

**MARÍA ROMERO PINTO
Y COLABORADORES**

PRODUCCIÓN ECOLÓGICA CERTIFICADA DE HORTALIZAS DE CLIMA FRÍO



Universidad de Bogotá
JORGE TADEO LOZANO



CENTRO DE INVESTIGACIONES
Y ASESORÍAS AGROINDUSTRIALES

PRODUCCIÓN ECOLÓGICA CERTIFICADA DE HORTALIZAS DE CLIMA FRÍO

**Cuadernos del Centro de Investigaciones
y Asesorías Agroindustriales – CIAA**

**Fundación Universidad de Bogotá
Jorge Tadeo Lozano**



Universidad de Bogotá
JORGE TADEO LOZANO



CENTRO DE INVESTIGACIONES
Y ASESORÍAS AGROINDUSTRIALES

Producción ecológica certificada de hortalizas de clima frío - Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 2003.

192 p.: il., tabs.; 24 cm. - (Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales)

ISBN 958 - 9029 - 52 - 3

I. HORTICULTURA. 2. HORTALIZAS - ENFERMEDADES Y PLAGAS.
3. AGRICULTURA BIOLÓGICA. I. Tit. II. Ser.

CDD-635'P964

Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Carrera 4 N°. 22-61, Bogotá, Colombia
PBX: (571) 242-7030 www.utadeo.edu.co

Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA

A.A. 140196, Chía, Cundinamarca, Colombia
www.utadeo.edu.co/ciaa e-mail: ciaa@utadeo.edu.co

Rector: Jaime Pinzón López
Director CIAA: Manuel García Valderrama
Director editorial: Alfonso Velasco Rojas

Producción ecológica certificada de hortalizas de clima frío

ISBN: 958 - 9029 - 52 - 3

Primera edición: julio de 2003

Edición al cuidado de: María Romero Pinto

© Autores: María Romero Pinto, Andrea Ramírez Vega, Sandra Patricia Pulido,
Harold Ubaque, Luz Stella Fuentes, Sandra Gómez,
Jaime Mejía Caicedo, Rebecca Lee, José Ricardo Cure,
Hernando Méndez, Jorge Herrera, Hugo Escobar, Gizelle Prieto

© Fundación Universidad de Bogotá
Jorge Tadeo Lozano

*Las opiniones y conceptos expresados en los diferentes artículos son
responsabilidad de sus autores.*

*Prohibida la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier
medio, sin autorización expresa del editor.*

Coordinación editorial: Henry Colmenares M.

Corrección de textos: Taller de Edición, Luis Rocca Lynn

Concepto gráfico e ilustraciones: Taller de Edición, Juan Pablo Rocca Barrenechea

Fotografías: CIAA, Productores ECOSECHA®

Coordinación administrativa: Henry Colmenares M.

Distribución: CIAA

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	9
PRIMERA PARTE	11
CREACIÓN DE UN SISTEMA ASOCIATIVO PARA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA CERTIFICADA DE HORTALIZAS Y FRUTAS DE CLIMA FRÍO María Romero Pinto	13
SEGUNDA PARTE	
EL SUELO	21
INTRODUCCIÓN	23
EL SUELO: COMPONENTE PRINCIPAL EN LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA Andrea Ramírez Vega	25
EL COMPOSTAJE: UNA ESTRATEGIA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS María Romero Pinto	33
LA LOMBRIZ DE TIERRA: UNA ESTRATEGIA PARA ENRIQUECER LA FASE ORGÁNICA DEL SUELO María Romero Pinto	39
TERCERA PARTE	
SEMILLEROS Y PLÁNTULAS	51
INTRODUCCIÓN	53

PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

Sandra Patricia Pulido

55

CUARTA PARTE

CONTROL FITOSANITARIO Y BIODIVERSIDAD

61

INTRODUCCIÓN

PLAGAS Y ENFERMEDADES

63

BIOLOGÍA Y DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES EN HORTALIZAS

Harold Ubaque

65

BIOLOGÍA Y MANEJO DE PLAGAS EN HORTALIZAS

Luz Stella Fuentes y Sandra Gómez

79

INTRODUCCIÓN A LA ALELOPATÍA: USO DE LOS PRODUCTOS BOTÁNICOS

Jaime Mejía Caicedo

89

REGIONALIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA: EL DISEÑO DE CERCAS VIVAS

Rebecca Lee y José Ricardo Cure

97

QUINTA PARTE

GUÍA DE PRODUCCIÓN PARA CULTIVOS ECOLÓGICOS

103

INTRODUCCIÓN

FICHAS TÉCNICAS

Jaime Mejía Caicedo, Hernando Méndez, Jorge Herrera y Hugo Escobar

105

Acelga	107
Alcachofa	109
Arveja	112
Apio	117
Brócoli	120
Calabacín	123
Coliflor	128
Espinaca	132
Lechuga batavia	135

Lechuga crespa	138
Pepino invernadero	141
Puerro	147
Remolacha	150
Repollo	152
Tomate	156
Zanahoria chantenay	161

ÍNDICES DE COSECHA

Jaime Mejía Caicedo, Hernando Méndez y Gizelle Prieto	163
---	-----

ENSAYO DE VARIEDADES: HORTALIZAS PARA LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

Hernando Méndez y Jorge Herrera	167
---------------------------------	-----

GLOSARIO

181

AGRADECIMIENTOS

Esta publicación no hubiera sido posible sin el apoyo financiero de la Asociación Hortifrutícola de Colombia, ASOHOFRUCOL, y de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, para el desarrollo del Proyecto “Creación de un Sistema Asociativo para la Producción Ecológica Certificada de Frutas y Hortalizas de Clima Frío”.

Hacemos extensivo un especial reconocimiento a los Productores Ecológicos por el soporte en sus fincas.

Al personal técnico y científico del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA, por su respaldo a los productores vinculados al proyecto, así como a todas aquellas personas que en una u otra forma participaron en la investigación.

PRESENTACIÓN

El suelo como cuerpo natural organizado, está sujeto a diversos procesos naturales e inducidos por el hombre con resultados positivos para la conservación del recurso, y otros con saldos negativos por el deterioro al que se ve sometido.

La degradación de los recursos naturales, producida como consecuencia del uso indiscriminado de los fertilizantes químicos, la aplicación de productos fitosanitarios y el laboreo excesivo del suelo, entre otros, ha inducido al hombre a considerar nuevas alternativas de producción de alimentos. A la luz de esta necesidad se inicia en el ámbito mundial la agricultura ecológica, la cual se constituye en una alternativa para la producción de fibras y alimentos sanos, obtenidos de manera amigable con el medio ambiente.

