

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EFECTO DEL TIPO DE FERTILIZACION NITROGENADA EN LA ACTIVIDAD
BIOLOGICA DEL SUELO Y PARAMETROS DE CRECIMIENTO DE
ARANDANO ALTO (*Vaccinium corymbosum* L.)**

Tesis presentada a la Facultad de Ciencias
Agropecuarias y Forestales de la Universidad
de La Frontera. Como parte de los requisitos
para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

FRANCISCO JAVIER CONTRERAS RIVAS

PROFESOR GUIA: RENE GASTON MONTALBA NAVARRO

TEMUCO – CHILE

2013

**EFFECTO DEL TIPO DE FERTILIZACION NITROGENADA EN LA ACTIVIDAD
BIOLOGICA DEL SUELO Y PARAMETROS DE CRECIMIENTO DE
ARANDANO ALTO (*Vaccinium corymbosum* L.)**

PROFESOR GUIA

: RENE GASTON MONTALBA
NAVARRO

Ingeniero Agrónomo, Dr. en Agroecología

Departamento de Ciencias Agronómicas y
Recursos Naturales

PROFESOR CONSEJERO

: MARYSOL ALVEAR ZAMORA

Bioquímico, Dr. en Química

Departamento de Ciencias Químicas y
Recursos Naturales

CALIFICACION PROMEDIO TESIS

:

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios, a mi familia por su apoyo incondicional, a mis padres Aliro y Carmen Cecilia, a mis hermanas Natalia y María José y a mi abuelita Lai; que han estado en las buenas y en las malas. A mi profesor guía el Dr. René Montalba y mi profesora consejera la Dra. Marysol Alvear por su ayuda durante esta etapa, compromiso y amistad.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo general	1
1.2 Objetivos específicos.....	1
1.3 Hipótesis.....	1
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1 Arándano	3
2.1.1 Características generales	3
2.1.2 Requerimientos edafoclimáticos y niveles nutricionales	4
2.1.3 Requerimientos edáficos y niveles nutricionales	4
2.1.4 Manejo nutricional	5
2.1.5 Estilos de producción del arándano.....	8
2.1.6 Fertilización convencional	11
2.1.7 Fertilización orgánica.....	11
2.2 El suelo.....	13
2.2.1 Características Biológicas	13
2.3 Actividad biológica del suelo.....	13
2.3.1 Diversidad biológica	14
2.3.2 Evaluación de actividad biológica de suelo.....	15
2.4 Efectos de la actividad biológica del suelo en los cultivos	16
2.5 Factores incidentes en la actividad biológica del suelo.....	17
2.6 Actividad biológica del suelo y fertilización nitrogenada.....	17
3. MATERIALES Y METODOS	19
3.1 Ubicación del ensayo	19

3.2 Sitio experimentación.....	19
3.3 Duración del estudio.....	19
3.4 Caracterización del suelo	19
3.5 Tratamientos y diseño experimental	19
3.6 Parámetros de crecimiento	20
3.7 Evaluación parámetros químicos de suelo	20
3.8 Evaluación parámetros biológicos de suelo	21
3.9 Análisis estadístico.....	21
4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	22
4.1 Parámetros de crecimiento	22
4.2 Actividad biológica del suelo.....	23
5. CONCLUSIONES	26
6. RESUMEN.....	27
7. SUMMARY	28
8. LITERATURA CITADA.....	29
9. ANEXOS.....	34

1. INTRODUCCIÓN

El manejo de la fertilización de los cultivos posee un efecto que no solamente se vincula con el crecimiento, estado nutricional y productividad de las plantas, sino que también incide directamente en distintos factores relacionados con la calidad del suelo. La calidad biológica del suelo y los procesos ecológicos que en este se desarrollan corresponden a factores altamente relacionados a la fertilización y dentro de esta el tipo de fertilización utilizada (Altieri, 1999). Diversos estudios indicarían que dentro de la fertilización, el tipo de fertilizantes nitrogenados utilizados poseería una alta incidencia en la actividad biológica del suelo, siendo este un factor relevante en la ecología edáfica (Altieri y Koohafkan, 2010).

En la siguiente investigación se evaluará el efecto de dos tipos de fertilización nitrogenada (orgánica y convencional) en el crecimiento de las plantas de arándano alto, como asimismo sobre la actividad biológica del suelo, determinada a través de la evaluación de actividades enzimáticas.

1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del uso de fertilización nitrogenada convencional y fuentes de fertilización orgánica en la actividad biológica del suelo y parámetros de crecimiento en arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.)

1.2 Objetivos específicos

Determinar el efecto del uso de fertilización nitrogenada orgánica y convencional en la actividad biológica del suelo, a través de la medición de actividades enzimáticas.

Determinar el efecto del uso de fuentes de fertilización nitrogenada orgánica y convencional en el crecimiento de las plantas de arándano alto cv Legacy.

1.3 Hipótesis

1.- La utilización de diferentes fuentes de fertilización nitrogenada en arándano alto tienen un efecto significativamente distinto en el crecimiento de las plantas de arándano alto.

2.- El tipo de fertilización nitrogenada (orgánica, convencional) incide directamente en los niveles de actividad biológica del suelo, lo cual es posible de determinar en forma temprana por medio de la cuantificación de niveles enzimáticos específicos.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Arándano

2.1.1 Características generales

El arándano es un arbusto frutal que pertenece a la familia *Ericaceae*, género *Vaccinium*, constituido por más de 26 especies descritas, sin embargo, las especies de mayor importancia comercial son el arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.), arándano bajo (*Vaccinium angustifolium* Ait) y arándano ojo de conejo (*Vaccinium ashei*).

El arándano es una especie que puede alcanzar los 2,5 m de altura, sus hojas son simples y alternas. Algunas variedades tienen hojas perennes y otras caducas. Las hojas miden entre 1 a 8 cm de largo, su forma varía entre ovada a lanceolada y generalmente presenta abundante pilosidad en el envés. Anatómicamente las hojas tienen una epidermis con sólo una capa de células de empalizada, un parénquima esponjoso y estomas con densidades de 300 por mm². Las flores se producen en inflorescencias axilares, con sépalos cortos, pentalobados, y pétalos de color blanco o rosado. Las anteras están provistas de un poro terminal por el que el polen se libera cuando alcanza la madurez (Muñoz, 1988). El fruto es una baya casi esférica y su tamaño depende de la variedad pero varía entre 0,7 a 1,5 cm de diámetro y el color varía entre azul claro a negro. Puede poseer hasta 100 semillas en su interior que se encuentran al interior del endocarpio. Hay dos características del fruto que son importantes: La cicatriz que deja el pedúnculo al desprenderse del fruto, que debe ser lo más pequeña posible, y la firmeza, que está relacionada con el grosor de la epidermis (Muñoz, 1988). El sistema radicular es superficial, fibroso, de poca extensión y carente de pelos radicales, lo que limita la absorción de nutrientes a las raíces jóvenes de la planta. Las raíces tienen un diámetro de hasta 75 micrones y generalmente una corrida de células epidermales (Muñoz, 1988).

2.1.2 Requerimientos edafoclimáticos y niveles nutricionales

El arándano se adapta bien a suelos ácidos, con mucha aireación, buen drenaje y abundante materia orgánica. Es recomendable aplicar *mulch* en el hoyo de plantación para conservar un nivel de humedad adecuado (Buzeta, 1997). Sin embargo, no se debe exagerar al momento de acidificar el suelo ya que un exceso de acidez impide el crecimiento normal de las plantas (Patten *et al.*, 1989; Brix *et al.*, 2002).

No tolera los suelos pesados ya que como carece de pelos radicales, las raíces son fibrosas y muy delgadas. Es necesario usar *mulch* y/o abundante materia orgánica en la hilera a fin de mantener la humedad y aireación para un adecuado desarrollo y funcionamiento de las raíces. En cuanto al riego, es más importante la frecuencia que el tiempo de riego (Valenzuela, 1988).

El arándano tiene un requerimiento de frío invernal entre 650-850 horas frío (bajo 7°C) aunque depende de la variedad. Las variedades tradicionales no producen satisfactoriamente con menos de 400 horas de frío (Valenzuela, 1988). El cultivo es altamente tolerante al frío invernal, soportando temperaturas de hasta -30°C. Sin embargo, es sensible a las heladas primaverales que pueden producir daños considerables en las yemas o, lo que se incrementan si hay deficiencias nutricionales (Valenzuela, 1988).

2.1.3 Requerimientos edáficos y niveles nutricionales

El arándano es una especie que no necesita gran cantidad de nutrientes. Sin embargo, es muy sensible a la salinidad y a la saturación de aluminio. El pH adecuado está entre 4,5-5,0, siendo el ideal 4,5 (Hancock, 1995).

