

SIMIENENTE

VOLUMEN 81 (1-4) ENERO-DICIEMBRE 2011



SOCIEDAD AGRONÓMICA DE CHILE

SIMIENTE

Fundada el 1 de Octubre de 1942

Órgano Oficial de Difusión de la Sociedad Agronómica de Chile

SIMIENTE se publica trimestralmente por la Sociedad Agronómica de Chile (SACH).

Los trabajos a presentar deben enviarse a:

Editor:

Mac Iver 120, Oficina 36, Santiago-Chile

Casilla 4109, Santiago-Chile

Fono: (56-2) 2638 48 81

Correo electrónico: sociedad.agronomica.chile@gmail.com

La preparación de los artículos debe ceñirse a las "Normas de publicación" que aparecen en las páginas II y III.

Referencia bibliográfica SIMIENTE

Se autoriza la reproducción total o parcial de los trabajos publicados en SIMIENTE, siempre que se cite debidamente la fuente y los autores correspondientes.

La SACH no se responsabiliza por las declaraciones y opiniones publicadas en SIMIENTE; ellas representan los puntos de vista de los autores de los artículos y no necesariamente los de la Sociedad Agronómica de Chile. La mención de productos o marcas comerciales no implica su recomendación por la SACH.

Sociedad Agronómica de Chile

Fundada el 28 de agosto de 1910

Mac Iver 124), Oficina 36, Santiago-Chile

Casilla 4109, Santiago-Chile

Fono: (56-2) 2638 48 81

Correo electrónico: sociedad.agronomica.chile@gmail.com

Diseño y Diagramación:

Denisse Espinoza Aravena.

Consejo Directivo 2011

Presidente: Horst Berger S. Ing. Agrónomo

Vicepresidenta: Rina Acuña R. Ing. Agrónomo

Tesorero: Dr. Marcos Mora G. Ing. Agrónomo

Secretaria: Christel Oberpaur W. Ing. Agrónomo, M. Sc.

Consejeros:

Bruno Defilippi B. Ing. Agrónomo, Ph. D.

Guillermo Délano. Ing. Agrónomo

Carmen Gloria de Val I. Ing. Agrónomo

Carolina Gálmez C. Ing. Agrónomo

Ximena López C. Ing. Agrónomo

Rodrigo Sabé. Ing. Agrónomo

María Luisa Tapia F. Ing. Agrónomo, M. Sc.

ISSN: 0037-5403

SIMIENTE

Representante Legal

Horst Berger S.

Ingeniero Agrónomo

Presidente SACH

Directora

María Luisa Tapia F.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Subdirectora

Christel Oberpaur W.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Editora

María Luisa Tapia F.

Ingeniero Agrónomo, M. Sc.

Editores asociados

Riego, Drenaje y Ciencias del Suelo

Edmundo Acevedo H. Ing. Agr. Ph. D.

Postcosecha y Agroindustria

Horst Berger S., Ing. Agr.

Economía Agraria y Desarrollo Rural

Rolando Chateaufneuf D. Ing. Agr.

Entomología

Roberto González R. Ing. Agr. M. Sc.

Ph. D.

Control de Malezas

Marcelo Kogan A. Ing. Agr. M. Sc.

Ph. D.

Fitopatología

Bernardo Latorre G. Ing. Agr. M. Sc.

Ph. D.

Fruticultura

Jorge Valenzuela. Ing. Agr. Ph. D.

Producción Animal y Praderas

Claudio Wernli K. Ing. Agr. Ph. D.

NORMAS DE PUBLICACIÓN

SIMIENTE es el órgano oficial de difusión científica de la Sociedad Agronómica de Chile en el que se da a conocer los resultados de investigaciones científicas en el ámbito agropecuario, con el objeto de proporcionar información sobre el desarrollo científico-tecnológico del sector.

Los artículos para publicar en **SIMIENTE** deben ser originales, es decir no pueden haber sido publicados previa o simultáneamente en otra revista científica o técnica.

Los trabajos propuestos para publicación deben enviarse en forma electrónica vía correo electrónico o en CD y con cuatro copias, escritas a espacio y medio, letra Arial 12, en papel tamaño carta al Editor de la revista **SIMIENTE**, Mac-Iver 120, oficina 36. Santiago. Chile.

Una vez aceptado el trabajo, el (los) autor (es) deberán incorporar las sugerencias de los revisores y remitir CD o correo electrónico, escrito con los procesadores de texto Word, a 1½; espacio, sin sangría. Las tablas y gráficos deben enviarse en archivos separados, señalándose en el texto su ubicación. Las fotos en blanco y negro, deben enviarse por separado, adecuadamente identificadas, en papel brillante y en aplicación de 12 x 18 cm.

Se recibirán trabajos para publicar en las siguientes secciones:

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN, los cuales deben incluir los siguientes capítulos:

- I. **Resumen**, que debe contener una condensación de los objetivos, métodos, resultados y conclusiones principales.
- II. **Abstract**, traducción del Resumen al idioma inglés.
- III. **Palabras clave**, cinco como máximo, no usadas en el Título, que sirven como índices identificatorios. Puede incluirse nombres comunes y científicos de especies, sustancias, tecnologías, etc.
- IV. **Introducción**, revisión bibliográfica concisa, donde se indicará el objetivo e hipótesis de la investigación y su relación con otros trabajos relevantes (propios o de otros autores)
- V. **Materiales y Métodos**, descripción concisa de los materiales y Métodos usados en la investigación; si las técnicas o procedimientos han sido publicados anteriormente, mencionar sólo sus fuentes bibliográficas e incluir detalles que representan modificaciones sustanciales del procedimiento original.
- VI. **Resultados**. Se presentarán, en lo posible, en Tablas y/o Figuras, que deberán ser reemplazadas, cuando corresponda, por análisis estadístico, evitando la repetición y seleccionando la forma que en cada caso resulte adecuada para la mejor interpretación de los resultados.
- VII. **Discusión**. Debe ser breve y restringirse a los aspectos significativos del trabajo. En caso que, a juicio de los autores, la naturaleza del trabajo lo permita, los Resultados y la Discusión pueden presentarse en conjunto, bajo el título general de Resultados y Discusión.
- VIII. **Literatura citada**. Listado alfabético de las referencias bibliográficas utilizadas, (ver ejemplos en Normas de Estilo).

NOTAS TÉCNICAS. La estructura no está sujeta a lo establecido para los trabajos de investigación, por tratarse de notas cortas sobre avances de investigaciones, determinación de especies, descripción de métodos de investigación, etc. Sin embargo, debe incluir un Resumen, un Abstract y la Literatura Citada.

REVISIONES BIBLIOGRÁFICAS. Trabajos de investigación Bibliográfica en la especialidad del autor y estructura libre. Debe incluir Resumen y Literatura Citada.

PUNTOS DE VISTA. Comprende artículos cortos de material de actualidad, revisiones de libros de reciente publicación, asistencia a Congresos, reuniones científicas e índices de Revistas. Deben incluir Literatura Citada.

Además, **SIMIENTE** publicará los trabajos que se presenten en los Simposios o como trabajos libres de los Congresos de la SACH, u otras agrupaciones asociadas a la misma. Los Simposios y los trabajos de estructura libre, deben contener Resumen, Abstract y Literatura Citada, y los Resúmenes deben contener una condensación informativa de los métodos, resultados y conclusiones principales, señalando cuando corresponda, la fuente de financiamiento.

NORMAS DE ESTILO

Título (español e inglés). Descripción concisa y única del contenido del artículo. El Título contendrá el superíndice (1) de llamada de pie de página para indicar agradecimiento y /o fuente de financiamiento.

Autor (es). Se indicará nombre y apellido paterno completos e inicial del apellido materno. Con pie de página se debe indicar la o las instituciones a las cuales pertenecen, incluyendo las direcciones postal v electrónica completas.

Encabezamientos de las secciones. Los encabezamientos de primera, segundo, tercer o cuarto orden deben ser fácilmente distinguibles y no numerados.

Tablas. Deben escribirse a un espacio. El título de cada Cuadro y Figura, en español e inglés, debe indicar su contenido de tal forma, que no se requiera explicaciones adicionales en el texto. Los encabezamientos de filas y columnas, como el pie de página, deben ser auto explicativos. Use superíndices numéricos para identificar los pies de página de las tablas. Use letras minúsculas para indicar diferencias significativas o separaciones de medias. Indique asimismo el nivel de probabilidad.

Figuras. Indique correlativamente todas las figuras (gráficos, figuras y fotografías). Las leyendas deben ser claras y concisas. El título de cada figura, en español e inglés, debe indicar su contenido de tal forma, que no se requiera explicaciones adicionales en el texto. Por razones de espacio, el Comité Editor se reserva el derecho de incluir o no las fotografías. Los dibujos gráficos deben ser originales, hechos sobre papel blanco. Además de las figuras en papel se solicita enviar figuras en versión electrónica, formato TIFF o JPG de las siguientes resoluciones: figuras en blanco v negro mínimo 600 dpi, las líneas no deben ser mas finas que 0.25 pts, los rellenos deben tener una densidad de por lo menos 10 % y las fotografías electrónicas deben tener resoluciones mínimas de 300 dpi. Resoluciones menores afectan la calidad de la impresión. Las fotografías no electrónicas deben ser claras, brillantes y montadas sobre una cartulina.

Figuras o fotografías en colores se podrán publicar con cargo al autor. En blanco y negro se publicarán sin costo.

Evite duplicidad de información en el texto, tablas y figuras.

Nombres científicos y palabras latinas. Deben escribirse utilizando el estilo cursivo de la fuente empleada.

Nombres comerciales y marcas. Estos nombres, de corta permanencia, deben ser evitados en el texto o referidos entre paréntesis o como llamada de pie de página. Use siempre el nombre técnico del ingrediente activo, fórmula química, pureza y / solvente. Los nombres registrados deben ser seguidos por R la primera vez que se cita en el Resumen y texto.

Abreviaturas y Sistema Métrico. Se debe usar el Sistema Internacional de Medidas y sus abreviaturas aceptadas. En caso de utilizarse siglas poco comunes, deberán indicarse completas la primera ve/ que se citan, seguidas de la sigla entre paréntesis. Todas las abreviaturas y siglas se usan sin punto.

Apéndices. Material informativo suplementario debe ser agregado como Apéndice y colocado antes de la Literatura Citada.

Literatura Citada.

Las referencias a libros, artículos, informes técnicos o trabajos de congresos o talleres deben ser listados en orden alfabético, al final del trabajo. Artículos no publicados, opiniones expertas no se incluyen en listado alfabético pero se pueden mencionar en el texto como comunicaciones personales indicando el nombre de autor. Es responsabilidad del autor obtener los permisos necesarios para citar trabajos no publicados

Ejemplos de citas:

Referencias. En el texto, las referencias deberán citarse entre paréntesis (Triviño y Riveros, 1985) o Astorga (1977), según sea el caso. Si son más de dos autores, citar el primer autor y et al., seguido del año, por ejemplo (Carrillo et al., 1994) Las referencias no publicadas o comunicaciones personales deben insertarse en el texto, indicando dicha condición en llamada de pie de página.

Las referencias deben colocarse en orden alfabético en la sección Literatura Citada, de acuerdo a los siguientes ejemplos:

Artículo en Revista: WTTHERS. L.A. 1993. *In vitro* storage and plant genetic conservation (Germplasm). Span. Pío-; 26(2): 72-74.

Libro: ALLARD, R.W. 1975. Principios de la mejora genética de plantas. 2ª Ed. Omega. Barcelona, España. 325 p.

Capítulo de Libro: WARSON, LA. 1970. The utilization of wild species in the breeding of cultivated crops resistant to plant pathogens. Págs., 441-457. In Frankel, O.H (ed.). Genetic resource in plants. Blackwell Scientific Publications. California. 360 p.

Tesis: Martínez M.F. 1978. Adaptación, rendimiento y estudio de caracteres en dos géneros de maíz, Tesis para optar al título de Ingeniero Agrónomo. Santiago, Chile. Fac.de Cs. Agrarias y Forestales. 100 p.

Boletines: LÓPEZ, G. 1976. El garbanzo, un cultivo importante en México. Folleto de Divulgación INIA 56.

Abstract: SALINAS, J. 1995. Biología de *Heliothis zea*. Simiente 66(4): 3(Abstr.).

Pruebas

Al autor principal se le enviarán las pruebas de imprenta por correo electrónico. Se espera respuesta con o sin correcciones dentro de las siguientes 96 horas. Sólo se podrán hacer correcciones menores y enviarlas en un correo electrónico adjunto. No modificar archivo enviado. Si fuera necesario correcciones más extensas enviarlas claramente identificadas en el archivo.

TABLA DE CONTENIDOS

TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN

**Análisis de la necesidad de normalización ambiental en los mercados agroalimentarios:
una aproximación desde la economía de la información** 1

Sofía Boza M. y Marcos Mora G.

Evaluación física de un suelo serie santiago (*entic haploxeroll*) sometido a distintos usos 11

Neira, J.; Soto, J.; Hernández R. y Seguel, O.

NOTA TÉCNICA

**Modificación de las propiedades de los suelos mediante aplicaciones de materia orgánica
y uso de cultivos de cobertura en la región de Atacama** 19

Contreras, A.; Baginsky, C.; Seguel, O. y Covarrubias J.

ANÁLISIS DE LA NECESIDAD DE NORMALIZACIÓN AMBIENTAL EN LOS MERCADOS AGROALIMENTARIOS: UNA APROXIMACIÓN DESDE LA ECONOMÍA DE LA INFORMACIÓN
Anaysis of the need for environmental standars in food markets: an approach from information economics

Sofía Boza M. y Marcos Mora G.