La información contenida en este documento es el resultado de las experiencias técnicas e investigativas obtenidas por el Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA, de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano a través de la actividad desarrollada en el proyecto “Creación de un Sistema Asociativo para la Producción Ecológica Certificada de Frutas y Hortalizas de Clima Frío”, desarrollado con el auspicio de ASOHOFRUCOL.

El propósito de esta publicación es servir de guía para todas aquellas personas que deseen iniciar este sistema de producción, teniendo en cuenta, por supuesto, sus propias condiciones, necesidades y cultura productiva, de tal forma que implementen prácticas de manejo específicas y exitosas en cada una de las unidades productivas.

PRIMERA PARTE



CREACIÓN DE UN SISTEMA ASOCIATIVO PARA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA CERTIFICADA DE HORTALIZAS Y FRUTAS DE CLIMA FRÍO

María Romero Pinto*

GENERALIDADES

El suelo como cuerpo natural organizado sobre la superficie terrestre, y como sistema abierto, está sujeto a fuerzas y procesos naturales, además de los inducidos por el hombre, que alteran el modelo genético; unas veces con resultados positivos para la conservación del recurso y otros con saldos negativos por el deterioro al que éste es sometido.

El fenómeno que ha venido afectando –cada vez con mayor intensidad– a los suelos del mundo, y en particular a los de las zonas más desarrolladas, es el de la contaminación causada por diferentes actividades humanas. Una de estas acciones que tiene ocurrencia en el sector rural consiste en la aplicación de agroquímicos en la agricultura, práctica que genera un grave impacto en el agua, en el suelo, en la biota y en todos los componentes que hacen parte de la biosfera.

La degradación de los recursos naturales producida por el uso indiscriminado de fertilizantes químicos y de productos fitosanitarios, junto al

laboreo excesivo del suelo, ha llevado al hombre a considerar nuevas alternativas de producción de alimentos, en las que se le da especial prioridad al cuidado del medio ambiente. A la luz de esta reflexión comienza a desarrollarse en el mundo la producción ecológica, sobre la cual existen actualmente referentes internacionales y nacionales que legislan, promueven y apoyan el desarrollo de este sistema.

La agricultura ecológica es un sistema holístico de gestión de la producción que brinda y da importancia a la biodiversidad, a los ciclos biológicos y a la actividad de la biota del suelo.

En el ámbito mundial existen diferencias en algunos términos debido a razones lingüísticas; así por ejemplo, se consideran equivalentes los términos “ecológico”, “biológico” y “orgánico”. La Reglamentación Nacional Colombiana, señalada en la Resolución 0074/02, del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, denomina como “ecológicos” a aquellos productos agrícolas primarios o elaborados, sin el uso de insumos de síntesis química y con la utilización de aguas

* Bióloga, Agróloga. Coordinadora del Programa de Agricultura Sostenible del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA, de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

no contaminadas por residuos químicos y sin ningún contenido de metales pesados.

El Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA, de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, teniendo en cuenta la trayectoria lograda a través de la marca EURO-FRESH, y los conocimientos de algunos cultivadores ubicados en la zona centro de la sabana de Bogotá –productores de hortalizas ecológicas–, decidió reorientar estas experiencias y proponer el proyecto de investigación que a continuación se presenta.

DESARROLLO DEL SISTEMA ASOCIATIVO PARA PRODUCTORES ECOLÓGICOS

El grupo de productores vinculados a ECO-SECHA®, marca registrada que aglutinó a los productores ecológicos de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, privilegia el bienestar colectivo sobre el interés particular con el propósito de resolver sus problemas y buscar alternativas de desarrollo. Fueron diferentes las causas que determinaron impulsar el desarrollo de un sistema productivo ecológico –y por ende la oferta masiva de sus productos–, entre ellas se pueden mencionar las siguientes:

- Preocupación por producir alimentos sanos en la zona de influencia del altiplano cundiboyacense.
- Deseo de minimizar las consecuencias del impacto ambiental derivado del uso indiscriminado de agroquímicos.
- Interés entre los productores por iniciar o continuar la producción ecológica de hortalizas, no obstante las limitaciones existentes por falta de canales de comercialización, asistencia técnica, desarrollo de sistemas de producción confiables, altos costos para obtener la certificación de calidad y el aislamiento desde el punto de vista comercial en que se encontraban.
- Existencia de esfuerzos dispersos y de carácter casi personal en cuanto a investigación, producción, comercialización y extensión, situación que indujo a unir esfuerzos para lograr la consolidación de una oferta de productos agrícolas ecológicos y el desarrollo y adopción de tecnologías apropiadas.
- Demanda variable de productos ecológicos, debido en parte al desconocimiento de su oferta.
- Inexistencia de canales de comercialización formales que estimularan la producción ecológica.
- Exigencia por parte de los clientes intermediarios –como las grandes cadenas de supermercados–, de volúmenes de producción, frecuencia de entrega periódica, amplio portafolio de variedades, confiabilidad en el proveedor, calidad y certificación de los productos.
- Carencia de una cultura alimentaria apoyada en el consumo de productos ecológicos.

Los motivos mencionados condujeron a realizar la presente investigación que pretende crear un Sistema Asociativo para la Producción y Comercialización de Frutas y Hortalizas Ecológicas Certificadas de Clima Frío, con el objeto de incursionar en los mercados nacionales e internacionales.



ZONAS DE PRODUCCIÓN

El desarrollo del estudio se llevó a cabo en unidades productivas ubicadas en la zona central del país sobre la cordillera Oriental, en los municipios de Chía, Villapinzón, Cucunubá, Tausa, Bojacá, Cogua, Cajicá, Tabio, Tenjo, Tocancipá, Sopó, Guasca, Gachancipá, Machetá, Subachoque, Choachí, Fusagasugá, Fómeque y Silvania.

ORGANIZACIÓN PARA LA EJECUCIÓN

Para desarrollar los objetivos del proyecto, el Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, puso a disposición el talento humano, la infraestructura y los equipos de investigación para cultivos protegidos en el país.

El CIAA se creó en 1991 con la cooperación de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica, con el objeto de apoyar la horticultura colombiana implementando programas de investigación, capacitación y extensión, en las áreas de sistemas de producción intensiva, control del clima, manejo integrado de plagas y enfermedades, suelos y nutrición vegetal, agricultura sostenible, investigación participativa y técnicas de producción y comercialización.