Las recomendaciones de fertilización se hacen en base a análisis de suelo y foliares, sin embargo, en plantaciones ya establecidas el análisis foliar es más útil que el de suelo. Los análisis de suelo sólo se hacen cada 2 o tres años para ver si hay cambios considerables en el pH del suelo y en nutrientes como fósforo, potasio, calcio o magnesio. Para hacer análisis foliares se deben tomar hojas de ramas del año de forma aleatoria en el huerto.

A continuación en el siguiente cuadro (Hanson y Hancock, 1996), presentan los niveles foliares de nutrientes que se consideran como deficientes, normales y en exceso.

Cuadro 1. Niveles foliares de macro y micro elementos en análisis foliares en arándano.

Nutriente	Deficiente	Normal	Exceso
Nitrógeno (%)	<1,70	1,70 - 2,10	>2,30
Fósforo (%)	<0,08	0,08 – 0,40	>0,60
Potasio (%)	<0,35	0,40 – 0,65	>0,90
Calcio (%)	<0,13	0,30 – 0,80	>1,00
Magnesio (%)	<0,10	0,15 – 0,30	nd
Azufre (%)	nd	0,12 – 0,20	nd
Boro (ppm)	<18	0,30 – 0,70	>200
Cobre (ppm)	<5	5 - 20	nd
Hierro (ppm)	<60	60 - 200	>400
Manganeso (ppm)	<25	50 - 350	>450
Zinc (ppm)	<8	8 - 30	>80

nd: no determinado

2.1.4 Manejo nutricional

La dosis de nutrientes a aplicar en un huerto de arándanos es bastante variable, dependiendo del tipo de suelo, rendimiento, edad del huerto y pluviometría, sin embargo, se presentan algunas dosis de referencia en el cuadro 2.

Normalmente se acostumbra a aplicar las dosis de nutrientes por Kg de fruta producida como se ve en el cuadro a continuación:

Cuadro 2. Requerimiento de nutrientes de acuerdo al rendimiento en arándano alto.

Rendimiento (Kg/ha)	Gramos de nutrientes por Kg de fruta producida		
	N	P₂O₅	K₂O
112	48	10	48
1.125	485	104	485
6.750	2.912	625	2.912
13.500	5.824	1.251	5.824

Fuente: Spectrum Analytic Inc. 2012.

En el nitrógeno es frecuente aplicar dosis según la edad de la planta, (Thomas y Bucien, 2012) recomienda la aplicación de las dosis señaladas en el cuadro número 3.

Cuadro 3. Dosis de nitrógeno recomendados según edad de plantación.

Año	Nitrógeno (Kg/ha)
1	5,40
2	23,40
3	42,50
4	50,38
5	53,60
6	62,70
7	65,90
8	77,30

El fósforo y el potasio, con frecuencia, se aplican de acuerdo al análisis foliar, a continuación en los cuadros 4 y 5 se presentan algunas dosis de referencia de fósforo y potasio para diferentes contenidos foliares.

Cuadro 4. Fertilización fosfórica basada en análisis foliares

P Olsen (ppm)	Fósforo foliar (%)	Dosis de fósforo a aplicar (Kg/ha)
17,75	<0,07	45- 67
18,46- 35,50	0,08- 0,10	0- 45
>35,50	>0,10	0

Fuente: Spectrum Analytic Inc. 2012

Cuadro 5. Fertilización potásica basada en análisis foliares

Muestra de suelo K (ppm)	Potasio en los tejidos (%)	Dosis a aplicar de K₂O (Kg/ha)
0-100	<0,20	85- 112
101- 150	0,21 -0,40	0- 85
>150	>0,40	0

Fuente: Spectrum Analytic Inc. 2012.

En el caso del boro también a través del análisis foliar es posible determinar el estatus en que se encuentra este nutriente. A manera de referencia se presenta en el cuadro 6 algunos niveles de boro foliar y su respectivo estatus nutricional.

Cuadro 6. Suficiencia de boro en los análisis foliares

Boro foliar (ppm)	Status
<20	Deficiente
31- 80	Normal
>150	Exceso

Fuente: Spectrum Analytic Inc. 2012.

2.1.5 Estilos de producción del arándano

El arándano, en general, se puede considerar que es cultivado bajo dos estilos de producción uno es el sistema convencional y el otro el de agricultura orgánica o ecológica. A continuación se describen ambos sistemas productivos.

Sistema convencional:

El sistema convencional es un tipo de agricultura intensiva, desarrollada generalmente como monocultivo, utilizada en la mayoría de los casos por el abastecimiento de los bienes primarios que vienen transformados a nivel industrial. En esta tipología de agricultura se usan avanzados sistemas de mecanización, en la fase del cultivo y de la distribución.

En los últimos años, la agricultura convencional se ha propuesto como objetivos el aumento de las utilidades y reducción de mano de obra, apuntando para la realización de estos objetivos el aumento del rendimiento por unidad de superficie y la mecanización. Para ello se utilizan variedades genéticamente mejoradas para obtener altos rendimientos unidas a un paquete tecnológico que consta de maquinaria agrícola, herbicidas para el control de malezas y pesticidas para el control de plagas y enfermedades de los cultivos (Lampkin, 2001).

En la agricultura convencional se usan fertilizantes químicos como abonos y enmiendas. Entre los principales se encuentran los fosfóricos, potásicos, nitrogenados, los que pueden ser usados tanto directamente en el suelo como vía foliar en dilución con agua. Los

fertilizantes nitrogenados, que sirven para el desarrollo vegetativo de la planta, pueden contener nitrógeno bajo la forma nítrica o amoniacal.

Se utilizan además, pesticidas, productos químicos utilizados para combatir los organismos considerados dañinos para los cultivos.

Sistema orgánico:

La agricultura orgánica es un sistema de producción que evita o excluye la utilización de fertilizantes sintéticos, pesticidas, reguladores de crecimiento y aditivos para la alimentación del ganado. Los sistemas de agricultura orgánica se basan en el mantenimiento de la productividad del suelo, aporte de nutrientes a las plantas y el control de insectos y malas hierbas en la rotación de cultivos, residuos de cultivos, abonos animales, leguminosas, abonos verdes, utilización de residuos orgánicos producidos fuera de la finca y control biológico de plagas (Lampkin, 2001).

La producción orgánica es un sistema global de gestión del predio agrícola y de producción agroalimentaria basado sobre la interacción entre las mejores prácticas ambientales, un alto nivel de biodiversidad, la salvaguardia de los recursos naturales, la aplicación de criterios rigurosos en materias de bienestar animal y una producción acorde a las preferencias de los consumidores que buscan productos obtenidos a través de sustancias y procesos naturales. El método biológico explica por lo tanto una doble función social, proveyendo por un lado un mercado específico que responde a las demandas de productos orgánicos y por otro, dando bienes públicos que contribuyen a la tutela del ambiente, al bienestar animal y al desarrollo rural (Comisión Europea, 2007).

De acuerdo con la FAO, agricultura orgánica es un sistema de producción holístico el cual promueve y mejora la salud del agroecosistema, incluyendo biodiversidad, ciclos biológicos y actividad biológica del suelo. Este enfatiza prácticas de manejo que usan elementos del mismo predio, tomando en cuenta las condiciones regionales que requieren sistemas adaptados localmente. Esto es acompañado por usar, cuando sea posible, métodos culturales, biológicos y mecánicos, oponiéndose a agroquímicos para mejorar alguna función específica del sistema.

El término agricultura orgánica describe sistemas alternativos de producción agrícola, ya que es un sistema que sigue la lógica de un organismo en el cual todos los elementos (suelo, plantas, animales, insectos, agricultor, etc.) están unidos íntimamente, y cada uno tiene un efecto sobre los demás elementos (Céspedes, 2005).

La agricultura orgánica no emplea pesticidas para combatir los parásitos que atacan los cultivos, pero sí el uso de preparados vegetales, minerales y animales; son además prohibidos los OGM (organismos genéticamente modificados) y se usa la técnica de rotación de cultivos, que permite evitar cultivar sobre el mismo terreno el mismo cultivo por varias estaciones consecutivas, de explotar con menor intensidad las sustancias nutritivas presentes en el suelo y además impedir a los parásitos de especializarse. En la filosofía y en la práctica de la agricultura orgánica está la técnica de plantación de árboles para crear barreras naturales contra los agentes contaminantes externos.

