

ACTIVIDAD RESPIRATORIA EN SUELOS Y SUSTRATOS EN INVERNADEROSGlenny López¹, Isidro Almonte¹, Aridio Pérez¹ y Pedro Núñez¹¹ Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). Correo electrónico: glopez@idiaf.gov.do**RESUMEN**

En República Dominicana, la producción de vegetales en condiciones controladas es practicada en dos modalidades de siembra: con sustrato o en el suelo. Ambas modalidades tienen una inherente calidad relacionada a sus características físicas, químicas y biológicas. Las propiedades biológicas del suelo pueden reflejar cambios debidos al ambiente, evidenciando el efecto de determinadas formas de manejo sobre su calidad, salud, fertilidad y reserva de nutrientes (C, N y P). No obstante, un sustrato para calificarse “bueno” debe tener una baja velocidad de descomposición, es decir, disminución en la población microbiana capaz de descomponer los materiales orgánicos. La respiración microbiana (RM) es uno de los parámetros potenciales empleado como indicador biológico en la calidad de un suelo o sustrato. Por tal razón, el objetivo de este estudio fue cuantificar la RM en suelos y sustratos provenientes de invernaderos. Se seleccionaron 166 invernaderos (38 suelos y 128 sustratos) en cuatro localidades (Villa Trina, Constanza, Jarabacoa y San José de Ocoa) del país. La cuantificación de la RM se determinó mediante la evaluación de la emisión de CO₂ durante varios días (1, 2, 4, 7 y 10) en muestras incubadas de suelos y sustratos. Los promedios de la RM encontrados en los suelos en Villa Trina, Constanza, Jarabacoa y San José de Ocoa, fueron: 21.1±1.73, 34.8±5.99, 14.5±0.33 y 12.1±0.72 mg CO₂.100 g⁻¹ suelo seco (ss), respectivamente. En los sustratos, la RM fue: 39.2±3.59, 34.2±4.04, 23.7±0.43 y 23.8±0.65 mg CO₂.100 g⁻¹ ss en Villa Trina, Constanza, Jarabacoa y San José de Ocoa, respectivamente. Los resultados indican que la RM fue superior en los sustratos ($p \leq 0.05$) con respecto a los suelos. Esto sugiere la importancia de fortalecer las prácticas de manejo que contribuyan a mantener la cantidad y calidad de las reservas orgánicas del suelo y del sustrato utilizado.

Palabras claves: respiración microbiana, suelos, sustratos, invernaderos.**INTRODUCCION**

La República Dominicana se caracteriza por tener un alto potencial productivo de vegetales y hortalizas en condiciones controladas. En los últimos 10 años, se ha incrementado el área de producción y el número de infraestructuras productivas de invernaderos. En la actualidad, la superficie bajo invernadero sobrepasa las 250 hectáreas, de las cuales el 70% se concentra en el centro del país (Cibao Central) y en el Sur (San José de Ocoa). Estas áreas son dedicadas, principalmente, a la producción de vegetales para la exportación, especialmente pimiento (*Capsicum annum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y tomate (*Lycopersicon esculentum* L.). Según las estadísticas del Programa de Mercados, Frigoríficos e Invernaderos (PROMEFRIN) (2009), en el 2008, la producción superó las 20 mil toneladas de vegetales; de éstos, alrededor de 14 mil toneladas fueron exportadas, generando US\$25.1 millones de dólares y el resto se comercializó a nivel local, generando RD\$358 millones de pesos.

De acuerdo a un diagnóstico realizado por el IDIAF (2008), uno de los inconvenientes más frecuentes que afectan a la mayoría de productores agrícolas, es establecer proyectos de siembra sin conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y las características de las enmiendas o material a utilizar (IDIAF 2008). En la actualidad, en los invernaderos del país existen un sin número

de limitaciones que afectan la calidad y el tiempo de uso de los sustratos utilizados, esto es atribuido en parte a factores de manejo. Además, de la introducción de tecnologías desde otras latitudes sin los ajustes correspondientes (Avilés-Quezada *et al.*, 2010).

