos de compuestos son fuentes primarias de nutrientes, proveen los agentes ácidos y complejantes que son los responsables de la solubilización y movilización de elementos nutrientes y /o contaminantes en el suelo y su solución.

El humus es un conjunto heterogéneo de polímeros orgánicos complejos que varían de estables a muy estables y que representan aproximadamente el 85% de la MOS. Su constitución corresponde a estructuras semejantes a lignina modificada en que priman compuestos poliméricos benzénicos, fenólicos, fenólicos-carboxílicos, etc. Su génesis corresponde a procesos de síntesis química o biológica a partir de los residuos moleculares producidos en la degradación de los elementos lábiles que entran al sistema suelo, o a la modificación de los mismos.

Estos polímeros que forman el humus tienen estructuras parecidas, pero para su estudio

se han fraccionado en base a solubilidad decreciente y en pesos moleculares y estabilidad crecientes, en: ácidos fúlvicos (AF), ácidos húmicos (AH) y huminas (Hum). Hay un mayor número de fracciones que se han separado pero con fines generales de la MO, esta división es suficiente.

En general el nivel de MO está muy ligado al tipo de suelos, su material parental y constitución mineral, y al clima y condiciones ambientales, en caso de suelos vírgenes o sin cultivar. En el caso de suelos en uso agrícola y/o forestal, esos niveles de MO se van modificándose de acuerdo al uso y manejo de ellos, con lo que pasa a ser muy importante la evaluación de lo que ocurre con el recurso MO según las variables mencionadas.

Los niveles de MO van desde menos de 1% hasta 30% o más por ciento respecto al suelo, valores extremos se dan desde trazas para suelos desérticos hasta 90% o más para suelos turbosos. El horizonte A de suelos explotados agrícolamente tiene niveles entre 0,1 a 10% MO (Fassbender y Bornemisza, 1985), luego esos porcentajes disminuyen en profundidad. Los mismos autores reseñan que existen muy pocos estudios que presenten un análisis de distribución de los suelos en función del contenido de MO y de datos obtenidos de suelos de América Latina, de 167 muestras de América Central de horizontes A, por Diaz-Romeu, Balerdi y Fassbender(1970), encuentran fluctuaciones de MO entre 0,4 y 12,2% de C con una cifra promedio de 2,96% de C. La mayor parte de las muestras (57%) presentaron niveles de C entre 1 y 2,5%, un 10% de las muestras tenía niveles menores a 1% y el 14% de las muestras tenía valores superiores al 5% de C.

En trópicos bajos de Brasil para 91 muestras, se encuentra que el 50% de las muestras presentan entre 0,5 y 2% de C y que sólo el 10% de ellas supera el 4% de C.

En Chile también encontramos una distribución extrema en los niveles de C con la zonas desérticas del Norte con menos de 0,5% de C, valores entre 1 a 3% de C en zonas centrales cultivables, generalmente suelos aluviales, hasta los ultisoles y andisoles con niveles de 2 a 4% de C para los primeros y 5 a 20% de C en los segundos incluidos los suelos Nadis (Aguilera y col.1990,1993,1997)

El contenido de MO normalmente se expresa como porcentaje de MO o bien de carbono orgánico (C), parámetros cuyos valores se interconvierten entre si utilizando el factor convencional de Van Bemmelen, $\%MO = 1,724 \%C$, en que se relaciona MO con C estimándose que ella contiene una cifra promedio de 58% de C.

Para estimar la dinámica de la MO en los suelos es necesario conocer el balance que se produce entre su mineralización o degradación y su síntesis, estabilización o humificación. Este es normalmente un estado de equilibrio en suelos sin intervención, pero en suelos con intervención esos equilibrios se suelen alterar ya sea por una mayor mineralización, con la consecuente disminución del status orgánico, o bien pudiera producirse un incremento de MO o acumulación por ejemplo a causa de una disminución de la aerobiosis del suelo y la consiguiente disminución en la mineralización de la MO.