Desventajas de la agricultura orgánica:

- La imposibilidad de usar herbicidas químicos hace necesario un mayor número de labores mecánicas con el uso de máquinas cuyos motores emiten sustancias contaminantes.
- Se señala que se necesitan mayores superficies para obtener la misma cantidad de producto, se reduciría la producción mundial de alimento, con un grave daño para los países más pobres. Esta objeción es contrastada por defensores de lo orgánico que confirman que si la agricultura orgánica sustituyese la tradicional en los países más desarrollados la producción agrícola disminuiría en un 10%, pero en los países en vía de desarrollo la agricultura orgánica haría aumentar la productividad de los terrenos.

Muchos ponen énfasis en el sobrepeso de los productos orgánicos por sobre el de los productos convencionales que ya son altos, considerando los costos de distribución y transporte. A esto la agricultura orgánica propone un retorno a la estacionalidad de los productos, que consentiría a los agricultores de vender sus propios productos en espacios rurales situados a poca distancia de los puntos de producción, dando al mercado productos más frescos, con menor impacto y con

precios inferiores entre un 15-20% por el hecho de que se eliminan los costos de transporte (Céspedes, 2005).

2.1.6 Fertilización convencional

La fertilización de los arándanos no es como los demás frutales ya que los mecanismos de absorción, transporte y asimilación de nutrientes es diferente a los demás frutales (Yadong *et al.*, 2009). Sus requerimientos de nitrógeno, fósforo y potasio son relativamente bajos. Se prefiere el aporte de nitrógeno en la forma de amonio por sobre nitrato, y en el caso del potasio se prefiere la forma de sulfato de potasio por sobre cloruro de potasio dado a que el arándano es una planta sensible a la salinidad. La fertilización convencional de arándanos se hace a través de fertilizantes altamente solubles entre los cuales los más utilizados son: el sulfato de amonio y la urea.

2.1.7 Fertilización orgánica

Para que un sistema ecológico funcione hace falta entender todos los aspectos del ciclado de nutrientes, y comprender el efecto a largo plazo de las labores y rotaciones. El objetivo de la fertilización orgánica no es una sustitución de insumos, sino, es alimentar el sistema edáfico y utilizar al máximo los recursos naturales existentes en el predio.

El manejo de la fertilidad del suelo es un aspecto fundamental a considerar en un sistema de producción orgánica. A diferencia de la producción convencional, este no intenta suplir los requerimientos de nutrientes del cultivo con fertilizantes solubles, sino que pretende construir fertilidad y mantenerla en el largo plazo, porque la aplicación de fertilizantes altamente solubles reduce la actividad de los microorganismos del suelo. Por lo tanto, es necesario buscar otras alternativas que, además de reponer los nutrientes utilizados por los cultivos, permitan mejorar las características físicas y la actividad biológica en el suelo. La base del manejo de la fertilidad del suelo en sistemas orgánicos consiste en incorporar importantes cantidades de materia orgánica, mediante la aplicación de materiales de origen animal o vegetal, que en lo posible deben ser residuos del sistema productivo y que permitan mejorar las características del suelo, al mismo tiempo que suprimir problemas sanitarios y reciclar los residuos del suelo (Lampkin, 2001).

En sistemas orgánicos de producción de arándanos, altos niveles de materia orgánica en el suelo son importantes no sólo por su contribución a mejorar las características físicas y químicas del mismo, sino también porque son el ambiente adecuado para la simbiosis de hongos micorrícicos que ayudan a las raíces de las plantas en la absorción de agua y nutrientes (Yang, 2002). Los abonos verdes juegan un rol importante en el reciclaje de nutrientes dentro del sistema del suelo, se usa además guano de animales (Kuepper y Diver, 2004).

Una vez que el huerto se ha establecido, la fertilización nitrogenada es la más importante, seguida por el potasio. Las dosis recomendadas dependen de los resultados obtenidos en los análisis foliares. En el cuadro 7 se presentan diferentes fuentes orgánicas de fertilizantes con sus respectivos contenidos de nutrientes.

Cuadro 7. Porcentaje de nutrientes en diferentes fertilizantes orgánicos.

Fuente	% Nitrógeno	% Fósforo	% Potasio	Disponibilidad relativa de nutrientes
Alfalfa	3,0	1,0	2,0	Media- lenta
Harina de sangre	8,0- 14,0	1,0- 1,5	0,6- 0,8	Media- rápida
Harina de semilla de algodón	7,0	2,5	1,5	Lenta- media
Harina de plumas	11,0- 15,0	0	0	Lenta
Harina de pescado	10,0	4,0	0	Lenta
Harina de soya	7,0	1,6	2,3	Lenta
Compost	Variable	Variable	Variable	10% de nitrógeno/año aprox.

Fuente: Blueberries: Organic Production G.L. (Kuepper y Diver, 2004).

2.2 El suelo

2.2.1 Características Biológicas

El suelo contiene gran cantidad de organismos diferentes que varían tanto en tamaño como en función. La gran mayoría de los organismos del suelo funcionan como consumidores y descomponedores. Los nutrientes obtenidos de esta forma se convierten en compuestos más complejos de lo que eran inicialmente y por eso se les considera consumidores (Lampkin, 2001).

La flora del suelo mejora la estructura y porosidad, agregando materia orgánica al suelo a través de los residuos de raíces. Las raíces penetran en el suelo aumentando su porosidad y circulación de aire y agua en este. La rizósfera es una zona de contacto muy delgada entre la raíz y el suelo, es la zona más activa biológicamente en el suelo. Esta contiene células desprendidas de la raíz y sustancias secretadas por las células radicales (azúcares, ácidos orgánicos) que sirven de alimento para los organismos.

Los procesos de transformación que la materia orgánica puede sufrir en el suelo son mineralización y humificación. La mineralización es la transformación de materia orgánica en nutrientes minerales por la microflora edáfica. La humificación es el proceso que conduce a la formación del humus, este es un compuesto coloidal amorfo, heterogéneo y complejo de color oscuro. El humus es benéfico para el suelo porque mejora la estructura, hace que sea menos compacto cuando hay un exceso de arcillas y más compactos cuando los suelos son arenosos. Las sustancias húmicas son componentes de la fracción coloidal del suelo, estas son hidrófilas y con sus cargas negativas se unen a los cationes intercambiables. El agua y el aire ocupan los poros que forman una extensa red que permite el movimiento de agua en el suelo (Marchetti, 1998).

2.3 Actividad biológica del suelo

Las características microbiológicas de un suelo están influenciadas por la naturaleza intrínseca del mismo, y por condiciones ambientales tales como la temperatura y humedad

que influyen fuertemente la respiración edáfica (Gupta y Singh, 1981), produciéndose así variaciones estacionales en la biomasa microbiana (Ross *et al.* 1981). Además, el tipo de cobertura vegetal, el agregado de rastrojos, y el tipo de fertilización, afectan en la intensidad de la actividad biológica y la magnitud de la población de microorganismos del suelo (Ayanaba *et al.*, 1976; Jenkinson y Powlson, 1976; Lynch y Panting, 1980 y Rizzalli *et al.*, 1984).

La actividad biológica del suelo es controlada por muchos factores en el suelo. La cantidad y calidad de materia orgánica en el suelo, específicamente contenido de nitrógeno, es el mayor limitante para la actividad de organismos en el suelo. Otros factores benéficos son mantener adecuados niveles de oxígeno, temperatura, pH y humedad entre 50-60% (Brady y Weil, 2002). Los microorganismos mejoran la estructura del suelo ya que físicamente envuelven las partículas y las pegan con secreciones de compuestos orgánicos, principalmente azúcares.

Según Zagal y Córdova, 2002; la actividad microbiana del suelo constituye una medida de importancia ecológica, por una parte representa el nivel de la actividad biológica del componente lábil de la materia orgánica del suelo y por otra, integra los factores del medio ambiente y su influencia sobre los ciclos biogeoquímicos.

2.3.1 Diversidad biológica

El suelo es un ecosistema complejo, en el cual las comunidades microbianas tienen un gran impacto (Bossio y Scow, 1998), y la mantención de la productividad de los suelos bajo condiciones de manejo es muy importante. Con el fin de mantener y estimular el crecimiento de las plantas, los fertilizantes inorgánicos como el bicarbonato de amonio son usados regularmente. Adicionalmente, para mantener las plantas saludables, se usan herbicidas, pesticidas y bactericidas. Se han publicado estudios sobre el impacto de fertilizantes inorgánicos en la actividad y diversidad de comunidades de microorganismos. La polución generada por los fertilizantes químicos genera un incremento en la biomasa del suelo, pero una disminución en la biodiversidad genética (Yang *et al.*, 2000).