El manejo de producción utilizado en los invernaderos dominicanos, basado en el uso intensivo e indiscriminado de agroquímicos, podría provocar impactos en la biomasa microbiana (BM), tanto en el suelo como en los sustratos utilizados. Los microorganismos juegan un rol importante en la descomposición de la materia orgánica (MO), en el mantenimiento de la fertilidad del suelo y en la nutrición de las plantas (López *et al.*, 2010).

Varios autores señalan que el uso de agroquímicos puede producir diversos efectos sobre la BM y su actividad en el suelo (Vischetti *et al.*, 1997; Perucci *et al.*, 2000; Sannino y Gianfreda, 2001; Moorman *et al.*, 2001, Klódka y Nowak, 2004). Las aplicaciones sin control podrían estar alterando los procesos biológicos en los suelos, limitando la potencialidad productiva de los mismos. Los microorganismos del suelo catalizan muchos procesos esenciales en el ciclado de nutrientes y el crecimiento de las plantas y por lo tanto, la interferencia de los agroquímicos sobre la biomasa microbiana se relaciona directamente con la fertilidad y calidad de los suelos (Vischetti, 1997; Alarcón *et al.*, 2002; Velasco *et al.*, 2001).

La estimación de la RM en suelos y sustratos permite conocer parte de la dinámica de los procesos metabólicos que regulan actividad biológica; tales procesos varían en función de factores biofísicos y climáticos, por lo cual su medición es un indicador de la biomasa microbiana presente (Anderson y Domsch, 1989, y Borie *et al.*, 1999). Tomando en cuenta que la calidad de un suelo o sustrato se puede medir a través de la AM (García *et al.*, 2000), la investigación se realizó con el objetivo de evaluar la emisión de CO₂ como parámetro biológico en suelos y sustratos provenientes de invernaderos.

MATERIALES Y METODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en cuatro localidades de la República Dominicana: 1) Villa Trina (VT) (provincia Espaillat, 19° 23' N y 70° 31' O), 2) Constanza (CO), 3) Jarabacoa (JA) (provincia La Vega, 19° 14' N y 70° 31' O) y 4) San José de Ocoa (SJO) (18° 33' N - 70° 30' O). La altura, temperatura y la pluviometría, varían entre una localidad y otra (**Tabla 1**). La investigación se realizó durante el período comprendido entre Julio 2009 y Junio 2010.

Tabla 1. Características climatológicas de las localidades estudiadas.

| Localidad | *Altitud (msnm) | Temperatura (°C) | Pluviometría (mm/ año) |
|------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| Villa Trina | 550 | 23 | 1050 |
| Constanza | 1200 | 18 | 2000 |
| Jarabacoa | 650 | 19 | 1300 |
| San José de Ocoa | 590 | 25 | 900 |

*Los datos correspondientes a las alturas de las localidades fueron tomados con GPS. Se presentan los promedios anuales de temperatura y pluviometría.

Cálculo del tamaño de la muestra

La estimación del tamaño de la muestra se obtuvo a partir de un muestreo probabilístico con un nivel de confianza de 95%. En total se evaluaron 166 invernaderos, distribuidos proporcionalmente al

número de invernaderos existentes por comunidad y modalidad de siembra (**Tabla 2**). Se aplicaron los siguientes algoritmos¹:

$$n_p = \frac{Z^2 N p q}{d^2 (N - 1) + [Z^2 p q]} \quad (1)$$

Donde:

n_p : Tamaño de la muestra para poblaciones pequeñas.

Z: Desviación en relación a la distribución normal a un intervalo de confianza de 95%.

d: Grado de precisión deseado (se utilizó 5).

p: Proporción de la población que se estima que presenta la característica.

q: Proporción que NO presenta la característica. $q=1-p$.

N: Tamaño estimado de la población en estudio.

Recolección de muestras

En cada invernadero evaluado se recolectó una muestra compuesta, que estuvo integrada por 8 sub-muestras tomadas en diferentes puntos de los invernaderos a una profundidad de 15 cm. Una porción de la muestra (0.5 kg) se separó para el análisis microbiológico y se mantuvo conservada a 4° C hasta su posterior análisis. Los análisis se realizaron en el Laboratorio de Protección Vegetal de la Estación Experimental Mata Larga del Idiaf.