A lo anterior, habría que sumarle los manejos o prácticas en el suelo que se traducen en ganancia o pérdidas de la MO. Sólo reseñando algunas de estas prácticas;

- Si se considera el acostumbrado sistema de quemar los residuos post-cosecha en que se destruye el nivel superficial de la MO, el que se acompaña de una esterilización microbiológica, no sólo se produce merma de la MO, en la zona en que es más cuantiosa, sino que además se alteran la cantidad y/o calidad de los microorganismos en forma que puede ser mas o menos importante o incluso irreversible para aquellas cepas más termolábiles. Estimaciones entregadas por Fassbender 1985, dicen que

temperaturas de 60°C o superiores, son críticas pues se desnaturalizan las proteínas, entre 80 y 100°C se acelera la oxidación de la MO con producción de CO₂ y a temperaturas superiores se producen pérdidas de N y S asociadas a la MO. El resto de los elementos como P, K, Ca y Mg, se acumulan en las cenizas que se depositan en el suelo donde posteriormente se disuelven pasando a la solución de suelo, aumentando su disponibilidad pero también su pérdida por percolación.

- Si el suelo se somete a una sobre explotación de cosechas sucesivas, con monocultivos permanentemente o bien se sobrefertilizan, se produce normalmente un aumento de la mineralización de la MO con una consiguiente disminución de ella, llegando incluso al agotamiento del pool orgánico con la resultante de disgregación de los minerales del suelo y posterior erosión.

- Por el contrario prácticas que siendo muy antiguas, como la adición de los residuos orgánicos, están siendo consideradas cada vez más como una solución, especialmente para la reinserción orgánica, el ahorro de fertilizantes y la disposición de los cuantiosos residuos orgánicos que se producen. Entre estas prácticas se destacan los sistemas de Cero Labranza o Labranza Mínima o de Sustentación.

En resumen para una correcta preservación del recurso MO será útil y necesario estar conscientes de los ingresos y egresos de MO en el sistema suelo, del efecto que tienen para los distintos tipos de suelos, los tipos de cultivos, fertilizaciones y tratamientos aplicados de preservación a la contaminación de patógenos y malezas. Todos estos factores determinan el grado de estabilidad que tendrá el sistema.

A objeto de conocer la mineralización del C en distintos tipos de suelo, en Chile, se han efectuado varios estudios sobre la dinámica de la MO agregada utilizando para ello trazadores radioactivos, como Glucosa C¹⁴, Celulosa C¹⁴, residuos orgánicos C¹⁴, los que se agregaron tanto a suelos volcánicos como a suelos aluviales de la zona central (Zunino y col.1982; Aguilera y Urbina.1989; Aguilera y col. 1993 y 1999). Las conclusiones de esos estudios teóricos fué que sustratos de C lábiles como la glucosa y la celulosa tienen una permanencia en el suelo de más de 4 meses y hasta 8 meses en el caso de celulosa. Que del 60 al 70% del sustrato agregado se mineraliza en caso de suelos aluviales y que eso es menor del 40 y 50% en caso de suelos volcánicos.

Lo más importante de lo anterior es que el 60% o más de C que se incorporó al sistema suelo volcánico, humificándose, la gran mayoría se encontró ubicado en las fracciones humina del suelo, seguido por la fracción ácidos húmicos y finalmente en los ácidos fúlvicos. Además, se comprobó que si junto a los sustratos orgánicos marcados se introducía al suelo N y P en cantidades agronómicas, la humificación del sustrato marcado disminuía, manteniéndose el C marcado en mayor cantidad en las fracciones algo más lábiles como ácidos fúlvicos y húmicos.

En el caso de adición de residuos orgánicos al sistema edáfico, se han implementado variadas formas para calcular cuanto material orgánico a agregar. Así el Dr. Rosell, en una revisión al respecto presentada en el Congreso Latiamericano, Pucón-Chile 1999, dice que hay información sobre los niveles de MO recomendados en función de la textura del suelo, así por ej. Para suelos arenosos 1 a 1,5% de MO; arcillosos 3,5 a 4,4% de MO, en que 1% de MO equivalen a 40t de MO en la capa arable del suelo.