En la actualidad, tres laboratorios apoyan estas iniciativas realizando el servicio de análisis en fitopatología, fertilidad de suelos, aguas y foliares, así como la disponibilidad de paquetes de control biológico.

ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN

Fundamentalmente, la metodología aplicada hace referencia a mecanismos de integración horizontal y vertical de los diversos componentes del Sistema Asociativo –productores–; el Programa de Agricultura Sostenible –Centro de

Investigaciones y Asesorías Agroindustriales de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano–; ASOHOFRUCOL; la certificadora, –Corporación Colombia Internacional–; la comercializadora y sus actividades: planificación, producción, investigación, transferencia, comercialización y capacitación.

Lo anterior permitió un encadenamiento de la producción con altos niveles de interdependencia y complementariedad, tanto en los aspectos de la cadena productiva como en procesos de desarrollo tecnológico y certificación de los productos, hechos que finalmente repercutieron positivamente en su estabilidad en el tiempo.

La metodología desarrollada para fortalecer el Grupo Asociativo comprendió los siguientes aspectos:

CONSOLIDACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS ASOCIATIVOS

Culturalmente, la mayoría de la población-objetivo, constituida por productores de Cundinamarca, no había desarrollado los elementos necesarios para lograr el funcionamiento estable y equitativo del sistema formal de producción y comercialización, que debe lograrse mediante la participación activa de los productores desde su vinculación al Grupo Asociativo.

Sin embargo, la creación del Sistema Asociativo convirtió esta dificultad en una fortaleza gracias al reconocimiento de la individualidad y su potencial humano, bases del respeto e igualdad entre los distintos actores del Sistema. Un componente importante en el desarrollo del programa fue la concertación en los procesos de capacitación, asesoría técnica y evaluación de pruebas de variedades.

Certificación de productos ecológicos

Es bien sabido que la calidad es una condición básica para el mercado, pues esta característica brinda nuevas opciones al producto en el ámbito nacional e internacional. El sistema de aseguramiento de la calidad desarrollado en el Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, previo cumplimiento de la normatividad establecida por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, permitió obtener mediante la Resolución 074 de abril 4 de 2002, la certificación ecológica expedida por la Corporación Colombia Internacional, CCI.

Cabe resaltar que la consolidación del Sistema Asociativo determinó objetivos muy claros, pues cada productor debió cumplir con la certificación del producto; si uno de ellos hace caso omiso de esta condición, perjudica a los demás miembros, lo cual puede ser causal de su posible exclusión del Grupo.

PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y LA COMERCIALIZACIÓN

La planificación de la producción permitió el balance adecuado entre la oferta del producto y su demanda. Una planificación adecuada evita que se produzcan traumas en el mercado tales como sobreoferta, desabastecimiento e inestabilidad de precios. Operativamente, la planificación establece cuotas de producción, que se asignan a los productores de acuerdo con la capacidad instalada y los requerimientos del mercado.

INCORPORACIÓN DE ELEMENTOS TÉCNICOS DE LA PRODUCCIÓN INTENSIVA MEDIANTE PROCESOS DE TRANSFERENCIA Y MEDICIÓN DE EFICIENCIA

Para asegurar niveles de productividad que permitieran el beneficio económico de los productores, se implementaron algunas técnicas de la producción convencional adaptadas a la producción ecológica: fertirrigación orgánica, monitoreo del estado de nutrientes en el suelo, en el agua y en las plantas, utilización de plántulas, alelopatía y productos botánicos, control biológico, lombricultura, compostaje, uniformidad del producto y valor agregado en la presentación física del producto, entre otros.

Para lograr que los productores adoptaran estos procedimientos, se recurrió a visitas técnicas a fincas con producción intensiva, talleres de demostración, medición técnica y económica de la gestión en las fincas de los productores, así como a la asesoría y capacitación en técnicas intensivas de producción.

INVESTIGACIÓN APLICADA Y TRANSFERENCIA PARTICIPATIVA DE TÉCNICAS DE PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

La generación y adquisición de conocimientos se realizó mediante procesos endógenos participativos; la metodología contempló concertar con los actores la definición de estrategias en aspectos relacionados con la capacitación, evaluación de pruebas de variedades, investigación local, parcelas demostrativas a nivel de finca y la evaluación participativa.

RESULTADOS

El Grupo Asociativo de Productores Ecológicos vinculado al proyecto, fue presentado por el Cen-

tro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales, CIAA, de la Universidad Jorge Tadeo Lozano, a la Corporación Colombia Internacional, CCI, en calidad de productores proveedores, con el propósito de obtener su respectiva certificación ecológica. Dicha solicitud –acompañada de la marca ECOSECHA®, que se halla posicionada en el mercado– fue evaluada y reconocida por el Comité de Certificación de la Corporación Colombia Internacional, en reunión celebrada en septiembre de 2000.

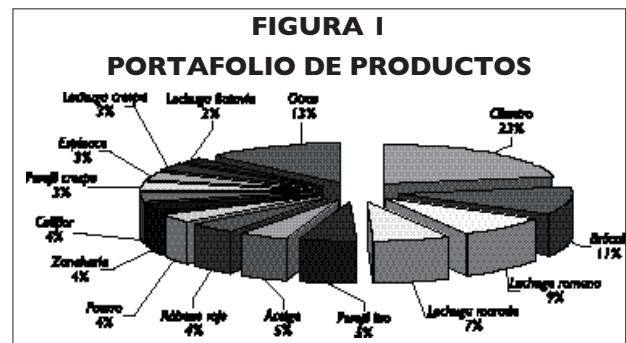
Para lograr la certificación ecológica de las fincas de los productores se efectuaron las siguientes actividades:

- Selección de los productores con perfil técnico y económico adecuado para realizar la producción ecológica.
- Establecimiento de un programa de acompañamiento técnico y de capacitación para los productores asociados al Sistema.
- Diseño de un modelo técnico-económico dinámico para el monitoreo del desempeño de cada unidad de producción agrícola.
- Realización de las actividades pertinentes para lograr la certificación ecológica de las fincas de los productores seleccionados.

Es de anotar que los quince productores con los cuales inició actividades el proyecto fueron seleccionados entre más de cuarenta solicitudes de ingreso, mediante evaluación que contemplaba entrevista personal, visita a la finca, análisis de suelos, evaluación de su experiencia en la producción y el grado de compenetración con los principios de la agricultura ecológica, entre otros.