Tabla 2. Número de invernaderos con suelos y sustratos evaluados según la localidad.

| Localidad | Invernaderos (Suelo) | Invernaderos (Sustratos) |
|--------------------------|----------------------|--------------------------|
| Villa Trina | 12 | 15 |
| Constanza | 3 | 25 |
| Jarabacoa | 16 | 52 |
| San José de Ocoa | 7 | 36 |
| Total de muestras | 38 | 128 |

Determinación de la respiración microbiana (RM)

La RM se determinó mediante la técnica de incubación estática, donde se analizó la concentración de CO₂ emitido por las muestras a 28°C y el cual fue capturado en una solución alcalina (NaOH 0.1N) (Alef y Nannipieri, 1995). Las evaluaciones se realizaron a los 1, 2, 4, 7 y 10 días).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con Infostat (2009) y se efectuó empleando una prueba T bilateral para muestras independientes, con una probabilidad de 5% para las diferentes localidades estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados arrojados por la prueba T (bilateral) en la RM indicaron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) entre los suelos y sustratos provenientes de los invernaderos de Villa Trina, Jarabacoa y San José de Ocoa (**Tabla 3**).

¹ http://www.fisterra.com/mbe/investiga/9muestras/tamano_muestral2.pdf

Tabla 3. Respiración microbiana en suelos y sustratos provenientes de invernaderos de Villa Trina, Constanza, Jarabacoa y San José de Ocoa, República Dominicana.

| Localidad | Respiración Microbiana* | | Rango RM (Mínimo – Máximo) | |
|------------------|-------------------------|-------------|-------------------------------|-------------|
| | Suelo | Sustrato | Suelo | Sustrato |
| Villa Trina | 21.1 ± 1.73 | 39.2 ± 3.59 | 16.8 - 24.5 | 29.0 - 55.9 |
| Constanza | 34.8 ± 5.99 | 34.2 ± 4.04 | 34.6 - 35.2 | 22.5 - 57.5 |
| Jarabacoa | 14.5 ± 0.33 | 23.7 ± 0.43 | 12.7 - 17.2 | 18.9 - 37.7 |
| San José de Ocoa | 12.1 ± 0.72 | 23.8 ± 0.65 | 10.0 - 14.2 | 16.9 - 32.2 |

* Los datos corresponden a promedios de RM durante 10 días de incubación, expresados en mg de CO₂. 100 g⁻¹ ss. Valores seguidos del error estándar.

Los valores promedios correspondientes a RM fueron superiores en los sustratos con respecto a la registrada en los suelos. Los valores en el suelo variaron desde 10 hasta 35 mg de CO₂.100 g⁻¹ ss, mientras que en los sustratos oscilaron entre 17 y 58 mg de CO₂.100 g⁻¹ ss (**Tabla 3**). Burés (1999) describe que una de las características que califican a un buen sustrato es su baja velocidad de descomposición y degradación debida a la acción de los microorganismos. La disminución de la RM en los suelos se podría atribuir al agotamiento de las reservas orgánicas totales por la extracción constante de nutrientes por los cultivos, tal como lo reportaron Verstraete y Voets (1977) y Ewell *et al.* (1981). En suelos bananeros de Costa Rica, Acuña *et al.* (2006) reportaron valores de RM de 50 mg CO₂.100 g⁻¹ ss, estos valores son superiores a los reportados en este estudio. Estas diferencias se atribuyen a una mayor fertilidad y tipo de suelo y a las condiciones de campo y manejo, ya que los suelos utilizados en la producción de vegetales en invernaderos son nivelados y eliminada la capa superficial para el establecimiento de las estructuras.

La **Figura 1** muestra las fluctuaciones de las emisiones de CO₂ durante los días de evaluación, tanto en los suelos (**Figura 1a**) como en los sustratos (**Figura 1b**) muestreados en invernaderos de las localidades estudiadas.