Departamento de Economía Agraria. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santa Rosa 11315.
La Pintana, Santiago. Correo electrónico: econagra@uchile.cl

RESUMEN

A medida que el nivel de concienciación ambiental de la sociedad aumenta un porcentaje cada vez mayor de consumidores tiene en consideración en sus decisiones de compra los efectos que su obtención conlleva. Con el fin de consolidar esta tendencia es que surgen legislaciones ambientales a distintos niveles que tratan de facilitar la estandarización voluntaria de productos, siendo especialmente relevantes en el caso del sector agroalimentario. No obstante, dichos procesos de normalización no han estado carentes de cuestionamientos de diverso orden. En este contexto, el objetivo principal del presente trabajo es definir si resulta necesaria la imposición de una legislación ambiental para la estandarización de productos en los mercados agroalimentarios. Para la consecución de dicho objetivo se realizó un análisis microeconómico del mercado de los productos agroalimentarios ambientalmente responsables, considerando como punto de partida que éste se caracteriza por asimetrías en la información, mediante la definición de tres situaciones tipo: 1) mercado sin entidades de certificación ni legislación, 2) mercado con entidades de certificación pero sin legislación y 3) mercado con entidades de certificación y con legislación. Todo ello llegando a la conclusión final de que la regulación facilita el funcionamiento del mercado, aunque existen otros elementos adicionales a considerar como el sobreprecio, la promoción de atributos no ambientales y el consumo colectivo.

ABSTRACT

As the level of environmental awareness increases a growing percentage of consumers consider in their purchase decisions the impact they involve. In order to promote this trend are emerging environmental legislations to facilitate voluntary standardization of products. These legislations are especially important on agri-food sector. However, standardization systems have not been devoid of controversy. Considering such context, the main objective of this research is to define if it is necessary to impose environmental legislation for the standardization of products in food markets. In order to reach this objective, it will be developed a microeconomic analysis of the market for environmentally responsible food products, knowing that it is characterized by information asymmetries. This analysis will be performed in three scenarios: 1) a market without certification bodies or legislation, 2) a market with certification bodies, but without legislation, and 3) a market with certification bodies and legislation. Finally, they will be found out that, whether regulation helps the functioning of these markets, there are other key elements to be also considered as over-price, non-environmental attributes and collective consumption.

Palabras clave. Estandarización, regulación, calidad ambiental.

INTRODUCCIÓN

A comienzos de los años 70 tienen lugar dos hitos fundamentales para comprender la subsiguiente concienciación global relativa a la degradación medioambiental asociada a la extensión del modelo económico industrial. El primero de dichos acontecimientos fue la publicación del informe *Limits to Growth*, elaborado por un grupo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), en el cual se planteó la discordancia entre los niveles de crecimiento de la población (y del consecuente consumo) con el ritmo de regeneración de los recursos naturales. Por otra parte, en el año 1972 tiene lugar la primera Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Humano con la presencia de representantes gubernamentales de más de un centenar de países, en cuya declaración final se pone en relieve la necesidad de preservar los recursos naturales a favor de las generaciones actuales y venideras. En este mismo sentido, ya en la década de los 80, se define formalmente la noción de desarrollo sustentable en el célebre informe *Our Common Future*, teniendo lugar poco tiempo después la Cumbre de la Tierra de 1992 de Naciones Unidas en la ciudad de Río de Janeiro, Brasil. A dicha cumbre le suceden otros encuentros internacionales de la misma índole en los cuales se establecen compromisos referentes a la consideración del desarrollo sustentable como criterio transversal en las distintas agendas políticas nacionales, tendencia que se ha ido reforzando en el tiempo.

No obstante, no han sido únicamente las instituciones gubernamentales las que han demostrado una mayor preocupación por el medioambiente en las últimas décadas, sino que se ha dado un continuo proceso de retroalimentación en este particular con la sociedad. Dicha mayor concienciación ambiental por parte de los ciudadanos se refleja, entre otras cosas, en modificaciones en los patrones de *Simiente 81(1-4):1-10*

consumo. A pesar de que aún represente un segmento de mercado minoritario, la demanda de productos en cuyo proceso productivo se haya generado el menor impacto ambiental posible es creciente. Un buen ejemplo de ello es el aumento en los ingresos por ventas de la agricultura orgánica, los cuales pasaron de 15,2 miles de millones de dólares en 1999 a 50,9 en 2008 (FiBL, IFOAM & SOL, 2010). En este mismo sentido, Swinnen, Van Herck & Vandmoortele (2012) señalan que la evolución actual del mercado alimentario induce a considerar, al menos en el caso europeo, que la agricultura capaz de ofrecer una calidad *premium* en sus productos derivada de atributos intangibles (o de experiencia) represente una opción viable de pervivencia sectorial.

En el proceso antes descrito, la industria agroalimentaria no ha quedado en absoluto al margen. De hecho, su implicación es especialmente significativa dado que el menor impacto ambiental en los cultivos (fundamentalmente por un uso limitado de insumos químicos) se asocia a una mayor inocuidad de los productos, lo cual es relacionado a su vez por el consumidor con una alimentación sana y de calidad. Estos últimos atributos se han revelado, al menos en el caso de los alimentos orgánicos, como la principal motivación para la compra en gran parte de los estudios de mercado realizados (Labrador *et. al.*, 2002). En este mismo sentido, diversas experiencias empíricas realizadas demuestran que a medida que el nivel de ingreso aumenta la influencia de las preferencias se hace más presente en la demanda de productos agroalimentarios, originándose a partir de cierto nivel de saturación un intercambio de cantidad por calidad (Martínez, 2005).

Sin embargo, resulta evidente que aquellas cualidades de los productos agroalimentarios conducentes a su compra por parte de un consumidor preocupado por el cuidado del

medioambiente, así como por la inocuidad de los alimentos adquiridos, no pueden ser comprobadas directamente por él mismo conforme la estructura de los canales comerciales habituales en las sociedades industrializadas. Para mitigar esta incertidumbre, potencial barrera al consumo, se conforman estándares los cuales “se constituyen en los códigos de comunicación entre los participantes de la cadena alimentaria” (Niño de Zepeda Domínguez, 2010: 284). Sin embargo, una vez establecidos dichos estándares es necesario velar porque aquellos productos en los cuales se exprese su cumplimiento efectivamente hayan sido obtenidos conforme a los mismos. De acuerdo a este objetivo, se establecen mecanismos de control *por tercera parte* de los productos respecto a la observancia de los estándares fijados para evaluar la oportunidad de la imposición del etiquetado ecológico correspondiente, el cual constituye un atributo tangible que visibiliza la certificación del producto y a su vez aporta información al consumidor (Calomarde, 2000).

Como acabamos de señalar, la certificación ambiental se basa en controlar el cumplimiento de una serie de estándares por parte del productor. Dichos estándares pueden ser diseñados por la propia entidad certificadora o por algún otro organismo reconocido. No obstante, con el fin de generar una mayor homogeneidad en este proceso se han venido desarrollando cuerpos legislativos en los cuales se especifican criterios ambientales de producción, etiquetado y control, como parte de una política pública ambiental de fomento de la “producción verde” o “consumo sustentable”.

En la actualidad existen diversos ejemplos de estándares ambientales voluntarios vinculados al sector agroalimentario, aunque no todos están reflejados en regulaciones oficiales. De hecho, buena parte de ellos han surgido en el ámbito de lo privado. No obstante, el sector público se ha

mostrado cada vez más abierto a incorporar la estandarización voluntaria de productos dentro de la política agroambiental. Esta tendencia se espera se consolide en los próximos años, debido entre otras circunstancias a la trascendencia creciente de problemas como el cambio climático, y el consecuente establecimiento de regulaciones restrictivas de la huella de carbono generada en el proceso productivo y comercial (Schneider y Samaniego, 2010).

Considerando lo anterior, mediante el presente artículo se pretende arrojar luz sobre en qué medida realmente resulta necesaria la disposición de dicha legislación o si, por el contrario, podría considerarse prescindible en algunos casos. Así mismo, en caso que se considere necesaria, se plantea adicionalmente si la normalización es suficiente para mitigar los problemas derivados de la dificultad de acceso a la información sobre los atributos relevantes de los productos o debe ser complementada con otras medidas.

Recientemente, la introducción de regulación ambiental voluntaria en mercados primarios ha sido abordada principalmente mediante la implementación de estudios de caso en distintos países por, entre otros, Bonnedahl y Eriksson (2011), Oelofse et al. (2010), Valkila y Nygren (2010), Blackman et al. (2010), Darnall y Sides (2008). Así mismo, se han realizado numerosos estudios de mercado en torno al comportamiento del consumidor frente al sello ecológico desde el punto de vista del marketing agroalimentario, especialmente para productos orgánicos (Díaz, 2011; Mora et al. 2010, Brugarolas et. al. 2005, Minetti, 2002). No obstante, han sido menos los intentos de abordar la discusión señalada mediante la conceptualización del funcionamiento de dichos mercados a partir del instrumental de la teoría económica, como por ejemplo el marco planteado por la llamada “economía de la

información”, el cual se explicará en mayor profundidad a continuación.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de los años sesenta del pasado siglo diversos autores comienzan a interesarse por el estudio de modelos de elección racional con incertidumbre, corriente la cual se contiene en la conocida como “economía de la información”. Esta rama del análisis microeconómico se enfoca en el estudio de aquellos mercados que se caracterizan porque la información en ellos es imperfecta, ya que existen asimetrías cuyo nivel depende del comportamiento de los agentes económicos (Stiglitz, 2000). En este sentido, la economía de la información ha abordado fenómenos tales como el riesgo moral, el señalamiento o la selección adversa.

Como ya se comentó anteriormente, los productos agroalimentarios ambientalmente responsables se caracterizan porque el consumidor no puede comprobar buena parte de los atributos que motivan su elección a simple vista. Por tanto, podemos afirmar que se trata de un mercado en el cual el consumidor toma sus decisiones *a priori* con incertidumbre, dado que la información que maneja es incompleta. Precisamente esta circunstancia posibilita aplicar parte del instrumental teórico-analítico de la economía de la información al estudio del funcionamiento de dicho mercado, tal como se hará a continuación.

En este contexto, se caracterizarán tres situaciones tipo, divergentes según el sistema de control del cumplimiento de los estándares ambientales de los productos agroalimentarios que cada una de ellas implica: 1) mercado sin entidades de certificación ni legislación, 2) mercado con entidades de certificación pero sin legislación y 3) mercado con entidades de certificación y con legislación. Todo ello con el

objetivo de abordar los cambios en el comportamiento de los agentes que supone cada una de dichas situaciones.

Finalmente, aclarar que en el planteamiento de los tres escenarios enunciados se supondrá que tanto la producción como el consumo referidos se realizan a nivel interno. Es decir, no se considerarán los flujos comerciales internacionales, debido a que se ampliaría en demasía el campo de análisis, lo cual dificultaría la concreción del objetivo establecido.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Situación 1. Mercado sin entidades de certificación ni legislación

En primer lugar, supongamos que nos encontramos ante un mercado de productos agroalimentarios en el cual no existe legislación sobre estándares ambientales voluntarios, ni tampoco entidades (públicas o privadas) de certificación. Por tanto, cuando el consumidor desea consumir productos agroalimentarios responsables ambientalmente tendrá que inspeccionar de manera personal el trabajo que se realiza en las explotaciones agrarias. Obviamente, en la actualidad dada la concentración de los consumidores en las ciudades este supuesto resultaría de difícil ejecución, pero su planteamiento aporta un útil punto de partida para el resto de nuestra explicación.

Conforme a lo expuesto por Stigler (1961), en mercados con información incompleta, cuanto mayor es la búsqueda que realiza el consumidor, mayores serán las posibilidades de mejorar el resultado esperado. En este caso dicho resultado es la compra de productos agroalimentarios en cuya producción se hayan respetado criterios de calidad ambiental. Por tanto, para el individuo que realiza esta búsqueda el consumo de una unidad producida de manera ambientalmente

responsable (X_A) le reporta una mayor satisfacción que el consumo de una unidad producida de manera convencional (X_C). Esta afirmación puede ser expresada como: $UMarg(X_A) > UMarg(X_C)$. Supongamos en este caso que ambos productos tienen el mismo

precio, y que los productores agroalimentarios en la muestra están divididos en partes iguales entre ambientalmente responsables y convencionales.

La siguiente tabla recoge la probabilidad de alcanzar un determinado nivel de utilidad marginal que supone cada nueva búsqueda que se realiza:

Explotaciones inspeccionadas	Probabilidad de alcanzar cada nivel de $UMarg$	
	$UMarg(X_A)$	$UMarg(X_C)$
1	0,5	0,5
2	0,75	0,25
3	0,875	0,125
4	0,9375	0,0625
n	≈ 1	≈ 0

Los resultados obtenidos son especialmente relevantes ya que, en mercados con información incompleta, la elección del consumidor se basa en la utilidad esperada de las distintas alternativas dispuestas, la cual se calcula como la suma ponderada de la utilidad de cada uno de los resultados según su probabilidad de aparición.

En el ejemplo considerado:

- BÚSQUEDA 1: $EUMarg_1 = (1/2)UMarg(X_A) + (1/2)UMarg(X_C)$
- BÚSQUEDA 2: $EUMarg_2 = (3/4)UMarg(X_A) + (1/4)UMarg(X_C)$
- BÚSQUEDA 3: $EUMarg_3 = (7/8)UMarg(X_A) + (1/8)UMarg(X_C)$
- BÚSQUEDA 4: $EUMarg_4 = (15/16)UMarg(X_A) + (1/16)UMarg(X_C)$
- ...
- BÚSQUEDA n: $EUMarg_n \approx UMarg(X_A)$

Por tanto, vemos cómo se revalida la afirmación realizada previamente y, en la medida que $UMarg(X_A) > UMarg(X_C)$, la utilidad marginal esperada con cada nueva búsqueda será mayor. No obstante, el incremento de dicha utilidad marginal esperada se da a un ritmo decreciente. Así mismo, el proceso de búsqueda de productos con la calidad deseada conlleva un cierto costo, el cual podemos relacionar con el tiempo invertido. Dado que el tiempo no es un bien de mercado utilizaremos como precio sombra su costo de oportunidad. En este

sentido, se cesará la búsqueda cuando el costo de oportunidad del tiempo utilizado en un intento adicional se iguale al incremento en la utilidad marginal esperada derivada del mismo.