Se vincularon veintiocho socios y se certificaron 109,6 hectáreas, donde se produjeron los productos que se aprecian en la Figura 1. El destino de

la producción se dirigió al mercado institucional y a las cadenas de almacenes de CADENALCO, Éxito y Carrefour. Los productos ecológicos que se distribuyeron de manera rápida y eficiente por la comercializadora de la Universidad, que en menos de setenta y dos horas aseguraba la recepción del pedido por el consumidor final.



Para dar cumplimiento al objetivo planteado en el estudio, se desarrollaron las siguientes actividades:

ASESORÍA TÉCNICA

Este aspecto es de vital importancia, razón por la cual se brindó asesoría técnica permanente a los productores, pues estos decidieron adoptar en sus fincas la aplicación de prácticas tales como el compostaje, el control biológico, la fertirrigación ecológica, la lombricultura, las siembras escalonadas, la utilización de plántulas, la alelopatía y uso de productos botánicos y el establecimiento de barreras o cercas vivas, entre otras técnicas. Durante el desarrollo del estudio se efectuaron 339 visitas de acompañamiento técnico.

INVESTIGACIÓN

Dentro de las tareas de capacitación con los productores, se implementó la realización de ensayos de variedades de hortalizas con el objeto de seleccionar las más adecuadas para la producción ecológica; estas pruebas se desarrollaron

tanto en las fincas de los participantes como en las instalaciones del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales. Se evaluaron:

- Espinaca: Marimba, Bolero, Polka y RS
- Lechuga crespa verde: Bergamo y Cireo
- Lechuga crespa morada: Atsina, Vaneza roxa y Dark red.
- Lechuga batavia: Winter haven, Lara y Robinson.

Cabe resaltar que la realización de las fichas técnicas sobre producción ecológica y los índices de cosecha contaron con la permanente participación de los productores.

CAPACITACIÓN

Otra de las actividades esenciales que permitió el crecimiento de esta organización fue la capacitación organizada y concertada, en donde se visualizó un trabajo de calidad total, enfocándose en todas las áreas, bajo un sistema de evaluación continuo que reflejó los puntos críticos y que permitió la corrección oportuna. Se estableció, de manera concertada, la realización de tres días de campo y la asistencia a veinte conferencias, tareas en las cuales se formaron 233 personas en los diversos aspectos relacionados con la producción ecológica.

FORTALEZAS DE LA INVESTIGACIÓN

El desarrollo de este estudio permitió establecer las siguientes fortalezas:

- Contar con el apoyo de la infraestructura técnico-científica del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales.
- Fortalecer el Grupo de Agricultura Sostenible del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

- Consolidar el primer Grupo Asociativo del País para la producción ecológica, certificada por la Corporación Colombia Internacional.
- Poseer una marca registrada y posicionada en el mercado: ECOSECHA®.
- Desarrollar un modelo productivo ecológico que permita su aplicación en otras regiones del país.
- Adelantar actividades de capacitación e investigación concertada.

EXPERIENCIAS

Sin embargo, se presentaron dificultades en el desarrollo del trabajo:

- Nivel de compromiso cambiante en el Grupo.
- Manejo inadecuado del producto en el punto de venta.
- Oferta en volumen inestable.
- Utilización de un empaque inadecuado.
- Falta de cultura en toda la cadena de comercialización.
- Costos de producción variables.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos permitieron:

- Organizar el primer Grupo Asociativo de Producción Ecológica Certificada, a través de la Corporación Colombia Internacional.
- Conformar un portafolio de veinticinco hortalizas ecológicas certificadas, para lo cual se creó la marca ECOSECHA®, con el fin de posicionar y diferenciar las hortalizas ecológicas de las convencionales.
- Adoptar diversas técnicas de producción de la agricultura convencional a la ecológica, atendiendo a las necesidades de cada unidad productiva.
- Brindar un amplio proceso de capacitación.
- Elaborar fichas técnicas e índices de cosecha para los productos ecológicos.
- Realizar múltiples pruebas de evaluación de variedades.

RECOMENDACIÓN

Las experiencias obtenidas por el Grupo Asociativo constituyen un ejemplo para un gran número de productores que deseen iniciar nuevos rumbos en la producción agrícola ecológica; sin embargo, debe tenerse presente que sería un error repetir al pie de la letra las experiencias vividas por el Grupo de Productores Ecológicos. Cada zona productiva y sus cultivadores cuentan con condiciones y características particulares; en consecuencia, estos grupos deben desarrollar

sus propias potencialidades y experiencias de acuerdo con sus condiciones específicas.

Igualmente, conviene recordar a los cultivadores de otras regiones que en lo posible deben buscar la forma para contar con asesoría, capacitación, investigación y orientación por parte de entidades experimentadas en el tema y que además de la parte técnica promuevan la participación y niveles de compromiso de las comunidades que deseen desarrollar este tipo de proyectos.

SEGUNDA PARTE

EL SUELO



INTRODUCCIÓN

El suelo es un componente biótico de los agroecosistemas y, por lo tanto, en él se desarrollan procesos fundamentales para el sostenimiento de la vida en el planeta. El hombre depende del suelo y de él derivan las fibras y alimentos y muchos de los bienes que son importantes para su bienestar.

En la actualidad la excesiva demanda de fertilizantes obliga a los agricultores a buscar sustitutos de alta calidad y ojalá de menores costos de producción. El reciclaje de los residuos orgánicos se constituye en una valiosa promesa para el sector agrícola, ya que su incorporación al suelo contribuye a enriquecer sus características químicas, físicas y biológicas.

A lo largo de la historia de la agricultura se ha comprobado la importancia del compost y de las

lombrices de tierra, ya que a través de ellos se reciclan grandes cantidades de desechos, obteniendo con ello fertilizantes, a bajo costo y en corto tiempo, lo que ayuda a la solución de diversos problemas de índole económica, ambiental y de calidad de producción.

Por esta razón, hoy por hoy, cobra mayor importancia la utilización de abonos orgánicos como una alternativa para mejorar la fertilidad de los suelos, pues su aplicación redundará en un mejor aprovechamiento de los residuos orgánicos.

Por los motivos anteriormente mencionados el capítulo que se presenta a continuación da a conocer la importancia del suelo como elemento fundamental del agroecosistema y la transformación de residuos orgánicos a través de compostaje y el papel de las lombrices de tierra, para el abonamiento de suelos agrícolas.

EL SUELO: COMPONENTE PRINCIPAL EN LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

Andrea Ramírez Vega*

INTRODUCCIÓN

Para ser exitoso en la producción ecológica y lograr el máximo beneficio social, económico y ambiental, es necesario que cada productor conozca los principios básicos de la agricultura sostenible.