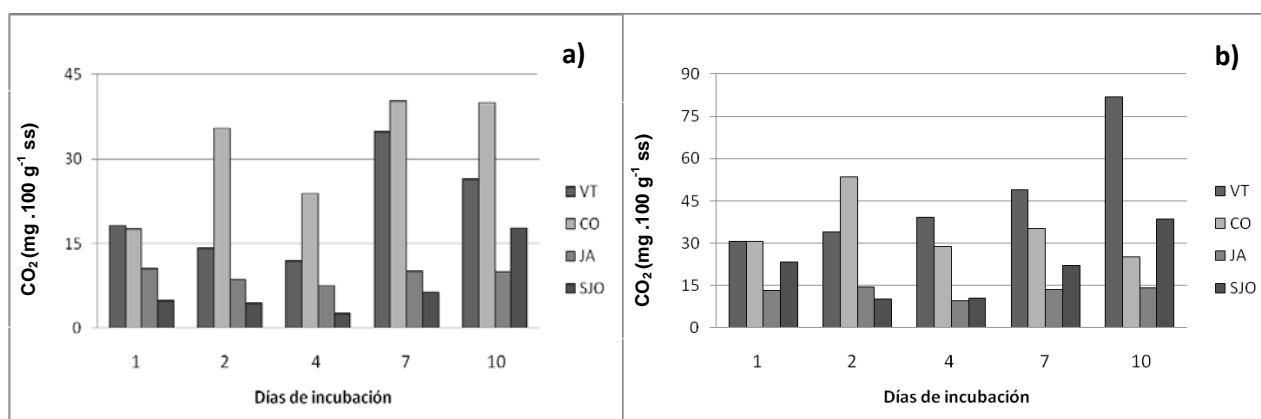


Figura 1. Fluctuaciones de respiración microbiana en suelos (**Figura 1a**) y sustratos (**Figura 1b**) provenientes de invernaderos de Villa Trina (VT), Constanza (CO), Jarabacoa (JA) y San José de Ocoa (SJO), República Dominicana, durante un período de diez días de incubación.

El mayor desprendimiento de CO₂ en los suelos se presentó en Villa Trina y Constanza durante los días siete y diez de evaluación. En ese sentido, la mayor producción de CO₂ en los sustratos se presentó al día diez de la evaluación en Villa Trina (**Figura 1**).

Aguilera *et al.* (2007), reporta que la RM aumenta con la dosis y el tipo de enmienda aplicada, debido a que la actividad microbiana se relaciona con el componente lábil de la materia orgánica. Esto indica que a pesar del bajo retorno de residuos al suelo, los materiales orgánicos son de fácil degradación y rápidamente incorporados en la biomasa microbiana. Zagal y Córdoba (2005) reportaron una mayor actividad microbiana en los sistemas con mayor intensidad de uso.

La **Figura 2** muestra los resultados acumulados obtenidos de la emisiones de CO₂ durante los días de evaluación, tanto en los suelos (**Figura 2a**) como en los sustratos (**Figura 2b**). La mayor producción de CO₂ acumulada se registró en los suelos provenientes de los invernaderos de Constanza y Villa Trina. Los valores promedio encontrados en ambas localidades fueron de 157.3 y 105.6 mg CO₂. 100 g⁻¹ ss, respectivamente (**Figura 2a**).

En los sustratos, los mayores valores promedio acumulados registrados fueron de 234.5 mg CO₂. 100 g⁻¹ ss, en Villa Trina y de 173.1 mg CO₂. 100 g⁻¹ ss, en Constanza. Valores promedio acumulados fueron inferiores en Jarabacoa (**Figura 2b**).