También el Dr. Rosell reseña distintas formas establecer las necesidades de MO para mejorar el rendimiento de cultivos. Así según Welte (1963).

MO a aplicar anualmente = Km (HO + A) donde

HO, es el contenido de humus bajo condiciones de equilibrio,

A, entrada anual de MO (fertilizantes orgánicos, rastrojos y raíces de cultivos)

A es la entrada de MO fresca.

Km, coeficiente de descomposición o mineralización de la MO originla de Kortleven (1963), considera que el nivel de humus presente era la vigésima parte del imput anual aplicado, siendo Ym el humus presente en estado estacionario.

$Y_m = (K_1 : K_2) \times A$ donde

K1, es el coeficiente de humificación (0,1 a 0,39)(fracción de la MO joven que se transforma en humus.)

K2, es el coeficiente de descomposición (0,01 a 0,03 para el humus estable y 0,7 a 0,9 para la MO fresca o joven)

También Rosell citó a Rauhe (1965) que emplea el N presente en el suelo y el N adicionado con la MO fresca para estimar la cantidad de MO que debe adicionarse para mantener el balance de humus.

MO fresca a adicionar = $20 \times N$ (requerido por el cultivo)

Este procedimiento fue usado en Alemania durante los últimos 30 años.

En la actualidad la necesidad de MO se estima tomando en cuenta:

- La producción de residuos vegetales aplicados a suelos, lo cual eleva el nivel de MO disponible.
- El nivel original de MO o C para establecer balances dado que no hay problema para la incorporación de N al requerirse.
- Los valores de MO disponible (oscilan entre 1 y 6% de la MO del suelo).
- Los suelos bajo agricultura pueden recibir hasta un cierto límite de MO fresca (por ej. 30-35 t de estiércol por ha-año) pasado ese límite contaminan el ambiente.

En base a esos conceptos, el servicio de conservación de suelos de Alemania ha preparado una serie de tablas y recomendaciones para establecer la demanda y reposición de MO fresca para diferentes cultivos (Rosell. 1999).

En Chile, el grupo de Química y Bioquímica de Suelos de la Fac. de Ciencias Químicas y Farmacéuticas de la Universidad de Chile, por varios años ha establecido lo que ha llamado el Balance de la MO de los Suelos, que es una visión integral de la cuantía y calidad de la MO del suelo (Aguilera y col. 1990, 1994, 1997 y 1998). Ese Balance de MO toma todas las formas orgánicas presentes en el suelo, desde el C biomásico de los microorganismos (C-bio) (Borie y col. 1992, 1995), el carbono disponible evaluado en dos formas, como hidratos de carbono solubles y como hidratos de carbono hidrolizables (Aguilera y col. 1987, Borie y col. 1995), y desde luego el carbono estable, el humificado, como carbono: ácido fúlvico (C-AF); ácido húmico (C-AH) y el correspondiente a las huminas (C-hum).

Junto a la obtención del Balance de MO se efectúa la Distribución de esas fracciones orgánicas respecto al total de la MO, con lo que fácilmente se visualiza el grado de humificación de un suelo, la cantidad de MO disponible y la actividad biológica total del sistema edáfico. Ese perfil básico de los suelos se puede comparar con los del mismo suelo sometido a distintos usos y prácticas agrícolas (Aguilera y col. 1996, 1998; Peirano y col. 1992). Con ello es muy fácil el seguimiento sobre el efecto antropogénico de cada suelo en particular. Al respecto se acompañan algunos gráficos de suelos volcánicos y un alfisol chilenos, bajo distintos manejos, en los que es destacable el uso de cero-labranza por la implicancia de la reinserción orgánica a los suelos.

Sobre la adición de MO fresca a los suelos y el ciclado de materia orgánica en suelos y modelos predictivos hay modelos que permiten hacer cálculos para los ecosistemas como ya se dijo de los trabajos de Rosell 1999 y Fassbender 1987 y 1999.