Entender el funcionamiento del suelo y su papel vital en la producción, permite a los productores realizar el diagnóstico de las necesidades ecológicas del sistema, contando con las herramientas que le permitan seleccionar las prácticas agrícolas más convenientes para mantener la calidad y salud, tanto del suelo como de los alimentos producidos en él.

El mejoramiento de la productividad y fertilidad del suelo depende del manejo integral de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, y de su interacción con factores ambientales y con las prácticas agrícolas que se desarrollen.

EL SUELO DESTINADO PARA LA PRODUCCIÓN ECOLÓGICA

El suelo es el medio donde crecen las plantas; por ello es indispensable conocer sus propie-

dades y limitaciones. Puede definirse como un sistema natural que representa la superficie suelta de la tierra, capaz de abastecer a las plantas de nutrientes, agua y aire. En la agricultura ecológica, se considera como un sistema vivo, porque el suministro de nutrientes depende en gran medida de la actividad de organismos y porque éstos participan en la formación de agregados más estables, evitando la compactación y la erosión.

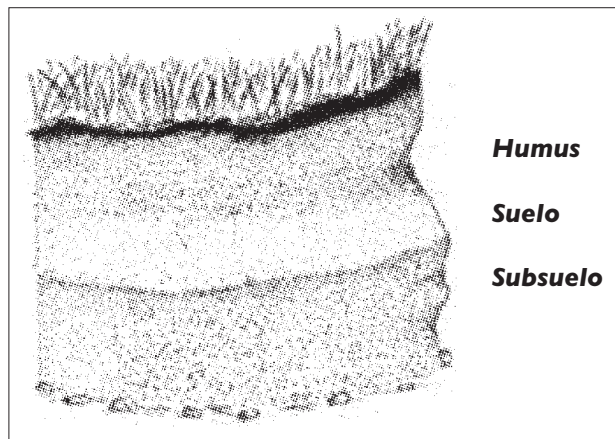
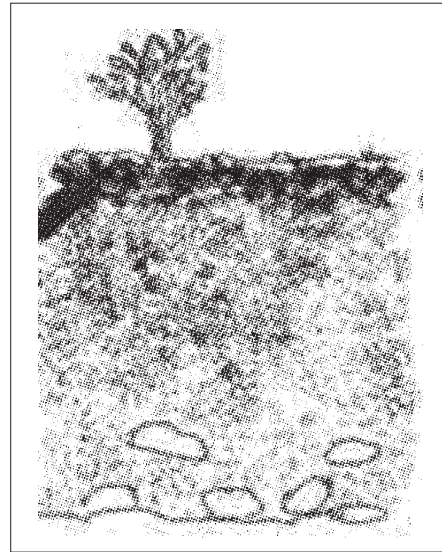
El suelo se forma por la interacción de varios factores ambientales a través del tiempo, como la acción directa del agua sobre la roca, que la desintegra y la posterior intervención de organismos y plantas. También el suelo se ve modificado por la adición de materiales como los transportados por ríos y la ceniza volcánica, que caracteriza a los suelos de la región montañosa de los Andes.

Un suelo ideal está compuesto por un 45% de partículas minerales –arena, limo, arcilla–, un 5% de materia orgánica, 25% de agua y 25% de aire, contenidos en el espacio poroso que existe entre las partículas sólidas minerales. Estas

* Agróloga. Candidata M. Sc. CIAA. Laboratorio de Suelos. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

proporciones ideales dan a la planta el espacio suficiente para que la raíz explore y así obtenga mayor cantidad de nutrientes. Al estar bien aireado, el suelo no contiene sustancias tóxicas que perjudican la raíz y la cantidad de agua es suficiente para la producción.

En su estado natural, el suelo presenta horizontes o capas de diferente espesor que deben identificarse en el campo, y que en conjunto son denominados "perfil del suelo". Para determinar los horizontes se abre un hueco o calicata de un metro de profundidad por 0.5 metros de ancho.



Los primeros centímetros de la superficie son importantes para la producción ecológica, ya que allí se acumula la materia orgánica como residuos frescos, o descompuestos de plantas y animales, y el humus como producto final de la descomposición. La materia orgánica cumple varias funciones como el aumento de la porosidad, que mejora la capacidad de almacenamiento de agua y el intercambio gaseoso; sirve como reserva de nutrientes y favorece su asimilación al ser quelatada por las sustancias húmicas y aumenta la actividad biológica. También se destaca su efecto en la disminución de la degradación, la protección contra patógenos y la detoxificación de pesticidas.

Bajo esta capa de materia orgánica denominada "horizonte O", se encuentra el "horizonte A" que contiene partículas minerales mezcladas con humus y presenta estructura granular. En este horizonte se evalúa la profundidad efectiva, que es aquella que puede ser explorada por la raíz. Bajo este horizonte se encuentra el "horizonte B" donde se acumula arcilla, óxidos de hierro y aluminio o humus y presenta estructura que puede ser en bloques, prismática o columnar. El "horizonte C" muestra características derivadas de la roca madre y se caracteriza por su elevada densidad aparente. Finalmente, se halla la roca madre o material parental, que da origen a diferentes suelos.

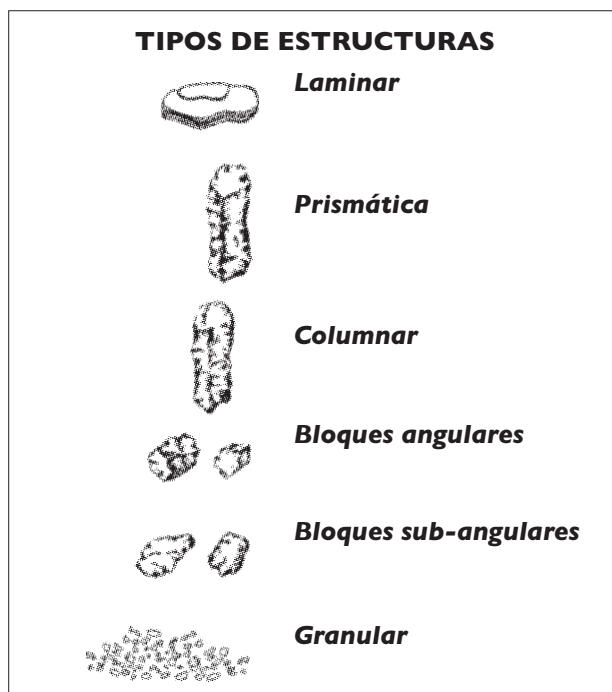
Numerosas propiedades se evalúan en la calicata al estudiar el perfil del suelo; entre ellas cabe mencionar la estructura, la textura, el color, la densidad y la resistencia mecánica a la penetración de raíces. De manera general, se ha encontrado que las propiedades físicas se encuentran ligadas a dos nociones específicas: la textura o cantidad de partículas elementales y la estructura o forma de agregación de las mismas; de estas

propiedades depende el comportamiento del agua y el aire en el suelo.