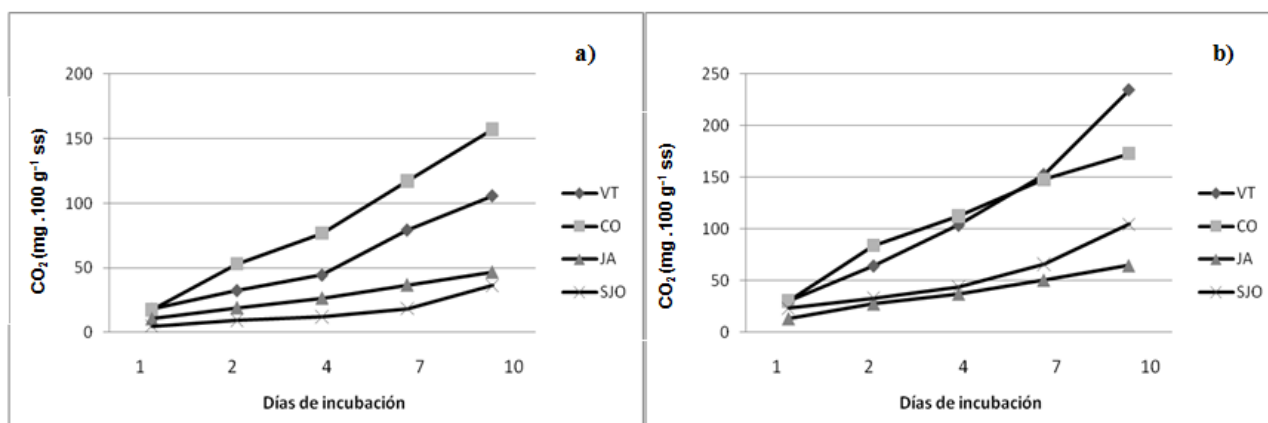


Figura 2. CO₂ acumulado en suelos (Figura 2a) y sustratos (Figura 2b) provenientes de invernaderos de Villa Trina (VT), Constanza (CO), Jarabacoa (JA) y San José de Ocoa (SJO), República Dominicana, durante un período de diez días de incubación.

La RM diaria registrada en el ensayo de laboratorio fueron superiores a los obtenidos por Acosta *et al.* (2006) donde reportaron valores de 9.10 mg CO₂. 100 g⁻¹ ss. día⁻¹ de CO₂ acumulado. Este incremento continuo, probablemente se debió al contenido de carbono orgánico y lignina presente.

CONCLUSIONES

La RM resultó ser superior en los sustratos con respecto a los suelos en todas las localidades. Esto sugiere que los sustratos utilizados podrían no ser adecuados para usarse como soporte en la producción de vegetales en invernaderos, debido a que es un material de rápida mineralización y una de las características principales para evaluar un sustrato como bueno es que tenga baja velocidad de descomposición. En consecuencia, el productor tendrá que sustituir dicho material en un menor tiempo, lo que podría aumentar los costos por la reposición del material.

AGRADECIMIENTOS

- Al Proyecto MESCYT-IDIAF 2008-2-D3-027 por el financiamiento otorgado.
- A los propietarios de los invernaderos por facilitar los muestreos en los invernaderos.
- A los investigadores Elpidio Avilés Quezada y César Martínez por su colaboración en la investigación.

BIBLIOGRAFIA

- Acosta, Y., J. Cayama, E. Gómez, N. Reyes, D. Rojas, y H. García. 2006. Respiración microbiana y prueba de fitotoxicidad en el proceso de compostaje de una mezcla de residuos orgánicos. Universidad del Zulia, VE. Multiciencias 6: 220-227. Consultado el 28 de agosto 2010. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/pdf/904/90460303.pdf>
- Acuña, O., W. Peña, E. Serrano, L.E. Pocasangre, F. Rosales, E. Delgado, J. Trejos, y A. Segura. 2006. Importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos bananeros. En Memorias de ACORBAT, Joinville, Santa Catarina, Brasil, 20 al 26 Octubre, 2006. pp. 222 - 233.
- Aguilera, P., M. Candia, G. Briceño, M.L. Mora, R. Demanet, y G. Palma. 2007. Efecto del tiempo de estabilización de sustratos suelo - purín sobre la biodegradación de atrazina. Segundo Simposio Internacional Suelos, Ecología y Medioambiente. 8-9 septiembre 2007. Universidad de la Frontera. Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo. Boletín n° 23: 371- 375.
- Alarcón, A., F.T. Davis Jr., J.N. Eguilla, T.C. Fox, A.A. Estrada-Luna, and R. Ferrera-Cerrato. 2002. Short term effects of *Glomus claroideum* and *Azospirillum brasilense* on growth and root acid phosphatase activity of *Carica papaya* L. under phosphorus stress. Rev. Latinoam. Microb. 44: 31-37.
- Anderson, J.P.E., and K.H. Domsch. 1989. Ratios of microbial biomass carbon to total carbon in arable soils. Soil Biol. Biochem. 21: 471-479.
- Avilés-Quezada, E., C. Martínez, A. Pérez, I. Almonte, G. López, y P. Núñez. 2010. Materiales alternativos utilizados en la elaboración de sustratos en la producción de vegetales en invernaderos. VI Congreso Interdisciplinario de Investigación Científica. Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología. Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). Santo Domingo, República Dominicana. DO. Junio 10 y 11, 2010. p. 32.
- Borie, G., S.M. Aguilera, y P. Peirano. 1999. Actividad biológica en suelos. Front. Agríc. 5: 29-32.
- Burés, S. 1999. Introducción a los sustratos: aspectos generales. En: Tecnología de sustratos: aplicación a la producción viverística ornamental, hortícola y forestal. J.N. Pastor S. (ed.). Universidad de Lleida, España. pp. 19-46
- Ewell, J., C. Berish, B. Brown, N. Price, and J. Raich. 1981. Slash and burn impacts on a Costa Rican wet forest site. Ecology 62: 816-829.
- García, C., T. Hernandez, J. Pascual, J.L. Moreno, y M. Ros. 2000. Actividad microbiana en suelos del sureste español sometidos a procesos de degradación y desertificación. Estrategias para su rehabilitación. En Carlos García, M^a Teresa Hernandez (Eds.), Investigación y perspectivas de la enzimología de suelos en España, Murcia.