El incremento en la diversidad de microorganismos en el suelo y la actividad biológica de este lo beneficia, produciendo reducción de los inóculos de enfermedades por medio de

competencia, antibiosis, etc. (Baker y Cook, 1974; Kundu y Nandi, 1985; Céspedes *et al.*, 2006).

A pesar del renovado interés en la microbiología de suelo, no se ha entendido plenamente qué factores llevan a la diversidad en suelos o cómo, teniendo el conocimiento, se puede manipular la diversidad microbiana para un mejor manejo o aumentar la productividad agrícola. Estudios previos han mostrado que cambios estacionales y de manejo influyen en el tamaño, dinámica y, por lo tanto, la habilidad de la biomasa microbiana para suministrar nutrientes (Brookes *et al.*, 1985; O'Donnell *et al.*, 1994; Wu y Wang, 2000; He *et al.*, 1996; Wu *et al.*, 2000).

2.3.2 Evaluación de actividad biológica de suelo

La actividad biológica del suelo se puede determinar a través de la actividad enzimática del mismo.

Hay reacciones catalizadas por enzimas que dependen de variables como pH, temperatura, tipo de enmienda, técnicas de cultivo y propiedades edáficas (Burns, 1978; Skujins, 1976).

La actividad enzimática indica el estado de un suelo, ya que da información sobre la actividad microbiológica y características físico-químicas (Baum *et al.*, 2003). Las pruebas enzimáticas nos dan información sobre la actividad total de una muestra de suelo que se debe a la acción de microorganismos y enzimas estabilizadas en el mismo. El estado metabólico global de un suelo no puede ser medido por la actividad de una sola enzima, porque cada actividad enzimática refleja la especificidad del sustrato y sólo da información sobre dicho proceso metabólico. Lo que se hace es medir la actividad de varias enzimas y así obtener un parámetro de la actividad biológica del suelo en general. (Gil-Sotres *et al.*, 1992).

La determinación de la actividad enzimática del suelo se basa en la velocidad de desaparición del sustrato o de formación del producto. La incorporación de materia orgánica influye en las actividades enzimáticas del suelo ya que ellos pueden contener enzimas intra y extracelulares además de acelerar la actividad biológica del suelo (Goyal *et al.*, 1993). Sin embargo, no siempre la incorporación de materia orgánica incrementa la

actividad biológica. La determinación de actividades enzimáticas específicas como fosfatasas, hidrolasas, sulfatasas, etc. o de otros parámetros como la respiración y la biomasa microbiana son al parecer las mejores aproximaciones para valorar el estado de la actividad biológica del suelo (Perucci, 1992). La actividad biológica total del suelo se puede medir a través del análisis de la hidrólisis de la fluoresceína diacetato (FDA) el cual da información general sobre la biota del suelo.

El análisis de la hidrólisis de la FDA es una medida global de la actividad microbiana que cuantifica la biomasa activa, ya que la que está en fase estacionaria no genera fluoresceína. Este método, además de ser rápido y sensible, tiene como ventaja adicional el de poder ser usada en un amplio rango de suelos (Adam y Duncan, 2001; Alvear *et al.*, 2007).

2.4 Efectos de la actividad biológica del suelo en los cultivos

Los cultivos se pueden beneficiar considerablemente de un ecosistema edáfico equilibrado, pero también necesitan unas características mecánicas específicas en el suelo, para afianzarse, y desarrollar raíces profundas que absorban nutrientes y un adecuado suministro de oxígeno y agua. Por tanto los cultivos dependen enormemente de las características físicas y de la estructura de suelo en que crecen (Lampkin, 2001).

El manejo agronómico influye en la actividad de organismos en el suelo. La labranza generalmente acelera la actividad de bacterias y protozoos ya que incrementa la aireación y pica los residuos en partículas más pequeñas que son fácilmente degradables por los microorganismos (Vigil y Sparks, 2003).

Además de la labranza, las aplicaciones de fertilizantes también pueden influir en la población y actividad de organismos del suelo. La actividad biológica en suelos con baja fertilidad o materia orgánica aumentará al agregar fertilizantes, particularmente aquellos que contienen nitrógeno. Las poblaciones se estabilizarán a medida que el nitrógeno es consumido. Además, algunos fertilizantes como el nitrato de amonio, pueden dañar a los microorganismos del suelo temporalmente en el lugar de aplicación.

Sin embargo, poco se sabe sobre cómo los distintos factores influyen sobre los microorganismos del suelo y si los cambios que ocurren impactan significativamente en los

procesos del suelo. Dado la importancia de los microorganismos en la mantención de la fertilidad y productividad de los suelos, el efecto de los fertilizantes en la biota del suelo tiene potencialmente implicaciones importantes para la agricultura sustentable (Stewart, 1991).

2.5 Factores incidentes en la actividad biológica del suelo

La actividad biológica del suelo está estrechamente relacionada con las propiedades físicas del mismo, por ejemplo las perturbaciones y movimiento de masas de suelo debido a labores culturales tienen una influencia sobre la fauna del suelo, que se distribuye a diversas profundidades. La destrucción de la estructura del suelo, por ejemplo por fenómenos de compactación puede reducir o impedir el aporte de oxígeno para los organismos aeróbicos, favoreciendo a los anaeróbicos.

Las enmiendas orgánicas sin presencia de pesticidas incrementan la diversidad de microorganismos y la actividad biológica del suelo (Zhu y Miller, 2003; Van Bruggen y Semenov, 2000).

Numerosos estudios han comparado la estructura del suelo, microbiología y química en sistemas agrícolas convencionales y orgánicos. La materia orgánica del suelo, contenido de polisacáridos y biomasa microbiana se ha encontrado generalmente más altas en predios orgánicos comparados con predios convencionales (Doran *et al.*, 1988; Lockeretz *et al.*, 1981; Reganold *et al.*, 1987).

2.6 Actividad biológica del suelo y fertilización nitrogenada

La aplicación de fertilizantes nitrogenados aumenta significativamente la población de bacterias oxidantes de amonio en el suelo, y los fertilizantes nitrogenados minerales tienen un impacto mayor en la población que la aplicación de guano. Por otro lado, las bacterias oxidantes de amonio fueron más activas metabólicamente en suelos fertilizados orgánicamente que en los que tenían fertilizantes nitrogenados minerales. Los resultados muestran que las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados en el largo plazo pueden producir cambios en la población de bacterias oxidantes de amonio, así como en las funciones de nitrificación en suelos arables (Chu *et al.*, 2008).

Las diferencias en actividad microbiana evaluadas a través de la respiración del suelo o mineralización del nitrógeno fueron incluso mayores que las diferencias en la biomasa microbiana entre un predio de bajo suministro de insumos y uno convencional (Hassink *et al.*, 1991).

Según Haiyan *et al.* (2008), la aplicación de fertilizantes nitrogenados incrementan la población de bacterias oxidantes de amonio en el suelo, y los fertilizantes nitrogenados minerales tienen un impacto mayor en la población microbiana que los fertilizantes de origen orgánico. Además el tipo de fertilización nitrogenada influye en la población de bacterias oxidantes de amonio y en las funciones de nitrificación en los suelos.

La hidrólisis de la FDA proporciona una herramienta sensible a los cambios producidos en el suelo, la que puede ser utilizada en estudios de la actividad microbiana, calidad del suelo y en investigaciones de bioecosistemas (Green *et al.*, 2006).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en la Estación Experimental Maquehue, propiedad de la Universidad de La Frontera, ubicada a 12 kilómetros al suroeste de la ciudad de Temuco, Región de la Araucanía, situada en las coordenadas a 38° 50´S y 72° 41´O con una altitud promedio de 80 msnm.

3.2 Sitio experimentación

Huerto de arándanos bajo manejo orgánico, distancia de plantación de 3 metros entre hilera y 0,6 metros sobre la hilera, cultivar Legacy, segundo año de producción.

3.3 Duración del estudio

La aplicación de los fertilizantes se inició el 1 de noviembre de 2011, fecha en la cual se inició el experimento; realizándose mediciones durante el verano una vez al mes. La etapa experimental terminó el 10 de abril de 2012.

3.4 Caracterización del suelo

El suelo en estudio es de transición perteneciente a la serie Freire, con una profundidad promedio de 60 cm y un 13% de materia orgánica. La estructura del suelo es de bloques subangulares (Tosso, 1985).