Finalmente, haciendo algunas consideraciones sobre el papel que le corresponde a la MOS, tanto en prevención como en posible factor de daño frente a los contaminantes inorgánicos como orgánicos.

Considerando a los contaminantes como aquellos compuestos químicos que siendo extraños al sistema entran al ambiente, generalmente por acción antropogénica, o bien aquellas sustancias que siendo habituales del ecosistema exceden las concentraciones normales, y que llegan a ser tóxicas para los seres vivos incluyendo al hombre.

Los contaminantes pueden ser orgánicos e inorgánicos, además pueden ser naturales o sintéticos. Su efecto puede ser individual pero también sinérgico.

Además, considerando algunos otros parámetros según los cuales una sustancia tendrá importancia en química ambiental, Choudry (1984) enumera las siguientes características:

- Si se produce o distribuye en grandes cantidades.
- Si tiene la posibilidad de entrar en el ambiente.
- Si tiene tendencia a dispersarse.
- Si es persistente (por falta de degradación en condiciones bióticas o abióticas)
- Si se produce bioacumulación.
- Si presenta toxicidad en relación a efectos biológicos.

En cuanto al papel de las sustancias húmicas en el ambiente, Choudry agrega que estas sustancias pueden mostrar 5 tipos de efectos en los químicos ambientales:

- Efecto de sorción.
- Efecto de solubilización.
- Efectos de catálisis e hidrólisis.
- Efectos en los procesos biológicos.
- Efectos de fotosensibilización y amortiguación.

De acuerdo a ello, las sustancias húmicas pueden fijar químicos, pueden actuar como vehículo para su movilización, transporte e inmovilización, de herbicidas, pesticidas o aceites. (Choudry 1984).

Como se expuso en las propiedades benéficas de la MOS, tanto compuestos orgánicos como inorgánicos, que constituyen contaminantes en los suelos, tienen una gran interacción química con los polímeros orgánicos que constituyen el humus. Esa interacción se traduce en una fuerte fijación de dichos contaminantes a las formas estables del suelo con lo cual se retiran de la solución del suelo dejando de ser de riesgo para los seres vivos.

La fuerza de interacción, químicamente, se expresa en constantes de afinidad o de formación de los compuestos entre los polímeros húmicos o fúlvicos y los elementos metálicos que constituyen metales pesados o los pesticidas, fungicidas y herbicidas, que generalmente son compuestos orgánicos de estructuras relativamente simple. Sobre estos aspectos hay innumerables trabajos en las publicaciones mundiales de suelos, de química del humus y de química ambiental.

También nuestro grupo de trabajo, ha determinado muchas de estas interacciones de los polímeros húmicos frente a elementos catiónicos tanto elementos nutrientes como elementos que constituyen contaminantes (Zunino y col. 1979, 1982). Esos estudios incluyen sistemas de los elementos por separados, como también sistemas en que se mezclan los elementos catiónicos, ya sea distintos nutrientes como nutrientes y contaminantes. en distintas

proporciones, a semejanza de lo que ocurre con la solución del suelo. Con todo ello se ha podido dimensionar el verdadero aporte de la MO, ya que por ejemplo en sistemas con Ca y Cd en competencia, se pudo determinar que se fija mucho más fuertemente el Cd, lo que es un seguro frente a políticas de encalado por ej.

Sobre los efectos negativos o contaminantes que pudiera presentar la MO, estos sólo se producirían directamente, en:

- Una degradación incontrolada de la MO, por una mineralización excesiva sin reposición de MO y sin humificación, con lo cual toda sustancia contaminante fijada a la MO sería liberada.
- O bien ante una sobresaturación de contaminantes en el sistema edáfico, con lo cual la reserva orgánica quedaría saturada e incapaz de amortiguar el impacto.
- Otro efecto dañino de la MO podría ser la activación de microfloras patógenas que se deben controlar paralelamente.