Considerando que dicho costo de oportunidad es positivo y distinto de cero, el individuo dejará de buscar antes de haber revisado todas las posibilidades, lo cual en todo caso arroja una utilidad marginal esperada inferior a la utilidad marginal que efectivamente implica el consumo

de una unidad producida de manera ambientalmente responsable

(es decir, $\forall i \neq n: EUMarg_i < UMarg(X_A)$).

En este punto, observando el resultado anterior, podríamos considerar que en todo caso lo mejor es que alguna entidad se encargue de ejecutar la inspección de las producciones en lugar del consumidor, con el fin de maximizar el número de búsquedas realizadas y mitigar la incertidumbre. Ahora bien, supongamos que en las circunstancias enunciadas al inicio el consumidor distribuye su presupuesto entre la compra de productos agroalimentarios ecológicos y convencionales. El equilibrio en dicho escenario se alcanzará cuando se igualen los cocientes de las utilidades marginales de ambas producciones y sus precios. Por el contrario a una situación con información completa, en el caso de los productos agroalimentarios ecológicos sólo nos es posible hablar de su utilidad marginal esperada. Dado que ésta es menor a su utilidad marginal real, *ceteris paribus* el precio de los productos ecológicos deberá asimismo disminuir para mantener la demanda de equilibrio.

Un menor valor de mercado de los productos ecológicos puede resultar, en una primera instancia, una compensación satisfactoria de la falta de información completa. No obstante, desde el punto de vista del productor, en ausencia de un programa público de subvenciones, se estrecharía el margen de ingresos que éste tiene para internalizar las externalidades ambientales positivas que genera en relación a la producción convencional. Esta circunstancia conduciría a una producción de equilibrio en el mercado agroambiental por debajo del óptimo social y, por tanto, a una pérdida global de bienestar.

Situación 2. Mercado con presencia de entidades de certificación pero sin legislación

En el presente epígrafe vamos a introducir, en el mercado antes planteado, la actuación de entidades de control, las cuales se encargan de la administración de los sellos ecológicos. No obstante, no existe una legislación nacional oficial, sino que dichas entidades actuarían de acuerdo a las normas técnicas establecidas por algún organismo internacional, o desarrolladas de forma autónoma. Conforme lo señalado anteriormente, el funcionamiento de esta red de entidades de certificación ayudaría, en principio, a reducir la incertidumbre en el mercado agroalimentario, ya que aumentaría la información en manos del consumidor. No obstante, el hecho de que el consumidor entienda que sólo aquellos productos certificados son ambientalmente responsables (y, por tanto, les atribuya una mayor utilidad) conduce a que incluso los productores menos respetuosos se vean incentivados a que sus mercaderías sean etiquetadas si quieren seguir compitiendo.

Para explicar la afirmación anterior adaptaremos el concepto del “señalamiento”, referido como ya dijimos habitualmente en contextos de información asimétrica. Supongamos que el consumidor sabe que, en principio, si se le asigna a la calidad ambiental del producto valores entre 0 y α , el umbral inicial para la obtención del etiquetado ecológico es de γ . Por tanto, a aquellos productos que no exhiban dicho etiquetado el consumidor les asignará una calidad ambiental de $\gamma/2$, al ser el punto medio del intervalo $(0, \gamma)$. En consecuencia, a los productores con una calidad ambiental en el intervalo $(\gamma/2, \gamma)$ no les conviene no estar etiquetados. En la medida que dichos productores decidan certificar ambientalmente sus productos el umbral de calidad inicial bajaría de γ a $\gamma/2$, y así sucesivamente, hasta que finalmente todos los productores que quisieran participar de este tipo de mercado se vieran

incentivados a certificar. Obviamente, el problema surgirá en la medida que proliferen instituciones de certificación que atiendan los requerimientos de dichos productores.

La situación señalada conllevaría un quiebre en el mercado. Lo anterior debido a que, siguiendo un razonamiento paralelo al desarrollado por Rogoff (1985) para el análisis de la política monetaria, cada vez que se revele un fraude por parte de algún productor certificado los consumidores disminuirían de manera sistemática sus expectativas de calidad ambiental de los productos con sello ecológico. Por tanto, máxime en ausencia de una institucionalidad imparcial de referencia para el sector, la credibilidad (o reputación) de dicho sello es un medio para el mantenimiento de la utilidad esperada asociada al consumo de aquellos productos que lo exhiban y, en consecuencia, resulta un antecedente definitorio para la decisión de compra que tome el consumidor.

Situación 3. Mercado con presencia de entidades de certificación y con legislación

Por último, supongamos un escenario en el cual, además de existir entidades certificadoras encargadas de fiscalizar la calidad ambiental de los productos agroalimentarios, se establece una legislación en la que se fijan los estándares a seguir en la elaboración, etiquetado y control de los mismos. En una primera instancia, las dificultades asociadas a la incertidumbre que fueron recogidas en los epígrafes anteriores se reducirían mediante la inclusión de un marco institucional de referencia. No obstante, aun en este escenario, siguen existiendo dilemas relacionados con las asimetrías en la información.

En primer lugar, para que la comunicación entre agente y principal sea completa, resulta evidente que ambas partes deben entender los códigos utilizados. Sin embargo, diversos estudios

desarrollados en mercados agroalimentarios han demostrado el desconocimiento mayoritario que los consumidores tienen sobre la relación entre el etiquetado ecológico y las características del producto (Martínez-Carrasco et. al., 2008; MARM, 2007). Por tanto, en estos mercados se dan dificultades en la difusión de la información que no están asociadas a su credibilidad, sino a la propia comprensión del mensaje recibido.

Así mismo, aún en el caso de que no existan problemas de credibilidad del etiquetado ni de desconocimiento de su significado, el análisis del consumo de bienes ambientalmente responsables excede el instrumental de la microeconómica clásica. Como se señaló, ésta supone que el individuo toma sus decisiones bajo criterios de racionalidad, tratando de maximizar su satisfacción personal en todo caso.

No obstante, en numerosas ocasiones las decisiones individuales no son racionales por completo, explicándose en buena medida las elecciones realizadas por la emotividad. Dentro de los supuestos enmarcados en la teoría de la racionalidad limitada se encuentra el análisis de los comportamientos altruistas, presentes cuando una parte de la satisfacción individual procede de aquella que obtengan otros. La compra de productos agroalimentarios ambientalmente responsables responde a dicho esquema de comportamiento altruista, considerando que persiga el logro de una sociedad más sustentable. De igual modo, el altruismo se acentúa a su vez en la medida que el individuo está dispuesto a sacrificar parte de su renta para el logro del objetivo señalado. En el caso de los productos agroalimentarios ambientalmente responsables estos presentan habitualmente un sobreprecio con respecto a sus sustitutivos convencionales.

No obstante, podemos afirmar que el nivel de altruismo del individuo tiene que superar los desincentivos económicos derivados de la

compra de productos con sobreprecio para que ésta se realice efectivamente. Dicha circunstancia se debe a que, siguiendo el célebre planteamiento realizado por Hardin (1968) para explicar la sobreexplotación de los recursos comunes, el mayor gasto recae de manera íntegra en la persona que realiza la compra, mientras que el beneficio (mayor bienestar social) se distribuye entre toda la sociedad.

De igual modo, en este punto el mercado topa adicionalmente con dificultades asociadas a asimetrías en la información consecuencia del desconocimiento del individuo en torno al comportamiento del resto de consumidores. Siguiendo un esquema básico en teoría de juegos, en la medida que, sin incurrir en gasto adicional, el consumidor crea que obtendrá los beneficios del compromiso de otros individuos no comprará él mismo productos ambientalmente responsables. No obstante, si todos los individuos razonan de la misma manera, finalmente no habrá un cambio en los hábitos de compra y, en consecuencia, se llegará a un resultado en el que el nivel de utilidad social se minimiza.

Una estrategia para tratar de mitigar las dificultades señaladas es fortalecer las preferencias que los consumidores manifiestan por los productos agroalimentarios ambientalmente responsables relacionadas con los beneficios que generan para su propia salud, más allá de sus efectos positivos en el bienestar de la sociedad en su conjunto. Así mismo, de manera paralela sería adecuado fortalecer (y ampliar) las experiencias en torno al asociacionismo entre consumidores de este tipo de productos, con el fin de enfrentar el efecto contractivo en la demanda que conlleva la incertidumbre sobre el comportamiento ajeno.

Finalmente, recogiendo los principales resultados obtenidos hasta ahora podemos llegar a las siguientes conclusiones:

Simiente 81(1-4):1-10

1) Cuando no existe etiquetado ecológico el consumidor asocia a los productos agroalimentarios su utilidad esperada, en todo caso menor que la utilidad en contextos de información perfecta, lo cual repercute negativamente en la expectativa de precios de los productores. Esta circunstancia conduciría a una producción de equilibrio en el mercado agroambiental por debajo del óptimo social y, por tanto, a una pérdida global de bienestar.

2) Para aquellos casos en los cuales existe etiquetado ecológico pero no regulación nacional específica, el sustento de la credibilidad del sello resulta esencial para la supervivencia del mercado. No obstante, dicha credibilidad se enfrenta al incentivo del señalamiento de los productos mediante el sello ecológico, incluso en condiciones de calidad insuficientes.

3) La presencia de regulación ambiental voluntaria asociada al etiquetado ecológico y, por tanto, al quehacer de las certificadoras, contribuiría positivamente al ordenamiento y la generación de credibilidad en los mercados analizados. Esta conclusión contrasta con lo expuesto por Vandemoortele (2011) quien demuestra mediante un modelo teórico que en los casos en los cuales los productores ostentan cierto poder de presión, pueden lograr que los requisitos asociados a la regulación impuesta por el sector público sean relativamente bajos, situación la cual sería revertida por el *retail* para los requisitos de carácter privado. Sin embargo, Song & Cheng (2010) mostraron, después de realizar una encuesta a exportadores agrícolas chinos, que estándares privados como GLOBALGAP eran aquellos que les suponían menores costos comparativamente con el cumplimiento de las regulaciones públicas. Lo anterior, puede deberse a que los estándares privados en algunos casos tienen un mayor grado de armonización entre países que las regulaciones públicas, lo que generaría economías de escala. Por otra parte, como hemos

visto la regulación pública no evitaría problemas como, entre otros, el incentivo a participar como *free rider* de los beneficios sociales que el consumo sustentable ajeno genere. Dichos incentivos pueden minorarse en la medida que se vincule este tipo de productos con atributos individuales como la funcionalidad, se fomente el consumo colectivo y, por supuesto, se disminuya su sobreprecio relativo mediante la mejora de la eficiencia en la cadena de valor.

LITERATURA CITADA

- BLACKMAN, A. et al. 2010. Voluntary Environmental Regulation in Developing Countries: Mexico's Clean Industry Program. *Journal of Environmental Economics and Management*. 60(3): 182-192.
- BONNEDAHL, K. J., & ERIKSSON, J. 2011. The role of discourse in the quest for low-carbon economic practices: A case of standard development in the food sector. *European Management Journal*. 29(3): 165-180.
- BRUGAROLAS, M. 2005. Determination of the surplus that consumers are willing to pay for an organic wine. *Spanish Journal of Agricultural Research*. 1(1): 43-51.
- CALOMARDE, J. 2000. *Marketing Ecológico*. ESIC Editorial & Ediciones Pirámide. Madrid, España. 237 p.
- SONG, H. & CHEN, K. 2010. Trade effects and compliance costs of food safety regulations: the case of China. En: *International Conference on Agricultural Risk and Food Security*. Beijing, China.
- DARNALL, N., & SIDES, S. 2008. Assessing the performance of voluntary environmental programs: Does certification matters? *Policy Studies Journal*. 36(1): 95-117.
- DÍAZ, F. J. et al. 2011. Willingness to pay for organic food in Spain: an approach to the analysis of regional differences. *ITEA*. 107(1): 3-20.
- FiBL, IFOAM & SOL. 2010. *The world of organic agriculture: statistics and emerging trends*. Frick, Suiza.
- HARDIN, G. 1968. *The Tragedy of Commons*. *Science*. 162(3859): 1243-1248.
- LABRADOR, J., PORCUNA, J. L., & BELLO, A. 2002. *Manual de Agricultura y Ganadería Ecológica*. Editorial Eumedia/Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 245 p.
- MARM-España. 2007. *Observatorio del Consumo y de la Distribución Alimentaria: Monográfico de los Productos Ecológicos*. (ppt.)
- MARTÍNEZ, F. 2005. *Comercialización agropecuaria: un enfoque económico de las estrategias comerciales*. Ediciones Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 483 p.
- MARTÍNEZ-CARRASCO, F., GÁZQUEZ L., & MARTÍNEZ, J. M. 2008. Actitudes y comportamientos ambientales: ¿elementos determinantes del consumo de alimentos ecológicos? *Actas III Congreso de la Asociación Hispano-Portuguesa de Economía de los Recursos Naturales y Ambientales*. Palma de Mallorca, España.
- MINETTI, A. C. 2002. *Marketing de alimentos ecológicos*. ESIC Editorial & Ediciones Pirámide. Madrid, España. 271 p.

MORA, M. G., MAGNER, N. S. & MARCHANT, R. 2010. Segmentación de mercado de acuerdo a estilos de vida de consumidores de vino orgánico de la Región Metropolitana de Chile. *IDESIA (Chile)*. 28(3): 25-33.

OELOFSE, M. et al. 2010. Certified organic agriculture in China and Brazil: Market accessibility and outcomes following adoption. *Ecological Economics*. 69(9): 1785-1793.