3.5 Tratamientos y diseño experimental

Fueron evaluadas 20 unidades experimentales de 5x4 metros que incluían 20 plantas de arándano c/u. Tres tratamientos y un testigo fueron asignados a las unidades experimentales bajo un diseño de bloques al azar (figura 1). Los tratamientos evaluados corresponden a fertilizantes nitrogenados aplicados con una dosis de 70 unidades de nitrógeno. T₁ es harina de sangre (8% N); T₂ es harina de lupino (4% N) y T₃ el fertilizante más utilizado en huertos convencionales; urea (46% N). El testigo (T₀) corresponde a un testigo absoluto, sin N. Cabe destacar que todos los tratamientos recibieron una aplicación de enmienda biológica (compost 0,5% N) a una dosis de 400 g por planta incluyendo al testigo.

○ : Unidad de muestreo

○ T ₂ ○	○ T ₁ ○	○ T ₀ ○	○ T ₃ ○
○ T ₂ ○	○ T ₃ ○	○ T ₁ ○	○ T ₀ ○
○ T ₃ ○	○ T ₂ ○	○ T ₀ ○	○ T ₁ ○
○ T ₃ ○	○ T ₂ ○	○ T ₁ ○	○ T ₀ ○
○ T ₃ ○	○ T ₂ ○	○ T ₁ ○	○ T ₀ ○

Figura 1. Distribución de los tratamientos.

3.6 Parámetros de crecimiento

Los parámetros de crecimiento a evaluar fueron:

- Diámetro de tallos principales
- Altura de plantas
- Número de brotes basales
- Diámetro de brotes basales
- Longitud de brotes basales

Estas mediciones se hicieron 3 veces, excepto la de diámetro de tallos principales en la que también se hizo una medición al inicio del experimento.

Además, se hizo un análisis foliar en las plantas medidas tomando una muestra compuesta el 12 de marzo de 2012. Las muestras fueron 5 hojas maduras obtenidas del tercio superior de cada planta.

3.7 Evaluación parámetros químicos de suelo

Al inicio y final del periodo de evaluación se realizó un análisis químico del suelo en los diferentes tratamientos.

3.8 Evaluación parámetros biológicos de suelo

La actividad biológica del suelo se midió a través de la hidrólisis de la FDA; esta se determinó de acuerdo al método descrito por Schnürer & Roswall, (1982), en el que se agregan 1,5 g de suelo en una solución tampón de fosfato sódico a 60 mM en presencia de FDA. Para cada suelo se hizo un blanco, que es una muestra de suelo sin sustrato mezclando 1,5 g de suelo y 10 ml de la solución tampón. Se incuban las muestras y los blancos a 25°C durante 60 minutos. Una vez cumplido el tiempo de incubación se añaden 10 ml de acetona a todos los tubos, para detener la reacción. Después, se filtra y mide en el espectrofotómetro a 490 nm. Los resultados se expresan como μg de fluoresceína g s^{-1} . Este método permite cuantificar la biota viva total en el suelo.

3.9 Análisis estadístico

El análisis estadístico se hizo con el software JMP 8 usando un $P < 0,05$; se realizó un ANOVA y test de Tukey para evaluar la significancia de los resultados.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Parámetros de crecimiento

A continuación se presentan los resultados del efecto de los diferentes tratamientos sobre los siguientes parámetros evaluados: diámetro de tallos principales; altura de plantas; número de brotes basales; diámetro de brotes basales y longitud de brotes basales.

Cuadro 8. Efecto de los diferentes tratamientos en los parámetros de crecimiento.

Diámetro de tallos principales (mm)	Días posteriores a fertilización	Diámetro de tallos principales (mm)			
		Testigo	Harina de lupino	Harina de sangre	Urea
Diámetro de tallos principales (mm)	60	4,4 ± 0,5	5,0 ± 1,0	5,4 ± 1,5	5,4 ± 0,9
	90	6,0 ± 1,0	6,8 ± 0,8	6,2 ± 1,3	7,4 ± 0,5
	120	7,4 ± 0,9	7,4 ± 1,1	7,4 ± 0,9	7,6 ± 0,5
	150	8,8 ± 0,8	8,0 ± 1,0	8,8 ± 1,5	9,2 ± 1,3
Altura de plantas (cm)	90	59,4 ± 7,0	60,8 ± 5,0	61,6 ± 7,0	62,1 ± 6,0
	120	64,3 ± 10,0	65,5 ± 7,0	66,1 ± 8,0	68,8 ± 9,0
	150	66,6 ± 12,0	66,4 ± 8,0	67,6 ± 9,0	69,3 ± 8,0
Número de brotes basales	90	6,1 ± 2,9	3,4 ± 2,3	5,2 ± 2,6	7,7 ± 3,6
	120	7,2 ± 3,6	4,5 ± 3,1	7,5 ± 2,9	8,7 ± 3,1
	150	8,6 ± 4,6	5,4 ± 2,7	8,0 ± 2,8	10,8 ± 5,0
Diámetro de brotes basales (mm)	90	2,7 ± 1,1	2,8 ± 0,4	2,3 ± 0,6	3,0 ± 0,6
	120	3,3 ± 1,5	3,3 ± 1,1	2,7 ± 0,9	3,3 ± 1,0
	150	4,3 ± 1,2	3,4 ± 0,8	3,6 ± 1,1	4,2 ± 0,9
Longitud de brotes basales (cm)	90	40,5 ± 20,4	32,6 ± 8,7	33,1 ± 12,8	42,4 ± 12,2
	120	49,0 ± 15,9	43,3 ± 10,1	45,3 ± 14,6	50,1 ± 16,5
	150	56,4 ± 17,5	43,8 ± 9,6	52,4 ± 14,1	51,7 ± 14,2

En los resultados que se presentan en el cuadro 8 no se encontraron diferencias significativas, producto del efecto de los diferentes tratamientos sobre los parámetros

evaluados. Estos resultados coinciden con los descritos por Montalba *et al.*, (2010), en que evaluó el crecimiento en plantas de arándanos fertilizadas convencional y orgánicamente. Resultados similares son descritos por Rodríguez (2008). Estos resultados no significativos, al parecer están relacionados con el corto período de evaluación de este experimento, es esperable que en períodos más prolongados de evaluación (2 o 3 temporadas) estas diferencias sean significativas.

4.2 Actividad biológica del suelo

La actividad biológica del suelo se midió a través del análisis de fluoresceína diacetato (FDA), la cual es una medida global de la actividad microbiana que cuantifica la biomasa activa. En la figura 2 se presentan los resultados de la hidrólisis de la FDA en los diferentes tratamientos.

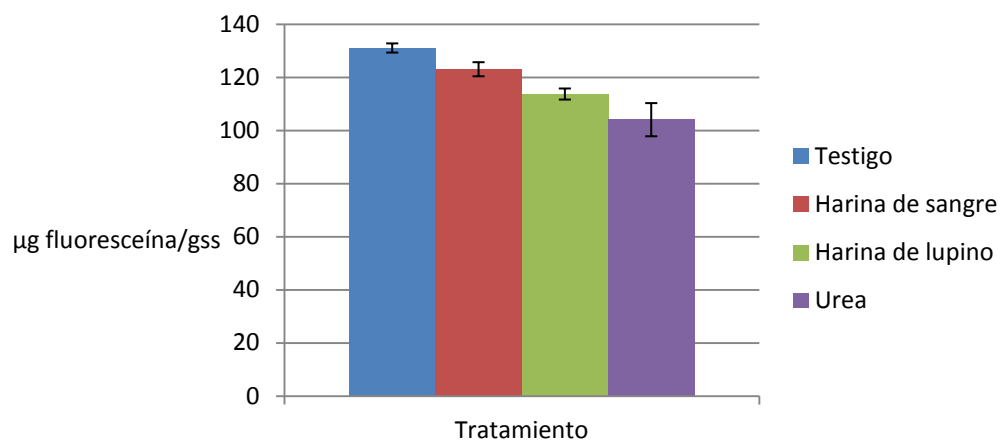


Figura 2. Hidrólisis de la FDA con los distintos tipos de fertilización.

Como se puede observar, la actividad de la hidrólisis de la FDA muestra una clara tendencia entre los tratamientos evaluados, registrándose la menor actividad biológica en el tratamiento que se fertiliza con urea. Lo anterior puede estar relacionado con lo que señala O'Donnell *et al.*, (1994) y Scagel (2005) quienes sostienen que el uso de fertilizantes altamente solubles generan altos niveles de concentración de nitrógeno en el suelo lo cual es detrimental para los microorganismos y hongos micorrícicos del suelo. Montalba *et al.*,

(2010) encontraron resultados similares al anterior usando como fertilizante convencional sulfato de amonio y como fertilizante orgánico una mezcla de compost, harina de sangre y harina de lupino. Rodríguez, (2008) también reporta mayor actividad biológica en arándanos con fertilización orgánica, respecto a convencional. La fertilización con harina de sangre y la harina de lupino muestran valores similares pero significativamente inferiores al testigo. Llama la atención que el primero corresponde al tratamiento que presenta altos niveles de actividad biológica, sin embargo, esta puede ser explicada por el hecho de que el sitio de experimentación corresponde a un huerto orgánico en el cual se ha aplicado compost en las últimas 2 temporadas. Estos resultados son concordantes con Zhu y Miller, (2003); Van Bruggen y Semenov, (2000), quienes dicen que las enmiendas orgánicas incrementan la diversidad de microorganismos y la actividad biológica del suelo.