Finalmente, como citan Miller y Donahue (1990), "el nivel óptimo de MO que deberá mantenerse en un suelo no ha sido determinado nunca ya que no es un valor único". Ese valor depende de cada tipo de suelos, de su entorno, su clima, el tipo de uso y manejo que se le dé. Lo que sí es primordial, es el mantener el recurso, en las condiciones lo más cercano posible a sus condiciones originales que son las del equilibrio deseado por la sabia naturaleza. Sólo así el suelo, y su gran riqueza la MO y la bioactividad, servirán al hombre, su entorno y la naturaleza.

Para ello en los estudios y decisiones que se adaptarán en Chile en el futuro mediano, sería muy importante regular toda práctica que atente contra el recurso MO en su calidad y cantidad, por ejemplo sobre explotación de monocultivos, quema indiscriminada del suelo junto a los rastrojos, sobrelabranza, etc, etc. También se debería potenciar toda acción tendiente a recuperar los niveles orgánicos de los suelos erosionados, lo que se puede hacer tanto con prácticas de inserción de los residuos propios del agro, como también por la inclusión de otros residuos o biosólidos, práctica que debe acompañarse con todas las regulaciones ambientales necesarias, tal como se realiza actualmente en muchos países especialmente de Europa y USA, entre los cuales son destacables los esfuerzos de investigadores españoles, entre ellos el grupo de Costa y col. de Murcia, que en 1995 escribieron un libro muy práctico. En el mismo sentido la Dra. María Julia Mazzarino, Universidad de Bariloche, Argentina, hizo una excelente presentación en el Congreso Latinoamericano de la ciencia del Suelo, Pucón 1999. En esa presentación la Dra Mazzarino hizo una revisión muy completa sobre el uso de distintos Residuos, las reglamentaciones vigentes, o la no regulación en muchos países. Al mismo tiempo ella propuso acciones concretas a desarrollarse por las comunidades científicas en apoyo a nuestros continentes y países.

Este llamado de la Dra Mazzarino y su grupo, a coordinarse las sociedades internacionales de suelo, para juntos trabajar mejor por los grandes desafíos que conllevan a la preservación, recuperación y buen uso del recurso suelo, es algo que nosotros también queremos suscribir en esta tan importante oportunidad que se nos brinda.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera S.M., Borie G., Milla P., Peirano P. 1987. Bioquímica de Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas. VI Determinación de Hidratos de Carbono. Agricultura Técnica, Chile. Vol 47 N°3: p 240-247.
- Aguilera S.M., A. Urbina. 1989. Dinámica de la Materia Orgánica en Suelos de Drenaje Restringido. Bol. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Bol. N°9. p 91-121.
- Aguilera S.M. 1990. Organic Matter in Chilean Volcanic Ash Derived Soils. Proceed. XIV International Congress of Soil Science. Kyoto, Japan. Vol II. P: 403-404.
- Aguilera S.M., Borie G., Peirano P., Mac Donald R. 1993. Actividad Biológica de Suelos Nadis y Efecto de la Adición de Carbono, Nitrógeno y Fósforo. Bol. N° 10 Soc. Chilena de la Ciencia del Suelo. p:1-10.
- Aguilera S.M., Borie G., Peirano P. 1994. Composición y atransformación de la Materia Orgánica de Suelos Volcánicos de Chile. Proceed. XV World Congress Soil Science. Acapulco, México. Vol.3B, p: 58-59.
- Aguilera S.M., Borie G., Del Canto P., Peirano P. 1996. Contribución del Sistema Conservacionista "Cero-Labranza" en los Niveles de C, P y Bioactividad de Suelo Santa Bárbara. Agricultura Técnica, Chile. Vol. 56 N° 4: 250-254.
- Aguilera S.M., Borie G., Peirano P., Galindo G. 1997. Organic Matter in Volcanic Soils in Chile, Chemical and Biochemical Characterization. Commun. In Soil Sci. And Plant Anal. Vol. 28, N°11-12: p: 899-912.
- Aguilera S.M., Borie G., Rouanet J.L., Peirano P. 1998. Evaluación de Carbono Orgánico y Bioactividad en un Andisol sometido a Distintos Manejos Agronómicos. Agricultura Técnica., Chile. Vol. 58 N°1: p. 32-46.
- Aguilera S.M., Borie G., Peirano P. 1999. Dinámica del Carbono en Suelos con Distintos Sistemas de Labranza. Frontera Agrícola Vol.5 N°1-2: p 33-38.
- Borie G., Peirano A., Aguilera S.M., Peirano P. 1992. Biomasa de Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas. Determinación del Factor Biomásico. Agricultura Técnica, Chile. Vol 52 N°4: 372-375.
- Borie G., Aguilera S.M., Peirano P., Caiozzi M. 1995. Pool Lábil de Carbono en Suelos Volcánicos Chilenos. Agricultura Técnica, Chile. Vol 55 N° 3-4: p 262-266.
- Costa F., Garcia C., Hernández T., A. Polo. 1995. Residuos Orgánicos Urbanos. Manejo y Utilización. Publicación del CSIC. Murcia, España.
- Choudry G.G. 1984. Humic Substances. Structural, Photophysical, Photochemical and Free Radical Aspects and Interactions with Environmental Chemicals. Gordon and Breach Science Publishers. U.K.
- Fassbender, H.W., Bornemisza E. 1987. Química de Suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José, Costa Rica.
- Fassbender H.W. 1999. Aspectos Edafológicos de la Evaluación del Impacto Ambiental. Proceed. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. p 554 (Texto Completo en CD Rom.) Pucón, Chile.
- Fassbender, H.W. 1.999. Aspectos Edafológicos de la Evaluación del Impacto Ambiental. Proceed. XIV Congreso latinoamericano de la Ciencia del Suelo. p: 554. (Texto Completo en CD Rom.). Pucón Chile.
- Mazzarino, M.J., Hang, S., Ares J. 1999. Contaminación de Suelos por uso de Residuos Orgánicos y Agroquímicos: ¿Cuál es nuestro nivel actual de conocimiento y que normas y actitudes deberíamos aplicar?. Proceed. XIV Congreso Latinoamericano De la Ciencia