ESTRUCTURA

Es la forma en que se agregan las partículas minerales y su posible unión por medio de la materia orgánica e hidróxidos de hierro y/o aluminio. Cada forma es el resultado de la hidratación de las arcillas, que al expandirse crean fisuras formando estas estructuras que dependen del tipo de arcilla, de los cationes adheridos, de las sustancias orgánicas y de otros compuestos.

La presencia de estructura laminar, indica que el suelo ha estado expuesto a altas presiones, por ganado o maquinaria, y generalmente aparece en los primeros horizontes en condiciones de alta humedad. Las estructuras de tipo columnar y prismática, reflejan compactación y se presentan en horizontes subsuperficiales, necesitando equipos que profundicen, como el subsolador, para romper estos agregados.



La estructura que favorece el establecimiento de las plantas es de tipo granular y se presenta en suelos con buen suministro de materia orgánica. Los gránulos tienen un diámetro entre 2 a 20 mm y no son tan estables al agua. También se pueden formar grumos por la acción de bacterias y hongos, con diámetros que varían entre 0.5 a 2 mm y son más estables al impacto del agua porque se forman por acción biológica, lo que da origen a la bioestructura del suelo; esta última se constituye en un indicador de la calidad del suelo porque una mayor estabilidad disminuye la degradación generada por la erosión y la compactación. La estructura está relacionada con otras propiedades físicas como la densidad y la porosidad.

TEXTURA

Esta propiedad es una de las más estables y no es necesario volverla a determinar durante largo tiempo. Hace referencia a la cantidad de partículas por tamaño presentes en el suelo y que generan diferencias por su capacidad de retener agua, la facilidad de laboreo y la capacidad de almacenar nutrientes, entre otras características.

Para clasificar la textura se debe llevar la muestra de suelo al laboratorio o realizar una estimación en campo, siguiendo los siguientes pasos:

- Humedecer ligeramente una pequeña muestra de suelo y colocarla entre los dedos índice y pulgar.
- Oprimir gradualmente hasta formar una tira o cinta; si la tira se forma fácilmente y permanece estable y larga, el suelo es arcilloso; si se forma la tira, pero se desbarata rápidamente se trata de un suelo franco arcilloso o franco y si no se puede formar la cinta se trata de un suelo arenoso.

Para la producción de hortalizas y verduras, los suelos más favorables presentan texturas francas

–20% de arcilla, 40% de limo y 40% de arena– a franco limosas –15% de arcilla, 20% de arena y 65% de limo– con estructura granular fina. El drenaje debe ser bueno y el nivel freático debe estar a más de 50 cm de profundidad.

La arcilla es la fracción mineral con mayor importancia agronómica ya que presenta cargas negativas capaces de retener y liberar cationes, intercambiándolos con la solución del suelo “CIC”, medida en miliequivalentes / 100 gramos de suelo. Los minerales arcillosos poseen capacidad de intercambio catiónica (CIC) variada, que le confieren al suelo su grado de fertilidad.

CUADRO I			
Tipo	Tamaño	Características de Partícula	Mejoramiento de Suelo
Arenoso	0.050 mm	Estructura pobre, baja fertilidad, no retiene agua.	Añadir regularmente materia orgánica y fertilizantes.
Arcilloso	< 0.02 mm	Alta fertilidad y retiene mucha agua, se dificulta el laboreo, secado lento.	Añadir materia orgánica y compost. También requerirá de cal y prácticas de conservación.
Franco		Buena estructura, buena fertilidad y disponibilidad de agua.	Añadir materia orgánica como fuente de nutrientes para organismos.

Adaptado de GRAETZ, M., Suelos y fertilizantes y PRIMAVESÍ, A. Manejo ecológico del suelo.

NUTRIENTES EN EL SUELO

Para conocer el nivel de fertilidad del suelo, se debe realizar un análisis químico para obtener información acerca de la necesidad de aplicación de fertilizantes y enmiendas orgánicas. También se requiere analizar el contenido de materia orgánica y en lo posible, realizar un diagnóstico de la

actividad microbiana. La calidad de los resultados en el laboratorio depende del procedimiento exitoso en la toma de las muestras.

Se debe dividir el terreno para no mezclar suelos diferentes. Esto se hace en términos de relieve, cambios de color, textura y diferentes cultivos. Las muestras se recolectan con barreno, pala o “ahoyador” a la misma profundidad (0 a 20 cm) en lugares diferentes del mismo lote y se mezclan en un balde limpio. Al final, se toma un kilo y se empaca en una bolsa plástica etiquetada con el nombre del lote.

El análisis del suelo contiene información sobre la reacción de acidez (pH), conductividad eléctrica –salinidad–, contenido de materia orgánica y nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, cobre, zinc y boro.

Dependiendo del nivel de fertilidad natural del suelo, se implementa el programa de fertilización con materiales orgánicos. Las dosis se calculan de acuerdo con la disponibilidad de nutrientes en el material orgánico, la oferta de nutrientes en el suelo y con la extracción de cada cultivo.

Se sugiere realizar el análisis un mes antes de la siembra, ya que es posible que se requiera de la aplicación de enmiendas, las que necesitan de varios días para que reaccionen en el suelo. El análisis debe repetirse al año para obtener un pronóstico del flujo de nutrientes, evaluando el efecto de la fertilización y la probabilidad de un desbalance químico.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DE LOS SUELOS EN LA SABANA DE BOGOTÁ

Los suelos arcillosos distribuidos en mayor extensión en la sabana de Bogotá con producción convencional, se caracterizan por presentar en el primer horizonte textura franco limosa, densidades entre 0.88 a 1.33 grs./cm³ y pérdida de la estructura por compactación. Estos suelos presentan pH ligeramente ácido (entre 5.5 a 6.0) con contenidos de materia orgánica superiores al 17% y pH superiores a 6.0, con niveles de materia orgánica inferiores a 4.5%. El segundo horizonte muestra acumulación de arcilla, aumento de la densidad y disminución del pH. El calcio y el magnesio se reportan en mayor cantidad que el potasio y aparecen deficientes el manganeso y el boro.