ROGOFF, K. 1985. The Optimal Degree of Commitment to an Intermediate Monetary Target. *Quarterly Journal of Economics*. 100(4): 1169-1189.

SCHNEIDER, H. & SAMANIEGO, J. L. 2010. La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios. CEPAL. Santiago, Chile. 46 p.

STIGLER, G. 1961. The Economics of Information. *Journal of Political Economy*. 69(3): 213-225.

STIGLITZ, J. 2000. The Contributions of the Economics of Information to Twentieth Century Economics. *Quarterly Journal of Economics*. 115(4): 1441-1477.

SWINNEN, J., VAN HERCK K., & VANDMOORTELE T. 2012. The Experience Economy as the Future for European Agriculture and Food? *Bio-based and Applied Economics*. 1(1): 29-45

VALKILA, J. & NYGREN, A. 2010. Impacts of Fair Trade certification on coffee farmers, cooperatives, and laborers in Nicaragua. *Agriculture and Human Values*. 27(3): 321-333.

VANDEMOORTELE, T. 2011. When are Private Standards more Stringent than Public Standards? En: *International Congress of the European Association of Agricultural Economists*. Zurich, Suiza.

EVALUACIÓN FÍSICA DE UN SUELO SERIE SANTIAGO (ENTIC HAPLOXEROLL) SOMETIDO A DISTINTOS USOS

Soil physical assessment of an entic haploxeroll under different soil uses

José Neira¹, Jorge Soto¹, Roberto Hernández², Oscar Seguel².

¹Departamento de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales; ²Departamento de Ingeniería y Suelos; Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas. Casilla 1004. Santiago. Autor correspondiente: oseguel@uchile.cl

RESUMEN

Se estudiaron las propiedades físicas de un suelo Serie Santiago, a partir de muestras colectadas (0-10 cm) desde cinco condiciones de uso distintas (compactado, vereda peatonal, amasado, cero labranza y pradera). Se midieron parámetros como la densidad real y aparente, textura, límites de consistencia, estabilidad de macro y micro agregados, distribución del tamaño de poros y flujo de aire, cada uno con tres repeticiones por sitio.

Los cinco sitios presentaron una distribución de tamaño de partículas similares; la mayor intensidad de uso en el sitio bajo tránsito de maquinaria generó los mayores valores de densidad aparente, una baja estabilidad estructural y una baja porosidad gruesa, demostrándose la fuerte relación entre el funcionamiento físico y la calidad asociada a cada uso. Existen mejores condiciones físicas en el manejo de suelo bajo pradera, debido a la mayor estabilidad de los agregados, resultado que se relaciona con la presencia de cobertura vegetal permanente. Sin embargo, esto no siempre responde a una distribución abundante de poros gruesos, por lo que la evaluación física del suelo debe considerar una visión integral de las propiedades de transporte y almacenamiento de éste.

Palabras claves: Propiedades físicas de suelo, uso de suelo, porosidad, estructura.

ABSTRACT

The soil physical properties were studied in an Entic Haploxeroll, collecting samples from 0-10 cm depth under five different use conditions (compacted by machinery, sidewalk, kneading, no tillage and meadow). Bulk and particle density, texture, Atterberg limits, stability of macro and micro aggregates, pore size distribution and air flow were measured, each one with three replicates per use condition.

The five sites showed a similar particle size distribution. The highest intensity of use in the site under machinery traffic generated the highest value of bulk density, the lowest structural stability and the lowest amount of coarse porosity, demonstrating the strong relationship between physical functioning and quality associated with each use. There are better physical conditions in the soil under meadow, due to increased aggregate stability as result of permanent vegetation. However, this does not always results in a high amount of coarse pores, so the soil physical assessment should consider a comprehensive view of the transport and storing properties.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un sistema trifásico, compuesto por la interacción de elementos en estados sólido, líquido y gaseoso (Hillel, 2004). La fase sólida, corresponde a la matriz del suelo que contiene partículas minerales y material orgánico, en

tanto la fase líquida o solución del suelo consta de agua y minerales disueltos; finalmente, la fase gaseosa o atmósfera del suelo está compuesta de Nitrógeno en un 80 % y el 20 % restante se divide entre Oxígeno y dióxido de Carbono (Brady y Weil, 2000). La interacción de estas fases hace del suelo el sustrato capaz de albergar y sostener productivamente a los ecosistemas, ya sean naturales o artificiales. Al mismo tiempo, un ecosistema dependerá de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, las cuales determinarán su calidad (Casanova et al., 2008).

Se entiende por calidad del suelo a la capacidad específica de este para funcionar bajo condiciones naturales o de manejo, sosteniendo la productividad de plantas y animales, manteniendo o mejorando la calidad del agua y del aire, manteniendo la salud y vivienda humana (Doran et al., 1994). Cualquier cambio de las funciones del suelo se refleja como cambios de sus propiedades en respuesta a cambios ambientales o de manejo. La calidad del suelo es un concepto que usualmente considera tres componentes: La calidad física, química y biológica de un suelo, siendo tal vez la calidad física la que ha sido menos considerada en diversos estudios. Se sabe que una disminución de la calidad física tiene serias consecuencias sobre las condiciones químicas y biológicas en un suelo; por lo demás, los aspectos químicos y biológicos se consideran sin un respaldo de una cuantificación física del suelo, y debido a sus efectos sobre los otros dos componentes, debería ser una parte importante en la determinación de la calidad de un suelo (Dexter, 2004a).

La calidad física de un suelo se puede manifestar en diversas formas, desencadenando procesos que van ligados entre sí. Por ejemplo una baja infiltración de agua genera una mayor escorrentía superficial, desencadenándose procesos erosivos; una compactación promueve una menor aireación, lo cual afecta el correcto desarrollo radical de las especies vegetales, acrecentado por una mayor resistencia mecánica.

Sea cual sea el síntoma de una mala calidad física, existe un factor común: una pobre estructura del suelo. En este sentido, es la sección superficial del suelo el sector más importante y frágil a nivel de funcionamiento, ya que a través de él se realizan los transportes de materia y energía entre los sistemas suelo y atmósfera; por lo tanto las condiciones en que se encuentre la superficie del suelo afectan todos los procesos a los que se encuentra sujeto el resto del suelo (Hillel, 2004; Dexter, 2004a, 2004b).

Es importante señalar que una propiedad física individual no podría expresar por sí sola la calidad física de un suelo, sino que se requiere una observación integrada de distintas propiedades para obtener un juicio más preciso (Casanova et al., 2008). El objetivo de este trabajo fue demostrar el efecto de distintas condiciones de uso del suelo sobre parámetros físicos de suelo asociados a la calidad física de éste.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Región Metropolitana, en la Estación Experimental Antumapu de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (33° 40' lat. S, 70° 38' long. W), con muestras de suelo de la Serie Santiago (Familia Franca gruesa, sobre arenosa esquelética, mixta, térmica, de los Entic Haploxeroll) (CIREN, 1996). Los análisis fueron realizados en el Laboratorio de Física de Suelos de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile.

En enero de 2011 se colectaron muestras a una profundidad de entre 0-10 cm desde distintas condiciones de estructura superficial, de mayor a menor intensidad de uso: suelo bajo compactación por efecto del paso de maquinaria agrícola (CM), suelo utilizado como vereda peatonal (V), suelo desestructurado (amasado) por tránsito en condiciones de alta humedad (SH), suelo bajo un cultivo de trigo en cero

labranza (CL) y suelo proveniente de una pradera (P). Los sitios bajo pradera y vereda peatonal se ubican en el sector de jardines de la Facultad, mientras que el resto de los sitios se ubican en el área experimental de cero labranza. Se procedió a determinar propiedades físicas de las muestras, considerando tres repeticiones por sector. Las propiedades físicas analizadas fueron: Textura mediante hidrómetro de Bouyoucos, densidad real mediante el método del picnómetro, densidad aparente mediante el método del cilindro y el método del terrón y la curva característica de retención de agua, siendo todas las metodologías descritas en Dane y Topp (2002). También se determinaron los límites de consistencia de acuerdo a Das (1997). Además se evaluó la estabilidad de macro y micro agregados a través de los métodos de tamizaje en seco y húmedo (Hartge y Horn, 2009) y de la razón de dispersión (Berryman et al., 1982). Por último, en tres de los sitios (CL, SH y CM) se evaluó el flujo de aire, con muestras equilibradas a tensión mátrica de 33 kPa, a través de un equipo de flujo de aire (Peth, 2004).

Con los resultados de densidad aparente del cilindro (Dac) y la densidad real (Dr) se calculó el número poroso ε mediante la relación $\varepsilon = (Dr/Dac) - 1$, el cual expresa el volumen de poros en relación al volumen de los sólidos del suelo. Además se calculó la porosidad entre los agregados (Pexped) mediante la relación $Pexped = 1 - (Dac/Dat)$, donde Dat corresponde a la densidad aparente obtenida por el método del terrón. Con la diferencia de los límites de consistencia (límite líquido - límite plástico) se calculó el índice plástico. Por último, con la curva característica se determinó la distribución de tamaños de poros de acuerdo a los rangos utilizados por Quiroz (2005).

Mediante un análisis de varianza, se buscó establecer si es que existe un efecto de los distintos usos de suelo sobre las propiedades físicas analizadas ($\alpha \leq 0,05$). En caso de detectar diferencias, se realizó una prueba de

comparaciones múltiples de Tukey para establecer entre qué usos de suelo se presentaron dichas diferencias.

Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se puede observar la comparación de los distintos parámetros físicos entre cada uno de los usos de suelo.

Cuadro 1. Propiedades físicas generales de los sitios muestreados, ordenados de mayor a menor intensidad de uso.

Table 1. General physical properties of sampled sites, sorted from highest to lowest intensity of use.

Existe una alta homogeneidad textural entre sitios, lo que asegura que las diferencias en su comportamiento físico dependerán de la estructura del suelo. Los límites de consistencia del sitio CM presentaron un comportamiento no esperado, por cuanto su índice plástico (IP) resultó ser muy bajo; esto se podría deber a una homogeneización del tamaño de partículas y micro agregados por el roce generado por el patinaje (Kooistra y Tovey, 1994), lo que generó un valor del límite líquido más bajo de lo esperado. El resto de los sitios tuvieron un comportamiento lógico, en que al disminuir la intensidad de uso disminuye el índice plástico como resultado de una mayor resiliencia promovida por la materia orgánica (Zhang *et al.*, 2005). Por su parte, el Cuadro 2 presenta los resultados de densidad y porosidad asociados a los sitios muestreados.

Cuadro 2. Propiedades físicas relacionadas con parámetros de densidad y porosidad.

Table 2. Physical properties related to density and porosity parameters.

La densidad aparente determinada por el método del cilindro sigue la lógica en relación a la intensidad de uso, no así la determinación a través del terrón. Para el caso de la vereda peatonal (V) las cargas generadas por el pisoteo

antrópico se concentran en superficie, y la alternancia de precipitaciones favorece la contracción y la generación de grietas de corte, resultado e unidades de alta densidad (Scheffer y Schachtschabel, 2002). Para el caso del suelo con tránsito de maquinaria agrícola (CM), a la transmisión de carga a mayor profundidad se le debe sumar el corte por tracción del rodado, lo que genera los altos valores de densidad, tanto por el método del terrón como del cilindro (Ashburner y Sims, 1984). Esto se traduce en que los sitios con mayor intensidad de uso (CM y V) poseen los menores valores de ϵ en comparación al resto de las muestras evaluadas, resultado esperable, ya que son sitios que presentan tránsito habitual, por lo que manifiestan un menor espacio poroso total. Sin embargo, la alta variabilidad de los resultados impidió tener diferencias estadísticas significativas. La alta porosidad exped en el sitio V se debe precisamente a la presencia de grietas, las cuales contabilizan una alta porosidad gruesa, la que, de acuerdo a Dexter (2002) corresponde a tamaños mayores a 500 μm .

La muestra de suelo saturado (SH), al estar sometida a procesos de expansión y contracción por efecto del agua, podría ver afectada su organización estructural (Oades, 1992), lo que unido al tránsito de maquinaria agrícola genera un efecto de amasado, con pérdida continua de la estabilidad estructural; el amasado en condiciones de alta humedad inyecta agua a las partículas, previniendo la densificación máxima. Como resultado de los menores valores de densidad aparente en los sitios con menor intensidad de tránsito (CL y P) se obtiene la mayor proporción de vacíos (ϵ), aunque la porosidad exped presenta una evidencia de relleno de macro poros con materia orgánica (Ellies, 1995) ya que no alcanza los valores más altos.

En la Figura 1 se puede observar la curva característica de cada uno de los sitios muestreados; de manera complementaria, en el

Cuadro 3 se detalla el porcentaje de poros según tamaño presentes en cada uno de los sitios bajo análisis.

Figura 1. Curva característica según uso de suelo. La línea punteada vertical separa los poros de transmisión de los poros de almacenamiento.

Figure 1. Soil characteristics moisture curve depending on soil use. Vertical dotted line separates transmission and storage pores.

La menor pendiente de las curvas indica una menor proporción de poros para el rango analizado, lo que se traduciría en una menor funcionalidad desde el punto de vista físico del suelo (Hartge y Horn, 2009). Como se aprecia en la Figura 1, tanto las pendientes como el rango de contenido de agua de los sitios CM, V, SH y CL son similares. La diferencia que se observa en el comportamiento del sitio P se debe al efecto de la materia orgánica humificada, que logra una mayor estabilidad dada la mínima intervención del sitio, generando la mayor retención de agua (Hillel, 2004).

Cuadro 3. Distribución de tamaño de poros (%) según uso del suelo.

Table 3. Pore size distribution (%) according to soil use.