Según Shiel y Rimmer, (1988); Khonje *et al.*, (1989); Macrae *et al.*, (1999); la aplicación de fertilizantes sintéticos puede provocar una acidificación en el suelo, limitando el crecimiento y desarrollo de microorganismos en este, lo cual concuerda con lo encontrado en esta investigación, ya que, tal como se puede apreciar en el cuadro 10, el pH de los suelos al final del estudio coinciden con los valores de actividad biológica en el suelo. Así, por ejemplo, el tratamiento en el cual la fuente de fertilización fue urea, presentó los menores niveles de pH y actividad biológica y, por el contrario, en el testigo se encontró los mayores valores de pH y actividad biológica, cabe señalar sin embargo, que los fertilizantes orgánicos también tienen un efecto, aunque menor en estos parámetros.

Yang *et al.*, (2000) señalan que el uso de fertilizantes químicos altamente solubles producen un incremento de la biomasa en el suelo, pero una disminución en la biodiversidad genética.

Esto coincide con lo investigado por Gagnon *et al.*, (2003), en el que se observó que la aplicación de lodo de papel molido en suelos arenosos incrementa la actividad enzimática del suelo y el rendimiento de las plantas de arándano.

Cuadro 9. Análisis químico de suelo tomado al final del estudio. En el tratamiento con urea el pH es inferior a los otros tratamientos corroborando su efecto acidificante en el suelo.

Muestra/Potrero	Testigo	Harina de sangre	Harina de lupino	Urea
N (mg/kg)	26	31	28	32
P (mg/kg)	14	15	15	14
K (mg/kg)	164	188	211	176
pH (en agua)	5,75	5,42	5,71	5,17
Materia orgánica (%)	13	14	13	15
K (cmol+/kg)	0,42	0,48	0,54	0,45
Na (cmol+/kg)	0,22	0,35	0,21	0,14
Ca (cmol+/kg)	5,90	5,01	6,40	4,57
Mg (cmol+/kg)	1,39	0,77	1,43	0,50
Al (cmol+/kg)	0,03	0,15	0,04	0,19
% Saturación de Al	0,38	2,22	0,46	3,25
CICE (cmol+/kg)	7,96	6,76	8,62	5,85
Suma de bases (cmol+/kg)	7,93	6,61	8,58	5,66

5. CONCLUSIONES

Durante el periodo de experimentación, no se encontraron efectos estadísticamente significativos de las distintas fuentes de fertilización nitrogenada en los parámetros de crecimiento evaluados, ni en el estado nutricional de las plantas. No obstante a lo anterior, no se puede concluir con certeza que las fuentes de fertilización no tengan un efecto en estos parámetros, ya que es posible que esta falta de efecto sea porque el periodo de experimentación no fue lo suficientemente extenso para permitir la expresión de los efectos en las plantas. En este sentido se considera adecuada la realización de un segundo año de evaluación.

Las distintas fuentes de fertilización evaluadas, así como también el testigo, presentan diferencias estadísticamente significativas de actividad biológica de suelo. A su vez, los valores de actividad biológica (medidos por medio del análisis de fluoresceína diacetato) presentaron una relación inversa a los niveles de solubilidad de los distintos fertilizantes, así como a los niveles de pH del suelo al final del estudio. En vista de las diferencias se puede concluir que las fuentes de fertilización nitrogenada provocan diferencias en la actividad biológica del suelo, y que estos efectos son posibles de detectar en forma temprana por medio del análisis de la hidrólisis de FDA.

6. RESUMEN

Con el fin de determinar el efecto de diferentes fuentes de fertilización nitrogenada sobre la actividad biológica del suelo y parámetros de crecimiento en arándano alto (*Vaccinium corymbosum* L.) se realizó un ensayo en el cual se aplicaron tres fuentes nitrogenadas, dos de ellas orgánicas y una convencional. Las fuentes de fertilización orgánica fueron harina de lupino y harina de sangre y la fertilización convencional fue urea, además se adicionó un testigo sin fertilización. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y cinco repeticiones. Para evaluar el efecto sobre la actividad biológica se usó el análisis de hidrólisis de la FDA, y para evaluar el efecto sobre el crecimiento se midieron los siguientes parámetros: diámetro de tallos principales, altura de planta, número de brotes basales, diámetro de brotes basales y largo de brotes basales. Los resultados obtenidos muestran un significativo efecto de las diferentes fuentes nitrogenadas sobre la biología del suelo, registrándose la actividad biológica más baja cuando se aplicó urea y la más alta en el testigo, observándose valores intermedios y similares en las dos fuentes de fertilización orgánica (harina de lupino y harina de sangre). El efecto de los tratamientos sobre el crecimiento de las plantas no fue significativo. En los análisis químicos de suelo se observó una tendencia a la acidificación y al aumento de la saturación de aluminio en el que se aplicó urea y harina de sangre. En los análisis foliares se observan tendencias similares a los de suelo, en que se observa una tendencia a la disminución de nutrientes de reacción básica en tratamientos acidificantes.

7. SUMMARY

To determine the effect of different sources of nitrogen fertilizer on soil biological activity and growth parameters in high blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) an assay was performed in which we applied three nitrogen sources, two organic and a conventional one. The organic fertilizer sources were legume flour and blood meal; and the conventional was urea. A control was added without fertilization. The experimental design was randomized blocks with four treatments and five repetitions. To evaluate the effect on biological activity analysis was used fluorescein diacetate (FDA), and to evaluate the effect on growth was measured the following parameters: diameter of main stems, plant height, number of basal buds, diameter of basal buds and basal buds length. The results show a significant effect of different nitrogen sources on soil biology, registering the lowest biological activity when applied urea and highest in the control, showing similar intermediate values in the two sources of organic fertilization (flour legume and blood meal). The effect of treatments on plant growth was not significant. In the soil chemical analysis showed a tendency to acidification and increased saturation of aluminum in the urea and blood meal treatments. In foliar analysis similar trends are observed on soil, in which there is a trend to reduced basic reaction nutrients in acidifying treatments.

8. LITERATURA CITADA

- Adam, G. y Duncan, H.** 2001. Development of sensitive and rapid method for the measurement of total microbial activity using fluorescein diacetate (FDA) in range of soils. *Soil Biology and Biochemistry* 33: 943-951.
- Altieri, M.** 1999. *Agroecología Bases científicas para una agricultura sustentable*. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. Uruguay. 295p.
- Altieri, M., y Koohafkan, P.** 2010. Globally important agricultural heritage systems: a legacy for the future. UN-FAO, Roma.
- Alvear, M., Reyes, F., Morales, A., Arriagada, C y Reyes, M.** 2007. Actividad biológica y agregados estables al agua en dos tipos de formaciones vegetales de un bosque templado del centro – sur de Chile con perturbación antrópica. *Ecología Austral* 17: 113-122.
- Ayanaba, A., Tuckwell, S. B. y Jenkinson.** 1976. The effects of clearing and cropping on the organic reserves and biomass of tropical forest soils. *Soil Biology Biochemistry*, 8: 519 – 525.
- Baker y Cook,** 1974. *Biological Control of Plant Pathogens*. Cambridge University Press. Cambridge. UK. 433p.
- Baum C., Linweber P., y Schlichting A.** 2003. Effects of chemical conditions in rewetted peats temporal variation in microbial biomass and acid phosphatase activity within the growing season. *Applied Soil Ecology*. 22(2): 167- 174.
- Bossio, D. A., y Scow, K. M.** 1998. Impacts of carbon and flooding on soil microbial communities: Phospholipid fatty acids profiles and substrate utilization patterns. *Microbial Ecology*. *Microbial Ecology*. 35: 265- 278.
- Brady, N. C. y Weil R. R.** 2002. *The nature and properties of soils*. Pearson Education Inc., 13 ed. New Jersey. USA. 638- 668.
- Brix, H., Dyhr-Jensen, K., y Lorenzen, B.** 2002. Root-zone acidity and nitrogen source affects *Typha latifolia* L.
- Brookes P. C., Kragt J. F., Powlson D. S. y Jenkinson D. S.** 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil Biology and Biochemistry*. 17: 837- 842.
- Burns, R. G.** 1978. *Soil enzymes*. Academic Press, London. 51-96.
- Buzeta, A.,** 1997. *Chile: Berries para el 2000*. Fundación Chile. Santiago. Chile. 96- 112.