En suelos con influencia de ceniza volcánica en la sabana de Bogotá, destinados para producción ecológica, se registran niveles muy altos de potasio que alcanzan una saturación del 15.8%, y pH entre 6.1 y 7.2. Los contenidos de materia orgánica varían entre 5.5% y 12.2%, teniendo como fuente principal el *compost* producido en cada finca y el lombricompost. También se reportan niveles muy altos de sodio, con Porcentaje de Saturación de Sodio, PSI, promedio de 14.2% y un PSI máximo de 22%, que clasifica a los suelos como sódicos. Igualmente presentan niveles muy bajos de manganeso y boro, destacándose el exceso de zinc y cobre.

CONSIDERACIONES PARA SELECCIONAR EL SUELO

Después de hacer un inventario o diagnóstico de las características del suelo, se debe conocer las condiciones ambientales que demanda cada cultivo. Esto permite planificar la producción y no invertir tiempo, esfuerzo y capital para obtener bajos rendimientos, por los excesivos costos en la

adecuación del suelo. Se debe entonces hacer una lista de productos que se deseen sembrar y determinar las exigencias en suelo, clima, topografía y necesidad hídrica. Esta información se encuentra en las fichas técnicas de cada cultivo y se deben considerar aspectos generales como:

- Las leguminosas tienen la habilidad de fijar nitrógeno directamente del aire –fijación simbiótica–. Esto es útil en suelos con deficiencia de nitrógeno.
- Algunas plantas necesitan mayor profundidad efectiva para la exploración de sus raíces, y por esto extraen mayor cantidad de fósforo y potasio. Esto ocurre con las leguminosas.
- Algunas plantas toleran condiciones de alta humedad, como el arroz; mientras que la gran mayoría son sensibles a los suelos con excesiva humedad.
- Las plantas absorben en diferentes proporciones los nutrientes; así las leguminosas extraen mayor cantidad de calcio, mientras que las gramíneas –pasto– necesitan mayores niveles de potasio.
- Hay especies adaptadas a la salinidad –remolacha y tomates–, y otras muy sensibles a niveles altos de sales y sodio –la mayoría de las hortalizas–.
- Las hortalizas de raíz –zanahoria– requieren suelos sueltos y con profundidad efectiva mayor a 40 cm para que no se deformen.

Con la información recolectada sobre suelos y cultivos, se elabora un mapa de la finca y se ubican los cultivos que demandan sombra, aquellos que requieren altas cantidades de agua cerca de la fuente y cultivos que pueden servir de cercas vivas. Con este mapa se puede trabajar posteriormente para hacer modificaciones y sirve de registro histórico de la evolución de la finca.

En el mapa quedan ubicadas las zonas según el tipo de suelo y los cultivos que se adapten a cada condición: vegetales, hortalizas, cultivos asociados –zanahoria-lechuga–; cultivos en varios estratos –

maíz-papa-; semillero, cultivo de árboles frutales, zona para *compost*, huerto de aromáticas, etcétera. También se sugiere que el mapa esté acompañado de información adicional como forma y tamaño del terreno, fertilidad del suelo –análisis químico–, disponibilidad y calidad de agua.

ADECUACIÓN DEL TERRENO

Para planificar la preparación del suelo se debe tener en cuenta la cantidad de personas disponibles para la limpieza del terreno, las herramientas agrícolas con las que se cuenta, el tamaño de la finca, y principalmente las características y necesidades del suelo para aumentar su productividad.

Existen diferentes sistemas de labranza, que deben ser evaluados según la vocación del agricultor, las necesidades de los cultivos y las propiedades del suelo. Entre los sistemas de labranza se encuentran:

CUADRO 2		
Sistema de Labranza	Definición	Utilización
Labranza convencional	Aflojar y remover el suelo con azadón o arado.	Cuando toda la zona de raíces esté compactada y la densidad sea mayor a 1.35 g/cc. Para mayor eficiencia se sugiere sembrar leguminosas o gramíneas para mantener el
Labranza mínima	Aflojar el suelo superficialmente con grada hasta no más de 5 cm, o apertura de hileras de siembra con cincel o arado de chuzo.	suelo abierto. Se utiliza en suelos compactados, pero con una capa grumosa en la superficie. También sirve para mezclar restos orgánicos. Después de la arada mínima, se sugiere pasar un cincel o subsolador para romper las compactaciones subsuperficiales.

Siembra directa, o labranza cero	Ningún movimiento del suelo; la siembra se efectúa en una cobertura vegetal (mulch) con sembradoras especiales.	El suelo deberá tener estructura grumosa y buen contenido de materia orgánica.
Labranza de conservación	Cualquier tipo de labranza reducida, terrazas a nivel, labranza mínima y siembra directa.	

Adaptado de CAR-KFW-GTZ, "Cultivar sin Arar" y PRIMAVESÍ, A. Manejo ecológico del suelo.

El objetivo de la labranza es darle soltura al suelo, eliminar las plantas invasoras –arvenses– y preparar el terreno para el trasplante o siembra de semillas. Para la labranza se debe tener en cuenta el punto de humedad del suelo y la profundidad exacta para la arada.

PROFUNDIDAD DEL ARADO

La profundidad nunca debe establecerse de acuerdo con el espesor de la capa compactada, ni a la potencia del tractor. Existen dos metodologías para determinar la profundidad a la cual preparar el suelo:

- Se realiza una calicata y se identifican los horizontes por espesor. Si no se presentan problemas de drenaje por nivel freático alto, se debe profundizar el hueco hasta 60 cm, ya que la preparación del suelo no debe sobrepasar este nivel. Esta descripción permite identificar la presencia de horizontes compactados, por el cambio en la fuerza al introducir un cuchillo en forma perpendicular al suelo para estimar la fuerza que tendrían que hacer las raíces para atravesar el suelo. También permite determinar la estructura.

- Otra manera es extraer varias raíces y observar su morfología, porque cualquier cambio brusco en su normal orientación puede indicar una capa compactada.



Perfil de suelo

En la labranza mínima se trabaja por lo general con una rastra liviana o arado secundario. Debe llevarse a una profundidad de 2 cm por debajo de la capa granular del horizonte A. El arado no se debe usar para aflojar capas compactadas en la profundidad, para eso se usa el subsolador o el cincel, trabajando de 30 a 40 cm de profundidad.