En cuanto a la distribución de tamaño de poros, destaca el sitio V por tener el mayor porcentaje de poros gruesos con la menor retención de agua, concordante con la porosidad exped (Cuadro 1), lo cual acusa la presencia de grietas por contracción –dilatación; por el contrario, P muestra una mayor concentración de porosidad fina y una menor porosidad gruesa; posiblemente por el mayor contenido de materia orgánica altamente estable (sitio en reposo) que rellena el sistema poroso (Ellies, 1995), aumentando la retención de agua. En tanto CL y SH muestran valores similares en su distribución de tamaños de poros. El suelo compactado por paso de maquinaria (CM) obtiene un menor

porcentaje de macroporos y un mayor porcentaje de poros finos, lo cual se debe a la existencia de tensiones externas que generan un acomodo de las partículas (Horn, 2003). De acuerdo a Paggliai y Vignozzi (2002) todos los sitios presentan un rango de poros >50 µm en niveles de moderadamente porosos.

El Cuadro 4 presenta las propiedades de estabilidad y funcionalidad de los sitios muestreados, con excepción de V y P en la prueba de flujo de aire.

Cuadro 4. Estabilidad de micro (RD) y macro agregados (VDMA) y flujo de aire de los sitios de estudio.

Table 4. Stability of micro (RD) and macro (VDMA) aggregates and air flux of samples from studied sites.

El sitio P es el más estable, tanto en micro como macro agregados, ya que posee los menores valores de RD y VDMA respecto al resto de los sitios. Dicha estabilidad, al tratarse de un suelo con cobertura vegetal, se puede deber al mayor contenido de materia orgánica, que según Chenu et al. (2000) sería un factor preponderante en mejorar la estabilidad de los agregados al disminuir la velocidad de humectación de éstos, previniendo su ruptura por efecto del aire entrampado (fenómeno conocido como air slaking). La alta variabilidad de la RD impidió manifestar diferencias estadísticas significativas. Al contrario de lo que ocurre en P, los sitios CM y SH presentan la menor estabilidad de micro y macro agregados respectivamente, dada la permanente destrucción de agregados generada por la tracción y el patinaje de la maquinaria en condiciones de suelo desnudo. Sin embargo, el sitio CM presenta una alta capacidad de flujo de aire en relación a los sitios SH y CL, ya que la porosidad gruesa de CM (PDR, Cuadro 3) correspondería a grietas de corte (Scheffer y Schachtschabel, 2002) las cuales presentan una alta continuidad para el flujo de aire; sin embargo, la baja estabilidad estructural (Cuadro 4) no le permitiría una buena capacidad de flujo

de agua, dada la alta dispersión de partículas por efecto del mojamiento.

CONCLUSIONES

Los datos obtenidos demuestran un claro efecto de la intensidad de uso del suelo sobre las propiedades físicas analizadas. Es así como los sitios en que se interviene en menor grado el suelo, presentan las mejores propiedades físicas, favoreciendo la estabilidad de agregados y disminuyendo la densidad aparente. Sin embargo, esto no necesariamente se traduce en una mayor macroporosidad o mejor funcionalidad del sistema poroso, por lo que la evaluación de la calidad física de un suelo debe ser analizada en forma global, considerando diversos factores y propiedades.

BIBLIOGRAFÍA

- Ashburner, J. y B. Sims. 1984. Elementos de diseño del tractor y herramientas de labranza. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 473 p.
- Berryman, C., D. Davies, C. Evans, M. Harrod, A. Hughes, R. Skinner, R. Swain and D. Soane. 1982. Techniques for measuring soil physical properties. Formerly Advisory Paper N°18. Reference Book 441. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Swedish. 116 p.
- Casanova, M., O. Seguel, J. Haberland and C. Kremer. 2008. Propiedades Físicas: Indicadores de calidad y salud de suelos. *Antumapu* 6 (1-2): 32-34.
- Chenu, C., Y. Le Bissonnais and D. Arrouays. 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1479-1486.

CIREN-CHILE. 1996. Estudio Agrológico de la Región Metropolitana. Centro de Información de los Recursos Naturales. Publicación N° 115. 425p.

Dane, J. H. and G. C. Topp. 2002. Methods of soil analysis. Part 4. Physical Methods. Soil Science Society of America. Book Series N° 5. Madison, Wisconsin, USA. 1692 p.

Das, B. 1997. Soil mechanics laboratory manual. Fifth Edition. Engineering Press. Austin, Texas, USA. 278 p.

Dexter, A.R., 2004a. Soil physical quality. Soil and Tillage Research 79: 129-130.

Dexter, A.R., 2004b. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. Geoderma 120: 201-214.

Dexter, A. 2002. Soil structure: the key to soil function. pp: 57-69. In: Pagliai, M. and Jones, R. (Eds.). Sustainable land management-environmental protection. A soil physical approach. Advances in Geocology 35. IUSS. Catena Verlag. Reiskirchen. Germany.

Doran, J. W., D. C. Coleman, D. F. Bezdicek and B. A. Stewart. 1994. Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Special Publication Nr 35. Madison, Wisconsin, USA. 244 p.

Ellies, A. 1995. Efecto del manejo sobre las propiedades físicas de suelos trumao y rojo arcillosos. Bosque 116:101-110.

Hartge, K. und R. Horn. 2009. Die physikalische Untersuchung von Böden. Praxis, Messmethoden, Auswertung. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung. Stuttgart, Deutschland. 178 p.

Hillel, D. 2004. Environmental soil physics. Academic Press. San Diego. USA. 771p.

Horn, R. 2003. Stress-strain effects in structured unsaturated soils on coupled mechanical and hydraulic processes. Geoderma 116:77-88.

Kooistra, M. and Tovey, N. 1994. Effects of compaction on soil microstructure. pp: 91-111. In: Soane, B. and van Ouwerkerk, C. (Eds.). Soil compaction in crop production. Elsevier Science. The Netherlands. 341p.

Oades, J., 1992. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. Geoderma 56:377-400.

Pagliai, M. and N. Vignozzi. 2002. The soil pore system as an indicator of soil quality. pp: 71-82. In: Pagliai, M and Jones R. (eds.). Sustainable land management-environmental protection. A soil physical approach. Advances in Geocology 35. IUSS. Catena Verlag. Reiskirchen. Germany.

Peth, S. 2004. Bodenphysikalische Untersuchungen zur Trittbelastung von Böden bei der Rentierweidewirtschaft an borealen Wald- und subarktisch-alpinen Tundrenstandorten-Auswirkungen auf thermische, hydraulische und mechanische Bodeneigenschaften. Schriftenreihe des Instituts für Pflanzenernährung und Bodenkunde, H. 64, ISSN: 0933- 680.

Quiroz, C. 2005. Movimiento de agua en suelos Andisoles sujetos a distintos usos. Tesis Licenciado en Agronomía. Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia, Chile. 61 p.

Scheffer, F. und P. Schachtschabel. 2002. Lehrbuch der Bodenkunde. 15 Aufl., spectrum Akademischer Verlag. Berlin, Deutschland. 593 p.

Zhang, B., R. Horn and P. Hallet. 2005. Mechanical resilience of degraded soil amended with organic matter. Soil Science of America Journal 69: 864-871.

Cuadro 1. Propiedades físicas generales de los sitios muestreados, ordenados de mayor a menor intensidad de uso.

Table 1. General physical properties of sampled sites, sorted from highest to lowest intensity of use.

Uso suelo	a	A	L	LL	LP	IP
----- % base suelo seco -----						
CM	52,0	13,2	34,8	21,2	19,9	1,3
V	54,3	17,3	28,4	43,5	26,3	17,2
SH	46,7	19,6	33,7	25,6	18,9	6,7
CL	42,5	21,7	35,8	23,7	17,2	6,5
P	51,1	20,5	28,4	26,4	20,3	6,1

a: arena; A: arcilla; L: limo; LL: Límite Líquido; LP: Límite Plástico; IP: Índice Plástico.

CM: compactado por maquinaria agrícola; V: vereda peatonal; SH: suelo amasado por tránsito con alta humedad; CL: cero labranza; P: pradera.

Cuadro 2. Propiedades físicas relacionadas con parámetros de densidad y porosidad.

Table 2. Physical properties related to density and porosity parameters.

Uso suelo	Dat	Dac	Dr	ϵ	Pexped
		Mg m ⁻³		cm ³ cm ⁻³	%
CM	1,76 ± 0,06 bc	1,62 ± 0,06 b	2,69 ± 0,06	0,665 ± 0,088	8,3 ± 0,06
V	1,81 ± 0,02 c	1,51 ± 0,10ab	2,73 ± 0,01	0,812 ± 0,126	16,6 ± 0,05
SH	1,63 ± 0,07ab	1,41 ± 0,12ab	2,63 ± 0,01	0,866 ± 0,165	13,2 ± 0,07
CL	1,53 ± 0,03a	1,37 ± 0,07ab	2,76 ± 0,11	1,027 ± 0,146	10,6 ± 0,04
P	1,50 ± 0,07a	1,36 ± 0,09a	2,68 ± 0,01	0,973 ± 0,139	9,2 ± 0,02

Dat: Densidad aparente cilindro; Dac: Densidad aparente terrón; Dr: Densidad real; ϵ : Número poroso; Pexped: Porosidad entre agregados. Letras distintas denotan diferencias estadísticas significativas ($\alpha \leq 0,05$).

Cuadro 3. Distribución de tamaño de poros (%) según uso del suelo.

Table 3. Pore size distribution (%) according to soil use.

Uso suelo	PDR (>50 μm)	PDL (50-10 μm)	HA (10-0,2 μm)
----- % -----			
CM	10,9 ± 0,9	6,3 ± 1,0 ab	14,7 ± 0,3 ab
V	15,3 ± 1,2	5,7 ± 0,9 ab	11,0 ± 2,8 a
SH	13,9 ± 1,7	7,1 ± 1,0 ab	14,6 ± 1,0 ab
CL	13,4 ± 2,3	7,8 ± 0,8 b	12,9 ± 1,1 ab
P	11,6 ± 2,3	4,7 ± 0,6 a	16,9 ± 1,3 b

PDR: Poros de drenaje rápido; PDL: Poros de drenaje lento; HA: Humedad aprovechable. Letras distintas denotan diferencias estadísticas significativas ($\alpha \leq 0,05$).

Cuadro 4. Estabilidad de micro (RD) y macro agregados (VDMA) y flujo de aire de los sitios de estudio.
Table 4. Stability of micro (RD) and macro (VDMA) aggregates and air flux of samples from studied sites.

Uso suelo	RD (g g ⁻¹)	VDMA (cm)	Flujo de Aire (log [cm min ⁻¹])
CM	0,72 ± 0,10	5,93 ± 2,08 bc	- 5,57
V	0,67 ± 0,08	3,00 ± 1,61 ab	--
SH	0,71 ± 0,04	8,23 ± 0,97 c	- 11,44
CL	0,57 ± 0,18	6,71 ± 1,01 c	- 11,44
P	0,42 ± 0,14	1,22 ± 0,79 a	--

RD: Relación de dispersión; VDMA: Variación del diámetro medio de agregados. En ambas pruebas, el menor valor indica la mayor estabilidad. Letras distintas denotan diferencias estadísticas significativas ($\alpha \leq 0,05$).

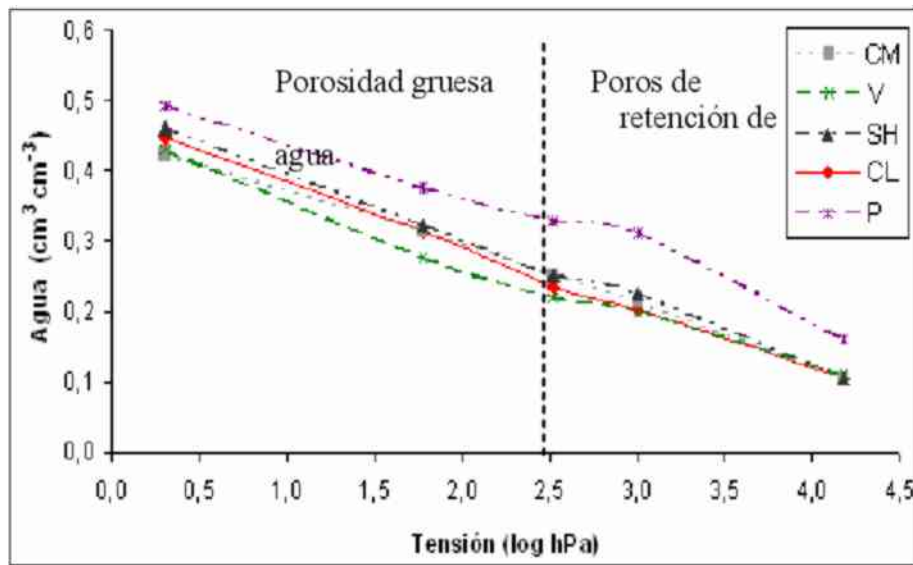


Figura 1. Curva característica según uso de suelo. La línea punteada vertical separa los poros de transmisión de los poros de almacenamiento.

Figure 1. Soil characteristics moisture curve depending on soil use. Vertical dotted line separates transmission and storage pores.

NOTA TÉCNICA

MODIFICACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS MEDIANTE APLICACIONES DE MATERIA ORGÁNICA Y USO DE CULTIVOS DE COBERTURA EN LA REGIÓN DE ATACAMA

Contreras, A., C. Baginsky¹, O. Seguel y J. Covarrubias

¹cbaginsk@uchile.cl

RESUMEN

Entre las temporadas 2007 y 2009, se llevaron a cabo ensayos correspondientes a aplicaciones de estiércol, compost y siembras de cultivos de cobertura en la sobre hilera de parrones de uva de mesa en la Región de Atacama. El objetivo fue mejorar las condiciones físico-químicas de los suelos y la capacidad productiva de las plantas de vid. Los resultados sugieren que, tanto las propiedades físicas de los suelos (resistencia a la penetración, densidad aparente, infiltración acumulada y flujo de aire), como la condición productiva de las plantas (rendimiento comercial), tienden a presentar mejoras a través del tiempo en las diferentes temporadas de evaluación (efecto acumulado). Por lo tanto, las aplicaciones de estas enmiendas orgánicas constituyen una alternativa viable a mediano plazo para un manejo sustentable de los parronales de uva de mesa en dicha Región.