- del Suelo. P 452. (Texto Completo en CD Rom.). Pucón, Chile.
- Miller, R.W., Donahue, R.L. 1990. Soils and Introduction to Soils and Plant Growth. . VI Ed. Prentice Hall Inc. USA. p. 181-224; 422-442.
- Peirano P., Aguilera S.M., Borie G., Caiozzi M. 1992. Actividad Biológica en Suelos Volcánicos y su relación con la dinámica de la MO. Agricultura Técnica, Chile. Vol 52 N°4: 367-371.
- Rosell, R.A. 1999. Materia Orgánica, Fertilidad de Suelos y Productividad de Cultivos. Proceed. XIV Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. (Texto completo en CD Rom.) Pucón, Chile.
- Zunino H., Aguilera S.M., Caiozzi M., Peirano P., Borie F., J.P. Martin. 1979. Metal-Binding Organic Macromolecules in Soil: 3. Competition of Mg(II) and Zn(II) for Binding Sites in Humic and Fulvic-Type Model Polymers. Soil Sci.. Vol. 128,N°5:p257-266.
- Zunino H., Aguilera S.M., Peirano P. Caiozzi M., A. Rex. 1982. Bioquímica de Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas. III. Síntesis microbiana de polímeros Húmicos y su Capacidad de Adsorción de Zn(II) y Mg(II). Agricultura Técnica, Chile. Vol.42 N°4:287-292.
- Zunino H., Borie F., Aguilera S.M., Martin J.P., Haider K.1982. Decomposition of C14 Labeled Glucose, Plant and Microbial Products and Phenols in Volcanic Ash-Derived Soils of Chile. Soil Biol. and Biochem. Vol 14: 37-43.

SIMPOSIO PROYECTO
LEY PROTECCION DE SUELO

ORGANIZA
SOCIEDAD CHILENA DE LA CIENCIA DEL SUELO
COMISION NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

2000