- Céspedes, M., Stone, A., y Dick, R.** 2006. Organic soil amendments: Impacts on snap bean common root rot (*Aphanomyces euteiches*) and soil quality. *Applied Soil Ecology* 31: 199-210.
- Céspedes M. C.** 2005. *Agricultura Orgánica Principios y prácticas de producción*. Chillán. Chile. 10-13.
- Chu H, Lin X, Fujii T, Morimoto S, Yagi K, Hu J, y Zhang J.** 2008. Soil microbial biomass, dehydrogenase activity, bacterial community structure in response to long term fertilizer management. *Soil Biol Biochem* 39:2971–2976. doi: 10.1016/j.soilbio.2007. 05.031
- Comisión Europea,** 2007. Reglamento (CE) N. 834/2007 del Consejo del 28 de junio de 2007 relativo a la producción agrícola y al etiquetado de los productos orgánicos y que anula el reglamento (CEE) n. 2092/91, Consejo Europeo, Bruselas.
- Doran, J.W., Mielke, L.N., y Stamatiadis, S.,** 1988. Microbial activity and N cycling as regulated by soil water-filled pore space. Tillage and traffic in crop production. *Proc. 11th Int. Soil Tillage Res. Organization*, Vol. 1. 11±15 July 1988, Edinburgh, Scotland, pp. 49±54
- Gagnon B., Simard R., Lalande R., y Lafond J.** 2003. Improvement of soil properties and fruit yield of native lowbush blueberry by papermill sludge addition. *Soil Science*. 83, 1-9.
- Gil-Sotres, F., Trasar-Cepeda, M., Ciardi, C., Ceccanti, B., y Leirós, M.,** 1992. Biochemical characterization of biological activity in very young mine mine soils. *Biology and Fertility of Soils* 13, 25-30
- Goyal, S., Mishra, M.M., Hooda, I.S., y Singh, R.,** 1993. Organic matter microbial biomass relationships in field experiments under tropical conditions: effects of inorganic fertilization and organic amendments. *Soil Biol. Biochem.* 24, 1081–1084.
- Green, V., Stott, D. y Diack, M.** 2006. Assay for fluorescein diacetate hydrolytic activity: Optimization for soil samples. *Soil Biology and Biochemistry*. 38: 693-701.
- Gupta S. R. y Singh J. S.** 1981. Soil respiration in a tropical grassland. *Soil Biology Biochemistry*.13: 261-268.
- Hancock J.** 1995. Blueberries, cranberries, etc., *Vaccinium* (Ericaceae), in *evolution of Crop plants*, edited by J. Smartt and N. W. Simmonds. London. UK.121-123.
- Hanson E. y Hancock J.,** 1996. Highbush blueberry nutrition. Ext. Bulletin E-2011. Michigan State University.
- Hassink J, Voshaar J. H, Nijhus E. H. and van Veen J. A.** 1991 Dynamics of microbial populations of a reclaimed-plodder soil under a conventional and a reduced-input farming system. *Soil Biol. Biochem.* 23,515-524.

- Haiyan, R., J. Shulan, N.U.D. Ahmad, W. Dao, and C. Chengwu.** 2008. Degradation characteristics and metabolic pathway of 17- α ethynylestradiol by *Sphingobacterium* sp. JCR5. *Chemosphere*, 66: 310-316.
- He C, Finlayson SA, Drew MC, Jordan WR, Morgan PW.** 1996. Ethylene biosynthesis during aerenchyma formation in roots of maize subjected to mechanical impedance and hypoxia. *Plant Physiol* 112:1679–1685.
- Jenkinson, D. S. y Powlson,** 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil V. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology Biochemistry*. 8: 209 – 215.
- Khonje, D.J., E.C. Varsa y B. Klubek,** 1989. The acidulation effects of nitrogenous fertilizers on selected chemical and microbiological properties of soil. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 20: 1377-1395.
- Kuepper G. L., y Diver S.** 2004. *Organic Blueberry Production. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas (ATTRA)*. Fayetteville. Arkansas. USA. 13 p.
- Kundu P. y Nandi. B.** 1985. Control of *Rhizoctonia* disease of cauliflower by competitive inhibition of the pathogen using organic amendments in soil. *Plant and Soil*. 83 (3). 357-362.
- Lampkin N.** 2001. *Agricultura Ecológica. Ediciones Mundi- Prensa*. 13-29 p.
- Lockeretz, W. Shearer,G. y Kohl, D. H.** 1981. Organic farming in the Corn Belt. *Science* ,211, 450-547.
- Lynch J. M., y Panting L. M.** 1980. Cultivation and the soil biomass. *Soil Biology Biochemistry*. 12: 29 – 33.
- Macrae, M.L., Redding, T.E., Creed, I.F., Bell, W.R., and Devito, K.J.** 1999. Soil, surface water and ground water phosphorus relationships in a partially harvested Boreal Plain aspen catchment. *Forestry Ecology. Management* 206: 315–329.
- Marchetti, S.** 1997. “The flat dilatometer: Design applications.” *Proc., 3rd Geotechnical Engineering Conf., Keynote lecture, Cairo Univ., Egypt*, 421–448.
- Montalba R., Arriagada C., Alvear M., y Zuñiga G.** 2010. Effects of conventional and organic nitrogen fertilizers on soil microbial activity, mycorrhizal colonization, leaf antioxidant content, and *Fusarium* wilt in highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Scientia Horticulturae*. 125: 775-778.
- Muñoz C, W. Lobos, A. Lavin, and J. Valenzuela.** 1988. The potential for blueberry growing in Chile. *Acta Horticulturae*. 241: 31-37.

- O'Donnell A.G, Goodfellow M., y Hawksworth D.L.**, 1994. Theoretical practical aspects of the quantification of biodiversity among microorganism. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*. UK. 345 no. 1311. 65-73.
- Patten K., Nimr G., y Neuendorff E.** 1989. Fertilization method and liming rate effects on peach tree growth and soil pH. *Acta Horticulturae* 254, 323-327.
- Perucci, P.** 1992. Enzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. *Biology and Fertility of soils*. 14: 54-60.
- Reganold, J.P., L.F. Elliott, and Y.L. Unger.** 1987. Long-term effects of organic and conventional farming on soil erosion. *Nature* 330, 6146:370-372.
- Rizzalli R. H., Navarro C. A., y Echeverría H. E.** 1984. Efecto del manejo y estación del año sobre la capacidad de mineralización y biomasa total en un Argiudol típico del sudeste Bonaerense. *Ciencia del suelo*, 2: 61 – 67.
- Rodríguez, R.** 2008. Efecto de la fertilización nitrogenada en la incidencia de *Fusarium sp.* En arándano alto (*Vaccinium corymbosum*): Una comparación entre manejo orgánico y convencional. *Ingeniero Agrónomo*. Universidad de la Frontera. Temuco. Chile. 4-8.
- Ross D. J., Tate K. R. Cairns A. y Pausier E. A.** 1981. Microbial biomass estimation in soils from tussock grassland by the three biochemical procedures. *Soil Biology Biochemistry*. 12: 375 – 585.
- Scagel, C.F., Yang, W.Q.** 2005. Cultural variation and mycorrhizal status of blueberry plants in NW Oregon commercial production fields. *J. Fruit Sci.* 5:85–111.
- Schnürer J., y Rosswall, T.** 1982. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. *Applied and Environmental Microbiology*. 43: 1256-61.
- Shiel R. S. and Rimmer D. L.** 1988 Changes in soil structure and biological activity on some meadow hay plots at Cockle Park, Northumberland. *Plant Soil* 76, 349–356.
- Spectrum Analytic Inc.** 2012.
- Stewart W.D.P.** 1991. The importance to sustainable agriculture of biodiversity among invertebrates and microorganisms. *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: Its role in sustainable agriculture*. Ed. DL Hawksworth Redwood Press, Melksham, UK. 3-6.
- Skujins, J.** 1976. Enzymes in soil. In: Mc Laren A. D., Peterson, G.H. (Eds.). *Soil Biochemistry*, Marcel Dekker, Inc. *Critical Reviews in Microbiology*. New York, USA. 4: 383-421.