- IDIAF (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales). 2008. Diagnóstico de la fertilidad del suelo y nutrición de plantas para el manejo sostenible de la agricultura. Resultados de investigación, IDIAF. Santo Domingo, DO. 72 p.
- Infostat. 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Klodka, D., and J. Nowak. 2004. Influence of combined fungicides and adjuvants application on enzymatic activity and ATP content in soil. *Elect. J. of Polish Agric. Univ.* En: <http://www.ejpau.media.pl/series/volume7/issue1/environment/art-01.html>.
- López, G., A. Pérez, E. Avilés, I. Almonte, C. Martínez, y P. Núñez. 2010. Evaluación de la biomasa microbiana en suelos bajo condiciones controladas. Simposio internacional sobre la importancia del manejo del suelo y el potasio en el desarrollo agrícola sustentable de Centroamérica y El Caribe. Hotel Real Intercontinental, San Salvador, El Salvador. 10 al 13 de marzo, 2010.
- Moorman, T.B., J.K. Cowan, E.L. Arthur, and J.R. Coats. 2001. Organic amendments to enhance herbicide biodegradation in contaminated soils. *Biol. Fert. Soils* 33: 541-545.
- Perucci, P., S. Dumontet, S.A. Bufo, and A. Mazzatura. 2000. Effects of organic amendment and herbicide treatment on soil microbial biomass. *Biol. Fert. Soils* 33: 17 - 23.
- PROMEFRIN (Programa de Mercados frigoríficos e Invernaderos). 2009. Estadísticas del PROMEFRIN. Consultado el 03 de marzo de 2010. Disponible en: http://www.promefrin.org/paginapromefrin1/Estadisticas/ESTADISTICAS_2004_2008.pdf
- Sannino, F., and L. Gianfreda. 2001. Pesticide influence on soil enzymatic activities. *Chem.* 45: 417-425.
- Velasco, V.J., R. Ferrera-Cerrato, y J.J. Almaráz-Suárez. 2001. Vermicomposta, micorriza arbuscular y *Azospirillum brasiliense* en tomate de cáscara. *Terra Latin.* 9: 241-248
- Verstraete, W., and J.P. Voets. 1977. Soil microbial and biochemical characteristics in relation to soil management and fertility. *Soil Biol. Biochem.* 9: 253-258.
- Vischetti, C., P. Perucci, and C. Scarponi. 1997. Rimsulfuron in soil: Effect of persistence on growth and activity of microbial biomass at varying environmental conditions. *Biogeochem.* 39: 165-176.
- Zagal, E., y C. Córdova. 2005. Variación del contenido de carbono total y la abundancia natural de ¹³C en la materia orgánica del suelo, bajo diferentes manejos de residuos en la VIII Región de Chile. X Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Santiago. Chile. Boletín 21, pp. 62.