ABSTRACT

During 2007 and 2009 seasons, field trials were carried out with application of manure, compost and cover crops on the row of grape orchard in Atacama Region. The aim was to improve the physical and chemical conditions of soils and the productivity of vines. The results showed that both the soil physical properties (penetration resistance, bulk density, water infiltration and air flow) and the

productive condition of plants (commercial yield) tend to improve over time in different seasons of evaluation (accumulative effect). Therefore, applications of organic amendments are a sustainable med-term management of table grape vineyards in Atacama Region.

INTRODUCCIÓN

La Región de Atacama, con 7.753 ha plantadas con vides de mesa, (ODEPA, 2008), ocupa dentro del total nacional un 15% de la superficie cultivada del país, situándola en el quinto lugar a nivel nacional. A pesar de representar solo una pequeña parte del total de la uva exportada, su importancia radica en los buenos precios que obtiene en los mercados internacionales (EEUU y Europa), principalmente por ser la primera fruta cosechada y embarcada a destino, lo que permite los mayores retornos, comparada con el resto de las regiones del país.

A pesar de los excelentes precios que alcanza la fruta en esta Región, los rendimientos obtenidos distan mucho del óptimo para las diferentes variedades respecto al resto del país. Este hecho obedece a diversos factores, siendo los más relevantes el bajo vigor de las plantas, la excesiva carga de sales en el agua de riego (sodio y boro, principalmente en el valle de Copiapó) y algunas características

fisicoquímicas de los suelos, que limitan el crecimiento de raíces. Entre estas últimas se puede destacar el bajo nivel de materia orgánica, lo cual sumado al intensivo uso del suelo, debido a los constantes laboreos a los cuales está sometido, provoca un efecto aún más detrimental sobre el crecimiento de las plantas. Cabe destacar además, que es común en la zona el uso excesivo de fertilizantes químicos para contrarrestar la escasa fertilidad natural de los suelos, lo que puede acarrear a futuro contaminaciones de las napas subterráneas. Estos aspectos negativos podrían aminorarse a través de un manejo más sustentable del suelo, y en este sentido las aplicaciones de enmiendas orgánicas y el uso de cubiertas vegetales incorporadas como abonos verdes podrían aumentar los tenores de materia orgánica y mejorar con ello algunas propiedades físicas de suelo como lo son la porosidad y la estructura. En el presente trabajo se entregan resultados relevantes del uso de enmiendas orgánicas sobre las propiedades del suelo y el rendimiento de la vid, dentro del marco del proyecto "Suelo vivo, Innovación y cambios tecnológicos en el uso de la materia orgánica en la optimización del manejo de parronales en la Tercera Región", desarrollado entre los años 2007 a 2009 con financiamiento INNOVA- CORFO.

MATERIA ORGÁNICA

La materia orgánica ha sido estudiada como uno de los factores que presenta mayor influencia en las características físico-química de los suelos. Ésta consiste en residuos vegetales y/o animales, los cuales se encuentran en distintas fases de descomposición, además de organismos y microorganismos que viven en el suelo o sobre él. Su contenido y calidad dependerá del tipo de residuo, características del suelo, su manejo agronómico, el tipo de vegetación presente y

las características climáticas que se presenten en el lugar (Brady y Weil, 2000). Según Varnero (1992), la materia orgánica presente en los suelos es necesaria para desarrollar y mantener una buena estructura, destacándose principalmente en texturas finas, aumentando la capacidad de intercambio catiónico (CIC), reduciendo la pérdida de elementos como potasio, calcio y magnesio e influyendo de manera positiva en procesos bioquímicos y químicos en el suelo, así como en sus propiedades físicas y mecánicas. La importancia de la materia orgánica en los suelos radica en que su descomposición aporta, en sectores sin fertilizar, el 100% del N, el 50 a 60% del fosfato, hasta el 80% del azufre y una gran parte del boro y molibdeno absorbido por las plantas. También juega un rol importante como quelante en la absorción de micronutrientes (Fe, Cu, Zn) y en el funcionamiento y disponibilidad de productos agroquímicos (Bohn et al., 1993).

El efecto de la materia orgánica sobre las propiedades físicas del suelo apuntan principalmente a una mayor disponibilidad de agua en función de la textura de éste (Rawls et al., 2003), una mayor estabilidad estructural (Oades, 1993) que favorece la persistencia de un sistema poroso estable y funcional en el transporte de agua y gases (Horn, 2004) y una mayor resistencia mecánica en condiciones de alta humedad (Zhang et al., 2005). Es por esto que el uso de la materia orgánica resulta vital como práctica de manejo para mantener la calidad del suelo en sistemas de cultivos continuos (Reeves, 1997).

La manera más común de incrementar la materia orgánica del suelo, es la aplicación de enmiendas orgánicas, siendo muy recurrente el uso de estiércol de distinto origen, como cabra, cerdo, pavo y vacuno. El más común en la Tercera Región, por su disponibilidad y precio, es el estiércol de cabra. Su uso se encuentra

complementado con los diversos planes de fertilización química aplicados al suelo o vía foliar; sin embargo sus aplicaciones no son realizadas de manera estable a través del tiempo ni se realizan de acuerdo a las necesidades del cultivo y/o suelo, por lo que no existe un manejo racional asociado a su aplicación.

CULTIVOS DE COBERTURA

Los cultivos de cobertura se definen como cultivos que cubren la superficie del suelo, durante todo un año o parte de él, pudiendo ser especies anuales o perennes. Estos cultivos son capaces de proveer muchos servicios a los ecosistemas, entre otros: detener la erosión, mejorar la infiltración de los suelos, promover la retención de nutrientes y, a partir de su descomposición, aumentar el nivel de materia orgánica de los suelos (Steenwerth y Belina, 2008). A su vez, las raíces de ciertos cultivos afectan la estructura de los horizontes más profundos; así, raíces profundizadoras y pivotantes, tales como las de algunas crucíferas y/o leguminosas, dejan canales que permiten drenar los excesos de agua, favoreciendo la circulación del aire y beneficiando directamente el desarrollo de microorganismos (Sánchez, 2004).

Dentro de los cultivos de cobertura, destacan las leguminosas por su efecto adicional sobre el reciclaje del nitrógeno, debido a que son capaces de obtener el nitrógeno proveniente del aire a través de la asociación simbiótica con bacterias (rizobios) que llevan a cabo este proceso. Entre las leguminosas más eficientes en este proceso se puede nombrar al haba, lupino y caupí, cuyos valores promedios de fijación son de 114, 160 y 224 kg N ha⁻¹ año⁻¹, respectivamente (Mungoloy et al., 1992). Cabe destacar que si estos cultivos son utilizados como cobertura, el 100% del nitrógeno

adquirido por ellos quedaría disponibles para el próximo cultivo utilizado en la rotación. Además, dada su baja relación C/N (30-40/1) sus residuos se descomponen con mayor rapidez, por lo que hay una disponibilidad más inmediata de nutrientes (Brady y Weil 2000). Por su parte, los cultivos de cereales y especies leñosas, presentan una alta relación C/N (60-80/1; 200/1) y alta producción de biomasa, generando en el tiempo compuestos húmicos, como la humina, que son más estables y resistentes a la biodegradación (Acevedo y Silva, 2003). Otro tipo de cultivo son los pertenecientes al grupo de las brassicáceas, como lo es el raps, los cuales exudan compuestos azufrados llamados glucosinolatos, los que al ser hidrolizados producen ciertos compuestos químicos con altas características nematológicas. Este evento mayoritariamente se produce cuando los cultivos son cortados e incorporados al suelo. Entre los diferentes compuestos nematológicos destacan los isothiocyanatos, que en el caso de raps (*Brassica napus*) tienen un efecto sobre el control de *Xiphinema* sp, nematodo que ataca a plantas de vid (Insunsa y Aballay, 2002). Se ha determinado además que cualquier leguminosa hospedera de nematodos tiene un efecto nematicida cuando es incorporada al suelo debido al alto contenido de nitrógeno en las plantas, que al mineralizarse deriva en amonio, compuesto tóxico para los nematodos. Esto también promueve el crecimiento de microorganismos como *actinomycetes*, los cuales liberan antibióticos con efecto nematicida (Iriarte et al., 1999).

MANEJO DE LA MATERIA ORGÁNICA DEL SUELO

Existe a nivel mundial un gran interés por incorporar prácticas agrícolas más amigables con el medio, buscando estrategias que permitan mejorar las condiciones limitantes

que presentan los cultivos y/o frutales, principalmente en lo referente a las restricciones físico-químicas de sus suelos. En esta dirección, se ha desarrollado en la Región de Atacama el Proyecto “Suelo Vivo, Innovación y cambios tecnológicos en el uso de la materia orgánica en la optimización del manejo de parronales en la III Región”, financiado por INNOVA Chile de CORFO. Esta iniciativa busca, de una manera sustentable y alternativa a los manejos frecuentemente realizados por los productores de la zona, mejorar las condiciones limitantes que presenta el cultivo de la vid, sin interferir en el buen desarrollo de la planta y su capacidad productiva.

Durante tres temporadas (2007 al 2009) se realizaron ensayos en el Valle de Copiapó y en el Valle del Huasco, con el objeto de incrementar el tenor de materia orgánica de los suelos y con ello lograr mejorar sus propiedades físicas. Las estrategias utilizadas correspondieron a:

- Rotaciones de cultivos anuales asociados a la planta de vid.
- Aplicaciones de distintas enmiendas orgánicas, con diversas dosis sobre la hilera de plantación de vid.

La primera alternativa, consistió en la siembra de diversos cultivos de crecimiento anual (cultivos de cobertura), establecidos de manera conjunta con plantas de *Vitis vinifera*, en la etapa previa a la entrada en receso del frutal (Figura 1); es decir, en momentos en que el crecimiento del cultivo de cobertura no interfirió con el desarrollo de la vid. Estos cultivos, antes de iniciarse la brotación de la vid, fueron segados e incorporados al suelo. El objetivo de ello fue favorecer el incremento de la materia orgánica (MO) tanto a nivel de superficie (descomposición de rastrojo) como en profundidad (descomposición de raíces), así como mejorar las propiedades físicas de los suelos, debido a la estructuración de los agregados por acción directa de las raíces y de la materia orgánica residual.



Figura 1. Cultivo de sordán (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) asociado a vides en el Valle de Copiapó.

Durante las tres temporadas de estudio, se utilizaron tres rotaciones de cultivos en un suelo pedregoso de clase textural franco arenosa. Las rotaciones se presentan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Rotaciones de cultivos sembrados en un parronal en el Valle de Copiapó.

	Tratamiento	1º Temporada	2º Temporada	3º Temporada
T1:	Testigo	Sin cultivo	Sin cultivo	Sin cultivo
T2:	Rotación 1	Maíz + chícharo	Cebada	Sorgo
T3:	Rotación 2	Cebada	Haba	Maíz
T4:	Rotación 3	Sorgo	Chícharo	Avena

Chícharo: (*Lathyrus sativus* L.); maíz: (*Zea mayz* L.); cebada (*Hordeum vulgare* L.); sorgo (*Sorghum vulgare* Pers.), Avena (*Avena sativa* L.).

El suelo en el cual se realizó el estudio pertenece a la Serie Elisa de Bordós, que se caracteriza por ser delgada y estar formada por sedimentos aluvio coluviales, en posición plana. Posee una clase textural franco arenosa y color pardo oscuro en superficie; con un subsuelo muy grueso a gravoso, de color pardo oscuro en profundidad. La pendiente varía de 0,7 a 2,0%, aunque posee fases más inclinadas, con una permeabilidad y drenaje interno rápido. En forma natural presenta bajos contenidos de materia orgánica, por lo que cualquier adición de ésta debiese mejorar las propiedades físicas del suelo. A largo plazo, se espera que las mejores condiciones físicas se traduzcan en plantas de vid más vigorosa y con mayor producción.

Para las siembras realizadas, se consideraron especies de leguminosas, tales como haba y

chícharo, las cuales a pesar de producir escasa materia seca (Cuadro 2), tienen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico mediante la formación de nódulos por la acción simbiótica con bacterias del género *Rhizobium* (Figura 2). Dada la baja relación carbono/nitrógeno (C/N) de sus tejidos vegetales, una vez incorporados al suelo, sus rastrojos se descomponen rápidamente, dejando disponible un pool de nitrógeno para la vid. El resto de las especies sembradas correspondieron a crucíferas y cereales, especies elegidas con el objetivo de buscar las mejores alternativas en favor de una mayor profundización de raíces, mayor producción de materia seca y mejor retención de nutrientes y agua.



Figura 2. Formación de nódulos en las raíces de haba sembradas en el Valle de Copiapó.

Como se mencionó anteriormente, la siembra se realizó posterior a la cosecha de la uva, y su desarrollo coincidió con la entrada en receso de la parra. Al momento de la brotación del parrón, se procedió a incorporar los cultivos, con el objeto de descomponer su parte aérea junto con las raíces.

Cuadro 2. Producción de biomasa por parte de los cultivos en las tres temporadas evaluadas.