GRADO DE HUMEDAD

Si el suelo está muy húmedo, cualquier equipo, y hasta el mismo azadón, trabajado a la misma profundidad forma el “piso de arado”, encima del cual se establece un horizonte compactado. La humedad debe determinarse a la profundidad en la que se pretende arar y nunca en la superficie. El punto correcto de humedad para la preparación del suelo es cuando este se desmigaja con facilidad, sin ensuciar los dedos.

Al preparar un suelo muy húmedo se produce compactación por el peso de la maquinaria, o por el peso de los animales cuando se utiliza una yunta; en este caso el suelo no se fractura, sino reduce su espacio poroso.

Igualmente cuando se trabaja el suelo muy seco, éste se pulveriza debido a la desintegración total de la estructura granular dejándolo expuesto a la acción del viento.

PREPARACIÓN DEL SUELO

Si el suelo no ha sido cultivado o presenta alta cantidad de pastos y plantas invasoras, se sugiere limpiar el terreno con guadaña o con hoz. Estos residuos deben retirarse del terreno para disponerlos en las pilas de compostaje –que se recomienda cuando se trabaja con pala o azadón–, o incorporarlos al suelo con la rastra liviana.

Después del primer pase de rastra, puede pasar el cincel o subsolador si se identifican capas compactadas a mayor profundidad –30 a 40 cm desde la superficie–. Finalmente, se nivela el terreno para garantizar una adecuada germinación, una distribución uniforme del agua de riego con el fin de facilitar la recolección. Para realizar esta actividad puede pasarse una tabla pesada de madera, un cilindro o un nivelador. Si el área a preparar es pequeña y no se justifica la compra o alquiler de equipos, también puede aflojarse el suelo con pala o azadón.

En terrenos ya cultivados, puede realizarse la siembra directa si el suelo está suelto, o simplemente aflojarlo con azadón. Si el suelo está muy húmedo, se recomienda darle soltura con la ayuda de una pala e incorporar los abonos y enmiendas con rastrillo; lo ideal es esperar a que el suelo alcance la humedad requerida para cualquier labor.

EQUIPOS MÁS UTILIZADOS PARA LA PREPARACIÓN DEL SUELO EN AGRICULTURA ECOLÓGICA

- Rotavotor o *monocultor*: profundiza a 30 cm desde la superficie y es autopropulsado. Presenta unas cuchillas curvas o rectas que quiebran el suelo. Su requerimiento motriz es bajo y por su tamaño, es ideal para pequeñas áreas.
- *Arado secundario o rastra*: se conocen dos tipos de rastra; la liviana que profundiza a 30 cm y la pesada que consigue trabajar entre 30 y 40 cm. Se utiliza para aflojar el primer horizonte del suelo que se encuentra compactado. El requerimiento motriz del tractor es

de 60 a 90 HP. No se sugiere en fincas con menos de 2.000 m² de área disponible.

- *Arado de cincel*: fractura el suelo sin voltearlo. Su requerimiento motriz depende del tipo de lernas –o aletas–, ya que entre más largas y anchas, se requiere un equipo entre 40 a 100 HP. Para que fracture se debe utilizar en condiciones relativamente húmedas.
- *Subsolador*: es un equipo utilizado para romper capas compactadas subsuperficiales y no para mezclar el suelo. Utilizando una bola o topo, podrá crear canales internos o drenajes para controlar el nivel freático y evacuar el agua de exceso. De acuerdo con la profundidad y a la firmeza del suelo, se requerirá un tractor entre 60 a 360 HP.

BIBLIOGRAFÍA

CAR-KFW-GTZ. “Cultivar sin Arar”. Proyecto de Conservación de Suelo y Agua en la Zona Andina de Colombia. 2000.

FAO. “Mejorando la Nutrición a través de Huertos y Granjas Familiares”. *Manual de capacitación para trabajadores de campo en América Latina y el Caribe*. Servicio de Programas de Nutrición. Dirección de Alimentación y Nutrición. Roma. 2000.

GAUGGEL, C. “Acondicionamiento Físico de Suelos para el Cultivo de Flores”. En *Manejo sostenible de suelos y enmiendas orgánicas*. CIAA-UJTL. 1997.

GAUGGEL, C y RAMÍREZ, A. “Management of Clayed Soils in the Andean Highlands of the Bogotá Plateau”. *Acta Horticulturae* No. 482. ISHS. 1997.

GRAETZ, M. *Suelos y fertilizantes*. SEP, Editorial Trillas. México. 1992.

LEE, R. *Manual de producción de lechuga lisa bajo invernadero*. CIAA-UJTL. 2000.

ORELLANA, J. “The ideal Soil: An Edaphic Paradigm for Sustainable Agriculture”. En *Journal of Sustainable Agriculture*. Vol. 15 (1). 1999.

PRIMAVESÍ, A. *Manejo ecológico del suelo*. Editorial El Ateneo. Río de Janeiro. 1982.

RAMÍREZ, A. “Características Físicas del Suelo y Efectos en la Producción de Rye Grass”. En *Manejo integral y sostenible de fincas ganaderas*. CIAA-UJTL. 2001.

SEYMOUR, J. *La práctica del horticultor autosuficiente*. Editorial Blume. 1997.



El Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales –CIAA– de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano fue creado en 1991 con la cooperación de la Universidad Católica de Lovaina (Bélgica), para contribuir a la competitividad requerida en un mercado globalizado y dándole una misión de investigación, educación y extensión en horticultura. Su labor en flores, frutas y hortalizas, comprende áreas como manejo integrado de plagas y enfermedades con énfasis en control biológico, control del clima, manejo de la fertilidad del suelo y de la nutrición vegetal, agricultura sostenible e investigación participativa. Su trabajo se realiza en sus instalaciones de Chía, con énfasis en producción bajo invernadero, apoyándose en sus cursos de extensión, así como en sus servicios de laboratorio de análisis de suelos, aguas y foliares, de fitopatología y de entomología. La investigación adaptativa en cultivos hortícolas está enmarcada dentro de los principios de la producción sostenible con las marcas Eurofresh® –para la producción limpia– y Ecosecha® –para la producción ecológica–, basados en los principios de calidad, uniformidad, continuidad, competitividad y sostenibilidad dentro de la cadena agroalimentaria producción-consumo.

Títulos anteriores de la serie
“Cuadernos del Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales”:

- *Clima, fisiología y producción de cultivos bajo invernadero (marzo, 1999)*
- *Manual de producción de lechuga bajo invernadero (marzo, 2000)*
- *Producción de tomate bajo invernadero (septiembre, 2001)*
- *Análisis de costos para hortalizas ecológicas (julio, 2003)*