- Thomas, E., y Bucien, T.** 2012. Production Guide for Organic Blueberries. Cornell University Cooperative Extension. New York State Department of Agriculture & Markets.
- Tosso J.** 1985. Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago. Chile. 723 p.
- Valenzuela B.,** 1988. Requerimientos agroclimáticos de las especies de arándanos. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Seminario: El cultivo del arándano. Estación Experimental Carillanca. Temuco. Chile. 15-23.
- Van Bruggen, A. H. C. y Semenov, A.M.** 2000. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Applied Soil Ecology*. 13-24.
- Vigil, M.F. y D. Sparks.** 2003. Conservation Tillage Fact Sheet. Central Great Plains Research Station, Akron, CO.
- Wu D.X. y Wang G.X.** 2000. Interaction of CO₂ enrichment and drought on growth water use and yield of broad bean (*Vicia faba*). *Environmental and Experimental Botany*. 43: 131-139.
- Yadong, L., Shuang, D., Hanping y G. Xiuwu.** 2009. Effects of nitrogen, phosphorous and potassium on growth, fruit production and leaf physiology in blueberry. *Acta Horticulturae*. 810: 759-764.
- Yang,W. Q.** 2002. Oregon blueberry industry survey-cultural practices. Proceedings of the Oregon Horticultural Society. Portland, Oregon. USA. 93:113-115.
- Yang Y.H., Yao J., Hu S, y Qi Y.** 2000. Effects of agricultural chemicals on DNA sequence diversity of soil microbial community: a study with RAPD marker. *Microbial Ecology*. 39(1): 72-79.
- Zagal E. y Córdova C.** 2002. Indicadores de calidad de la materia orgánica del suelo en un andisol cultivado. *Agricultura Técnica*. 65 (1): 186 – 197.
- Zhu, Y. y Miller, R. M.** 2003. Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems. *Trends in Plant Science*. 8(9):407-409.

9. ANEXOS

Anexo 1 : Diámetro tallos plantas

ANOVA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Tratamiento	2	2	11,84	0,1565	0,8569
Fecha medición	2	2	101,2	0,0897	0,9143
Total	4	4	101,2	0,1371	0,9682

Test de Tukey

Nivel		Mínimos cuadrados medios
2	A	6,9485788
1	A	6,8017740
0	A	6,6738429

Nivel		Mínimos cuadrados medios
1	A	6,8944083
3	A	6,8162634
2	A	6,7135239

Nivel		Mínimos cuadrados medios
2,1	A	7,1959945
2,3	A	7,0054283
1,3	A	6,9074045
1,1	A	6,7671045
0,2	A	6,7654453
1,2	A	6,7308130
0,1	A	6,7201260
2,2	A	6,6443135
0,3	A	6,5359575

Anexo 2 : Altura planta

ANOVA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Tratamiento	3	3	16	0,2824	0,8373
Fecha medición	2	2	92	9,6402	0,0002
Total	6	6	92	0,0788	0,9981

Test de Tukey

Nivel		Mínimos cuadrados medios
3	A	66,733333
2	A	65,100000
1	A	64,233333
0	A	63,433333

Nivel		Mínimos cuadrados medios
3	A	67,475000
2	A	66,175000
1	B	60,975000

Nivel		Mínimos cuadrados medios
3,3	A	69,300000
3,2	A	68,800000
2,3	A	67,600000
0,3	A	66,600000
1,3	A	66,400000
2,2	A	66,100000
1,2	A	65,500000
0,2	A	64,300000
3,1	A	62,100000
2,1	A	61,600000
1,1	A	60,800000
0,1	A	59,400000

Anexo 3 : Número de brotes basales

ANOVA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Tratamiento	3	3	16	3,3951	0,0438
Fecha medición	2	2	92	8,5207	0,0004
Total	6	6	92	0,2263	0,9673

Test de Tukey

Nivel		Mínimos cuadrados medios
3	A	9,0666667
0	A B	7,3000000
2	A B	6,9000000
1	B	4,4333333

Nivel		Mínimos cuadrados medios
3	A	8,2000000
2	A B	6,9750000
1	B	5,6000000

Nivel		Mínimos cuadrados medios
3,3	A	10,800000
3,2	A B	8,700000
0,3	A B	8,600000
2,3	A B	8,000000
3,1	A B	7,700000
2,2	A B	7,500000
0,2	A B	7,200000
0,1	A B	6,100000
1,3	A B	5,400000
2,1	A B	5,200000
1,2	B	4,500000
1,1	B	3,400000

Anexo 4 : Diámetro brotes basales

ANOVA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Tratamiento	3	3	16	1,3778	0,2855
Fecha medición	2	2	92	15,0918	<,0001
Total	6	6	92	0,6590	0,6828

Test de Tukey

Nivel		Mínimos cuadrados medios
3	A	3,5000000
0	A	3,4333333
1	A	3,1666667
2	A	2,8666667

Nivel		Mínimos cuadrados medios
3	A	3,8750000
2	B	3,1500000
1	B	2,7000000

Nivel		Mínimos cuadrados medios
0,3	A	4,3000000
3,3	A B	4,2000000
2,3	A B C	3,6000000
1,3	A B C	3,4000000
1,2	A B C	3,3000000
0,2	A B C	3,3000000
3,2	A B C	3,3000000
3,1	A B C	3,0000000
1,1	A B C	2,8000000
2,2	A B C	2,7000000

0,1	B C	2,7000000
2,1	C	2,3000000

Anexo 5 : Longitud de brotes basales

ANOVA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Tratamiento	3	3	16	1,0534	0,3962
Fecha medición	2	2	92	13,0937	<,0001
Total	6	6	92	0,4033	0,8751

Test de Tukey

Nivel	Mínimos cuadrados medios	
0	A	48,633333
3	A	48,066667
2	A	43,600000
1	A	39,900000

Nivel	Mínimos cuadrados medios	
3	A	51,075000
2	A	46,925000
1	B	37,150000

Nivel	Mínimos cuadrados medios	
0,3	A B	56,400000
2,3	A	52,400000
3,3	A B	51,700000
3,2	A B	50,100000
0,2	A B	49,000000
2,2	A B	45,300000
1,3	A B	43,800000
1,2	A B	43,300000
3,1	A B	42,400000
0,1	A B	40,500000

2,1	B	33,100000
1,1	A B	32,600000

Anexo 6 : Análisis FDA

ANOVA

	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
Tratamiento	3	3	8	30,6562	<,0001

Test de Tukey

Nivel		Mínimos cuadrados medios
0	A	131,00000
2	A B	123,00000
1	B	113,66667
3	C	104,00000

Anexo 7 :

Análisis de suelo.

Nutriente	
N (mg/kg)	28
P(mg/kg)	15
K (mg/kg)	164
pH (en agua)	5,67
Materia Orgánica (%)	13
K (cmol+/kg)	0,42
Na (cmol+/kg)	0,12
Ca (cmol+/kg)	5,13
Mg (cmol+/kg)	0,64
Al (cmol+/kg)	0,09
Saturación de Al (%)	1,41
CICE (cmol+/kg)	6,4
Suma de bases (cmol+/kg)	6,31

Anexo 8. Cuadro que muestra la pluviometría y la temperatura en el periodo en que se realizó el experimento.

Año	Mes	Pluviometría (mm)		Temperatura (°C)	
		2011 2012	– Histórica últimos 48 años	2011 – 2012	Histórica últimos 48 años
2011	Enero	40,4	38,6	15,5	16,0
	Febrero	49,4	39,9	15,8	16,0
	Marzo	62,3	51,1	13,1	14,1
	Abril	121,2	97,8	10,7	11,3
	Mayo	122,6	204,8	8,6	9,3
	Junio	194,7	240,6	8,6	7,4
	Julio	133,7	198,2	7,4	6,9
	Agosto	197,3	166,5	8,8	7,7
	Septiembre	123,9	103,6	11,1	9,0
	Octubre	45,4	96,8	12,2	10,9
	Noviembre	58,5	65,0	14,6	12,8
	Diciembre	6,5	57,7	17,2	14,8
2012	Enero	19,7	38,6	18,7	16,0
	Febrero	76,6	39,9	16,1	16,0
	Marzo	32,9	51,1	14,2	14,1
	Abril	40,2	97,8	10,0	11,3

Fuente: Boletín de riesgos Agroclimáticos Región de la Araucanía. Inia Carillanca Mayo 2012.

Anexo 9. Análisis foliar.

	Testigo	Harina de sangre	Harina de lupino	Urea
N (%)	1,50	1,59	1,59	1,58
P (%)	0,06	0,07	0,07	0,07
K (%)	0,39	0,47	0,41	0,47
Ca (%)	0,45	0,51	0,51	0,47
Mg (%)	0,11	0,11	0,11	0,10
Na (ppm)	15	15	13	13
Al (ppm)	61	70	68	72