Rotación	Cultivo	Temporada	gr peso seco·m ²	% Materia seca
R1	Maiz+chícharo	1º	1.100	37,5
R2	Cebada	1º	623	36,6
R3	Sorgo	1º	5.447	44,1
R1	Cebada	2º	629	23,1
R2	Haba	2º	382	18,0
R3	Chícharo	2º	616	22,7
R1	Sorgo	3º	1.669	32,1
R2	Maíz	3º	1.940	36,9
R3	Avena	3º	540	25,2

A pesar de no encontrar diferencias entre las rotaciones realizadas con respecto a una mayor acumulación de materia orgánica en el suelo, es necesario destacar que el proceso de acumulación, descomposición e incorporación de MO es bastante lento, lo que hace suponer que estos tratamientos deberían prolongarse por más de tres temporadas, para favorecer su reserva y tener resultados mas confiables.

El uso de cultivos considera dos aspectos fundamentales: (1) la posibilidad de incorporar materia orgánica dentro del perfil vía sistemas radicales a diferentes profundidades de enraizamiento, descomponiéndose y liberando sustancias que favorecen la agregación y estabilidad del suelo y; (2) el desarrollo de un sistema radical abundante que renueve el sistema poroso grueso, favoreciendo el flujo

rápido del agua y la renovación del aire del suelo.

Dentro de las evaluaciones realizadas a las propiedades físicas del suelo destacan: la resistencia a la penetración, la infiltración acumulada y flujo de aire, esta última medición enfocada a favorecer una adecuada renovación del oxígeno a las raíces de la vid. La Figura 3 presenta el coeficiente de descanso (k_0) que corresponde a la razón entre la resistencias a la penetración horizontal y vertical del suelo (Resistencia horizontal/Resistencia vertical).

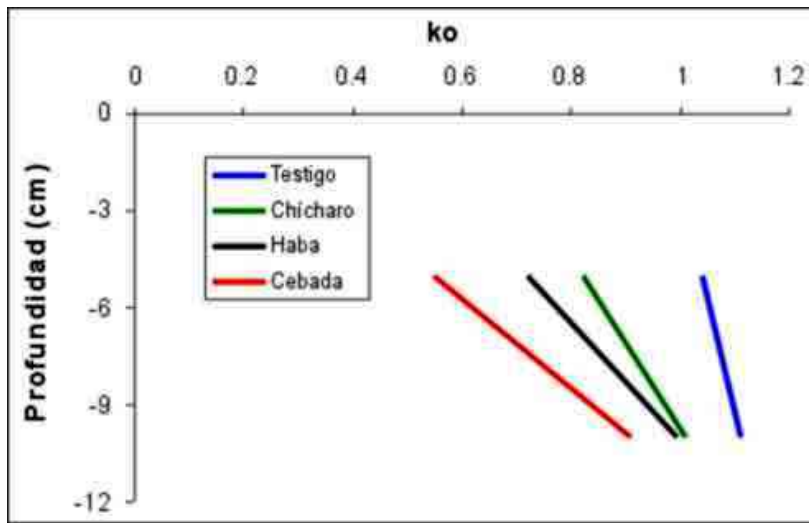


Figura 3. Resistencia a la penetración evaluada como coeficiente de descanso (k_o). Valores mayores a 1 indican compactación. Mediciones realizadas en mayo de 2008 (segunda temporada).

Las mediciones correspondientes a la segunda temporada de estudio (Figura 3) fueron realizadas durante la etapa final del desarrollo de los cultivos utilizados como cobertura, un día después de un riego y concentrado en la zona de mayor densidad de raíces. El mejor resultado se presentó con un cultivo de cebada, dado su sistema radical fasciculado, aunque bajo 12 cm los valores entre tratamientos

confluyen a un mismo nivel de compactación. Las condiciones de baja resistencia se mantuvieron (efecto residual), ya que la medición de octubre de 2008 correspondiente a la segunda temporada (Figura 4) presentó la misma tendencia, esta vez evaluada en términos de tensión vertical ejercida por el penetrómetro, equipo utilizado para estas mediciones.

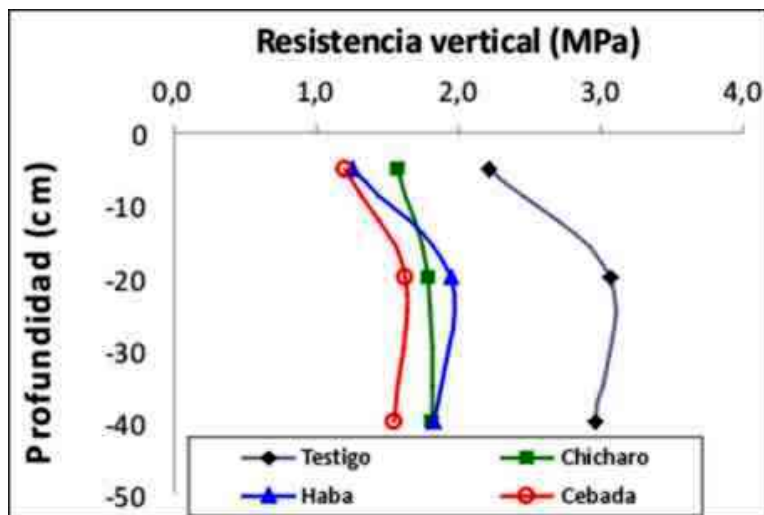


Figura 4. Tensión vertical medida con penetrómetro de cono. Valores mayores a 2 MPa indican alta resistencia. Evaluaciones realizadas a capacidad de campo en octubre de 2008.

La persistencia de la condición de baja resistencia mecánica, favorecida por los cultivos, refleja la estabilidad estructural y la capacidad de elasticidad que la materia orgánica le confiere al suelo, es decir, la capacidad de recuperarse cuando el suelo es

sometido a tráfico (Zhang et al., 2005). Esto se refleja en un sistema poroso donde se favorece la conducción de agua y aire, tal como se presenta en las Figuras 5 y 6.

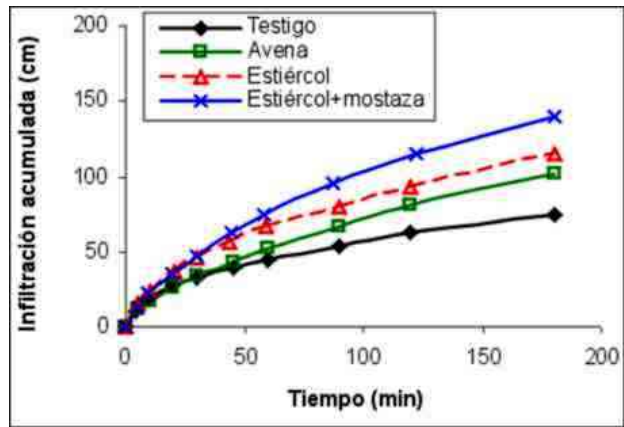
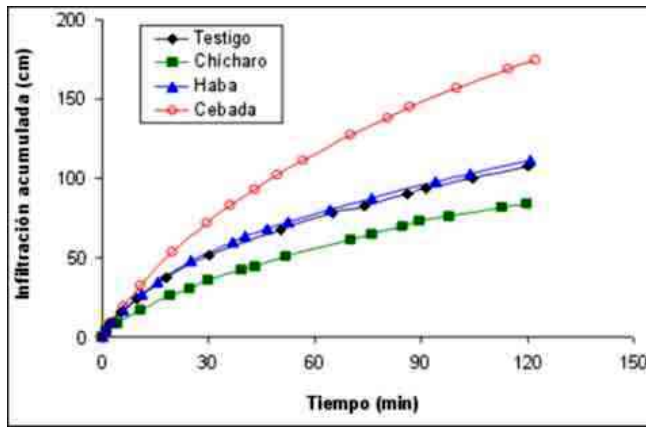


Figura 5. Infiltración de agua acumulada en el tiempo. A la izquierda, ensayo detallado en el Cuadro 1, segunda temporada (suelo franco arenoso), a la derecha, ensayo en un suelo franco arcilloso.

Las mediciones realizadas para evaluar el flujo de agua en el suelo (Figura 5, izquierda), indican que los tratamientos que incluyeron siembras de chícharo y haba no tuvieron diferencias con el testigo sin cultivo; sin embargo, la cebada presentó mejores propiedades, favoreciendo una rápida infiltración de agua en el suelo. EN el caso del uso de enmiendas en aplicación en altas dosis (Figura 5, derecha), con dosis de $15 \text{ m}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ estas favorecen la generación de macroporos,

con incrementos en la infiltración acumulada (Seguel et al., 2003), sin embargo, el uso conjunto del estiércol con un cultivo potencia aún más los resultados. Para el caso del flujo de aire, índice de continuidad del sistema poroso para la renovación rápida del aire del suelo (Figura 6), las diferencias se observaron en profundidad (bajo 20 cm) donde la porosidad dejada por las raíces de los cultivos favorece un rápido flujo, asegurando una adecuada renovación del aire del suelo.

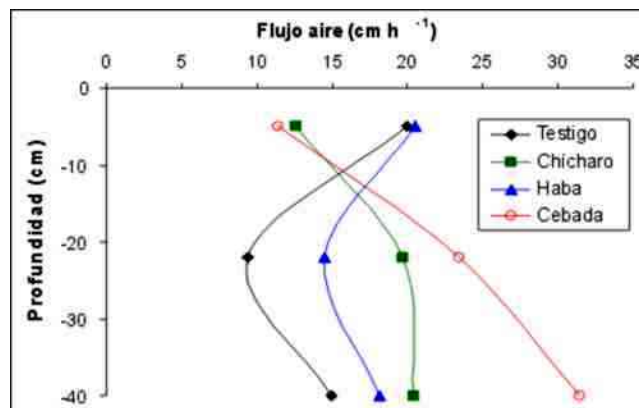


Figura 6. Flujo de aire a través de muestras de suelo equilibradas a -6 kPa .

Todas estas mejoras en las condiciones físicas evaluadas, hacen pensar que rotaciones que incluyan la presencia de cebada como cultivos de cobertura, especialmente gramíneas, pueden corresponder a una buena alternativa para siembras asociadas al cultivo de la vid, dado por su alta producción de materia seca, pero principalmente por su excelente desarrollo bajo las condiciones edafoclimáticas imperantes en la Región de Atacama. Cabe destacar, sin embargo, que durante las tres temporadas de estudio, no se observó una mejora significativa en el crecimiento de la vid (peso de poda) ni en la producción, no obstante, se espera que en el mediano plazo las plantas de vid respondan con aumentos de productividad y de calidad de la fruta, como respuesta directa a las mejoras en los parámetros físicos del suelo. Según lo anterior, y dada la duración de los ensayos (a tres años), se demuestra que este tipo de investigación debe abordarse en un plazo mayor, involucrando rotaciones de cultivos que favorezcan la producción de biomasa y que sean capaces de incrementar en

el tiempo la materia orgánica del suelo, además de adaptarse a las condiciones edafoclimáticas de la zona.

La segunda alternativa para el manejo de la materia orgánica, se planteó en función de precisar dosis correctas de aplicación de enmiendas orgánicas (estiércol y compost), con el objetivo de definir la cantidad óptima necesaria para generar modificaciones en las propiedades químicas y físicas de los suelos y que esto se traduzca, a largo plazo, en aumentos de productividad de los parrones. Para ello, se estableció otro ensayo, evaluando durante dos temporadas, tres dosis crecientes de estiércol y de compost, las que se contrastaron con un tratamiento testigo, sin aplicación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Descripción de los tratamientos utilizados

Tratamiento	Descripción ensayo	Dosis (m ³ ·ha ⁻¹)
T1	Testigo	0
T2	Estiércol	25
T3	Estiércol	50
T4	Estiércol	100
T5	Compost	4
T6	Compost	8
T7	Compost	12

Para este ensayo, se trabajó en un sustrato pedregoso de origen aluvial, presentando un camellón de 90 cm de ancho y 10 cm de alto. El material presente entre las hileras se encontraba suelto y desestructurado, debido a la clase textural gruesa y el exceso de tráfico de máquinas y personas. La pendiente del terreno fue menor al 1%, con una pedregosidad

superficial de un 20%. La pedregosidad evaluada en el perfil fue de un 30% en el camellón y 60% en profundidad, con clastos redondeados de hasta 20 cm de diámetro y matriz arenosa. La enmienda orgánica fue depositada en superficie, sobre el camellón.

En las evaluaciones realizadas al segundo año de establecido el ensayo, se pudo comprobar que la densidad aparente del suelo disminuía a medida que aumentaba la dosis de materia orgánica (Figura 7), de esta manera, en los

primeros cm del suelo, se observaron diferencias muy claras en la densidad aparente, teniendo el compost un efecto significativo aún con bajas dosis.

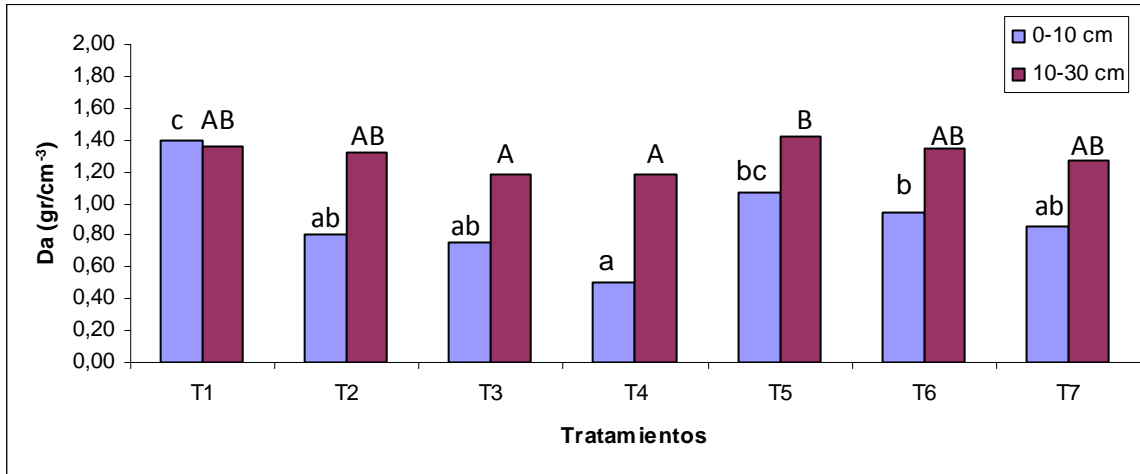


Figura 7. Densidad aparente evaluada a dos profundidades. Letras minúsculas expresan diferencias significativas entre los 0-10 cm de profundidad. Letras mayúsculas expresan diferencias significativas entre los 10-30 cm de profundidad.

La disminución de la densidad aparente a medida que se incrementa la dosis de las distintas enmiendas, tuvo un efecto en una mayor concentración de raíces finas hasta los 40 cm de profundidad. Se observó que, incluso

para las dosis más bajas de estiércol y compost (25 y 4 m³·ha⁻¹, respectivamente), la concentración de estas raíces en el suelo era notable y que estas eran aparentemente las que presentaban un mayor desarrollo (Figura 8).

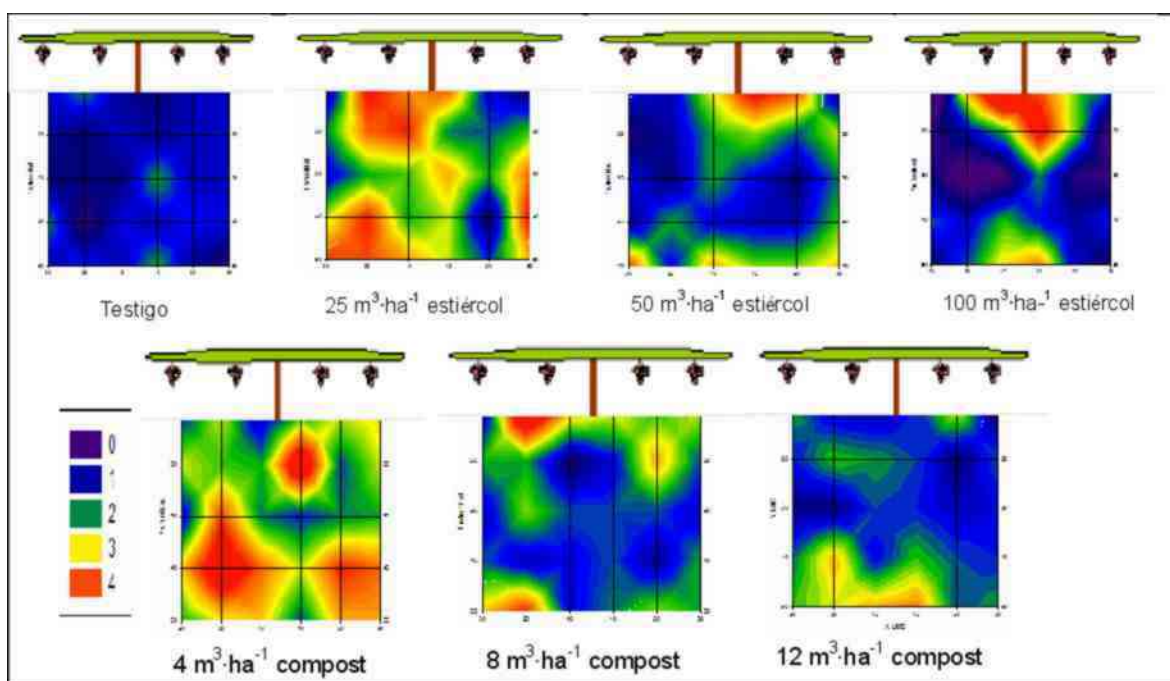


Figura 8. Esquema de la distribución de raíces finas en plantas de vid, en los distintos tratamientos sometidos a dosis crecientes de estiércol y compost, evaluado mediante calicatas. (Escala: 0 sin raíces, 4 alta concentración de raíces).

En la zona de mayor desarrollo de raíces (30 cm), se procedió a verificar las condiciones químicas de los suelos correspondientes a cada tratamiento (Cuadro 4). Los resultados indicaron que no se observaron diferencias estadísticas significativas con respecto a la concentración de sales (CE), dada la alta permeabilidad del suelo, que permite el lavado a través del riego. Sin embargo en los tratamientos con estiércol se observó una tendencia a un aumento de ellas, con el consiguiente efecto negativo para las plantas. En suelos de clase textural fina la acumulación de sales puede llegar a ser crítica, especialmente por aportes de estiércol,

favorecido también por ascenso capilar y evaporación de agua en superficie (Pobrete, 2011). Si bien no existieron diferencias en los contenidos de MO, se pudo comprobar una mayor disponibilidad de nitrógeno en comparación con el testigo en todos los tratamientos. La mayor disponibilidad de fósforo se observó en el tratamiento de 100 m³·ha⁻¹ de estiércol, en tanto que la mayor capacidad de intercambio catiónico (CIC) se obtuvo con el tratamiento de 12 m³·ha⁻¹ de compost, lo que hace inferir una mayor disponibilidad de nutrientes posterior a la aplicación de las enmiendas, resultando interesante el uso de fuentes de materia orgánica estabilizada para asegurar una buena persistencia en el tiempo (Oades, 1993)

Cuadro 4. Parámetros químicos del suelo a 30 cm de profundidad. Letras distintas indican diferencias estadísticas significativas dentro del factor evaluado.

Enmienda	Dosis (m ³ ·ha ⁻¹)	pH	MO (%)	N disp. (%)	P disp. (mg kg ⁻¹)	K disp. (cmol+ kg ⁻¹)	CE (dS m ⁻¹)	CIC (cmol+ kg ⁻¹)
Testigo	0	8,0 a	2,2 a	0,08 a	36,8 a	0,9 a	2,3 a	9,7 a
Estiércol	25	7,9 a	3,1 a	0,12 b	79,8 ab	1,8 a	3,0 a	9,7 a
Estiércol	100	8,1 a	4,2 a	0,23 d	166,0 b	3,7 a	5,8 a	10,2 ab
Compost	4	8,1 a	2,3 a	0,12 b	57,2 a	0,6 a	2,1 a	12,3 ab
Compost	12	8,0 a	3,3 a	0,17 c	91,4 ab	0,9 a	2,0 a	15,3 b

Las mejoras en las condiciones físico-químicas de los suelos, sumados a una mejor condición del desarrollo radical de la parra, se tradujo en la segunda temporada de evaluación en una tendencia a una mayor productividad de los parrones sometidos a las dosis de estiércol y compost (Figura 9). La aplicación de 25 m³·ha⁻¹ de estiércol presentó diferencias estadísticas significativas con respecto a la temporada anterior. A pesar de que este aumento no se

tradujo en diferencias estadísticas entre las dos temporadas para el resto de los tratamientos, sí existió una tendencia a una mayor productividad en la segunda temporada de estudio para todos los tratamientos. Esto demuestra que las mejoras en las propiedades físicas de los suelos pueden traducirse en una mayor expresión del potencial productivo por parte de la vid.

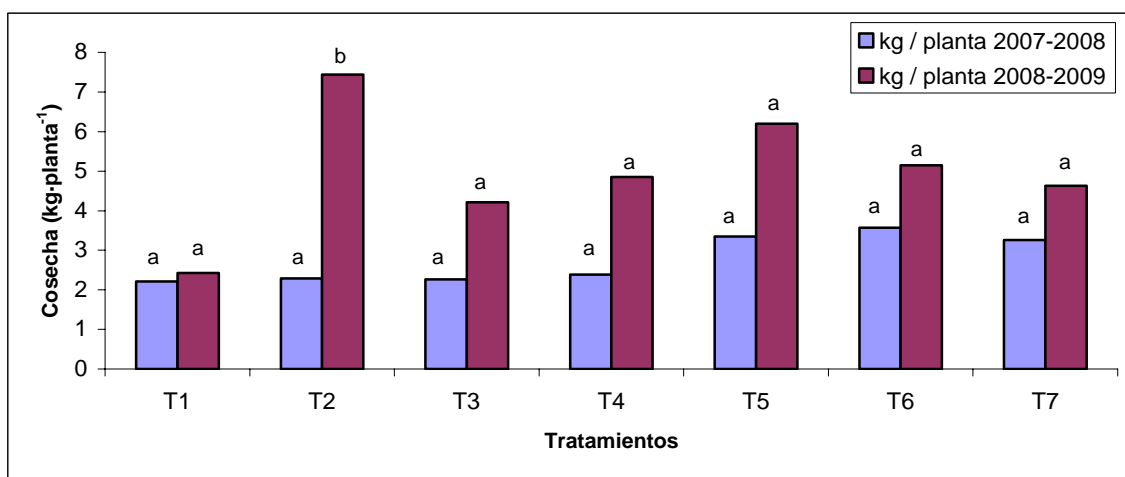


Figura 9. Comparación en la productividad de los parronales para las dos temporadas de estudio. Letras distintas dentro de un mismo tratamiento indican diferencias significativas en la fruta cosechada en las dos temporadas.

CONCLUSIONES

El aporte de la materia orgánica aplicada de diversas formas (descomposición de cultivos de cobertura y aplicaciones de enmiendas orgánicas) es una alternativa probada en la

Tercera Región y puede ser una opción de manejo sustentable y amigable con el medio a través del tiempo.

La materia orgánica juega un importante rol como modificador de las propiedades físicas y químicas de los suelos. El uso de rotaciones con cultivos anuales, ha demostrado generar modificaciones de la estructura a los suelos, lo que permite un mejor desarrollo a la planta. El aporte de estiércol y compost, incluso evaluado al segundo año de aplicación y con dosis de 25 y 12 m³·ha⁻¹, respectivamente, promueve una mayor disponibilidad de nutrientes, y con ello un aumento en el desarrollo radical de las parras, lo que a través del tiempo generaría una mayor producción de fruta.

El uso de estrategias enfocadas a la rotación de cultivos de cobertura debe ser proyectada a largo plazo para lograr un efecto acumulativo que sea reflejado a través de un aumento de la producción de fruta, además de mostrar un efectivo aumento de la materia orgánica como resultado de su descomposición. Se deben utilizar rotaciones que incluyan cultivos con alto aporte de materia seca, siendo ejemplos claros de ese tipo de especie la cebada y el sorgo, aunque leguminosas como el haba y crucíferas como la mostaza también presentan un buen potencial como mejoradores de propiedades del suelo.

LITERATURA CITADA

Acevedo, E. y P. Silva. 2003. Agronomía de la cero labranza. Universidad de Chile. Serie Ciencias Agronómicas N° 10. Santiago, Chile. 118 p.

Bohn, H., L., B. Mc Neal, and G. O'Connor. 1993. Química del suelo. Grupo Noriega Editores. Limusa, México. 370 p.

Brady, N., and R. Weil. 2000. Element of the nature and properties of soils. Prentice Hall, Upper Saddle River. New Jersey. Usa. 559 p.

Horn, R. 2004. Structure formation and its consequences on gas and water transport in unsaturated arable and forest soils. pp: 79-85. In: Glinski, J., G. Jósefzefaciuk and R. Stahr (Eds.). Soil- Plant- Atmosphere aeration and environmental problems. Lublin, Stuttgart. Germany. 119p.

Insunza, V. y E. Aballay. 2002. Evaluación de plantas con propiedades nematicidas en el control de *Xiphinema index* en vid de mesa cv. Thompson Seedless en la zona central de Chile. Agricultura Técnica: 62(3): 357-365.

Iriarte, L., J. Franco y N. Ortuño. 1999. Efecto de abonos orgánicos sobre las poblaciones de nemátodos y la producción de papa. Revista Latinoamericana de la Papa 11:149-163.

Mungoloy, K., M. Gueye and R. Spencer (Eds). 1992. Biological nitrogen fixation and sustainability of tropical agriculture. John Wiley & Sons. New York, USA. 328 p.

Oades, J.M. 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. Geoderma 56: 377-400.

ODEPA (Oficina De Estudios y Políticas Agrarias), Chile. 2008. [en línea]. Superficie de frutales por Región según fecha de catastro frutícola. Disponible en: <http://www.odepa.gob.cl/odepaweb/servlet/contenidos.ServletDetallesScr?sessionId=C1A43605966425485791A35FB2E218F9?idcla=12&idn=1738>. Leído el 14 de Septiembre de 2009.

Pobrete, L. 2011. Modificación de las propiedades físicas de un suelo de textura fina de la III Región cultivado con vid, mediante la incorporación de materia orgánica en la sobrehilera. Memoria de Título de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agronómicas Universidad de Chile. Santiago, Chile. 47 p.

Rawls, W.J., Y.A. Pachepsky, J.C. Ritchie, T.M. Sobecki and H. Bloodworth. 2003. Effect of soil organic carbon on soil water retention. *Geoderma* 116: 61-76.

Reeves, D.W. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil and Tillage Research* 43: 131-167.

Sánchez, G. 2004. Evaluación del aporte nutricional de siete cubiertas vegetales en un viñedo orgánico del c.v. Merlot. Memoria Ingeniero Agrónomo. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agronómicas, Santiago, Chile. 53 p.

Seguel, O. V. García de Cortázar y M. Casanova. 2003. Variación en el tiempo de las propiedades físicas de un suelo con adición de enmiendas orgánicas. *Agricultura Técnica (Chile)*. 63(3): 287-297.

Steenwerth, K. and K. Belina. 2008. Cover crops enhance soil organic matter, carbon dynamics and microbiological function in a vineyard agroecosystem. *Applied Soil Ecology* 40: 359-369.

Varnero, M. 1992. El suelo como sistema biológico. pp 197-214. *En: Vera, W (Ed). Suelos, una visión actualizada del recurso*. 1ª Ed. Facultad de Ciencias Agronómicas y Forestales de la Universidad de Chile. Santiago, Chile. 345p.

Zhang, B., R. Horn and P. Hallet. 2005. Mechanical resilience of degraded soil amended with organic matter. *Soil Science Society of America Journal* 69: 864-871.