

Introducción a la agronomía



Portada
Tabla de contenidos
Salir de aplicación

Editorial
EDIMEC



Introducción a la agronomía

AUTORES

Ing. Juan Borja Vivero

Docente Facultad de Agronomía

Universidad Central del Ecuador

Ing. Ramón Valdivia Álvarez

Docente Facultad de Agronomía

Universidad Central Marta Abreau

Villa Clara, Cuba

**Editorial
EDIMEC**

Introducción a la agronomía

Versión 1.0

© Derechos de la Publicación

EDIMEC

Edmundo Chiriboga N 47-72 y Jorge Aníbal Páez

Teléfono: 2463402. 2463715. 0995007744. 0992546117

Quito, Ecuador

Diseño, Edición Digital y Supervisión Editorial

Dr. Mauricio Medina Dávalos

EDIMEC, Ediciones Médicas CIEZT

Edmundo Chiriboga N 47-72 y Jorge Aníbal Páez

Teléfono-facsimil: 2463402. 2463715. 0995007744. 0992546117

Quito, Ecuador.

ISBN 978-9978-13-050-6

**Editorial
EDIMEC**



Presentación

Históricamente, la agricultura es quizás una de las actividades que cambió el curso de la humanidad, pasando del nomadismo al sedentarismo. Es quizás, uno de los pilares de la economía de numerosas naciones; destaca su importancia como motor de desarrollo la producción para el consumo interno y la seguridad alimentaria de la población, el empleo derivado y la posibilidad del comercio internacional con la consecuente generación de divisas. Países agrarios precarios emplean mano de obra en las diversas actividades agrícolas (preparación del terreno, siembra, manejo del cultivo, cosecha y comercialización).

La agricultura sustenta la seguridad alimentaria de todos los países del mundo y obliga a sus gobernantes a establecer planes y programas que garanticen una adecuada provisión de nutrientes para el consumo de millones de seres humanos que dependen, directamente o indirectamente de la agricultura.

Según estimaciones de la FAO, la agricultura es la única fuente de ingresos de alrededor del 70% de la población rural en el mundo; de un trabajo sacrificado y no exento de riesgos, se proporcionan los medios de subsistencia a millones de personas del planeta. Las estadísticas revelan en las últimas décadas el lento decremento de la producción agrícola per cápita, tanto para el mercado interno como para el de exportación, sumado a situaciones antrópicas que restringen cada vez las actividades vinculadas al agro y la producción de alimentos.

Los países en desarrollo cuentan con pequeños productores que afrontan diariamente vicisitudes y limitaciones para realizar su trabajo, que está expuesto a condiciones meteorológicas adversas, carencia de créditos, infraestructura rural inadecuada, mínimo acceso a tecnología y asesoría para alcanzar el mayor rédito posible de la sacrificada labor que implica labrar la tierra, sembrar una ilusión y esperar una cosecha colmada de bendiciones. Las dificultades de los pequeños productores, privados de subsidios agrícolas y obligados a pagar onerosos aranceles derivados de políticas internas y altos precios establecidos por los países desarrollados, repercuten negativamente en la producción e impiden un desarrollo armónico y sustentable de la agricultura en la mayoría de países pobres del mundo.



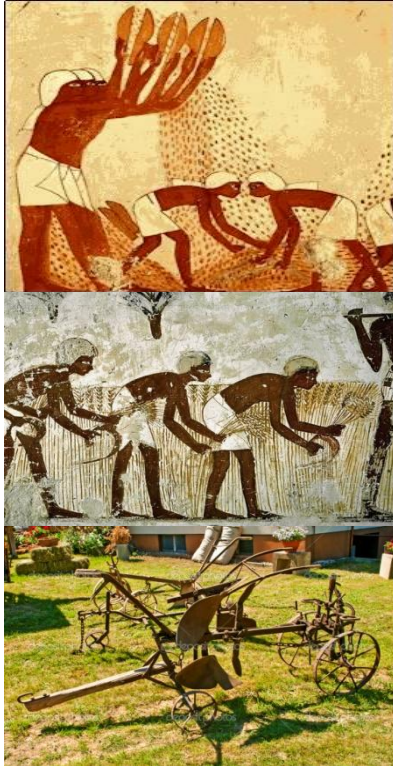
El texto Introducción a la agricultura, está orientado a la formación de estudiantes de la Carrera de Ingeniería Agronómica. Aproxima al lector al proceso de producción agraria que objetivamente los autores sintetizan en los nueve capítulos de la obra; en cada uno se destacan aspectos a la vez básicos y relevantes, sobre el sistema agrícola, factores determinantes de la producción agrícola, técnicas de control del microclima que permiten el cultivo bajo condiciones intervenidas, la preparación del suelo previa la siembra, la nutrición de los vegetales, el mantenimiento de la salud del cultivo, el aporte hídrico y la culminación del proceso mediante acciones de cosecha y manejo de los productos garantizando la pureza, sabor y las propiedades nutricionales de un producto fruto de la tierra, regado con el sudor y la sangre de quienes la cultivaron.

La lectura crítica y aportes de los usuarios, permitirán el constante perfeccionamiento. Agradecemos sus valiosos comentarios que enriquecerán los contenidos.

Los autores.



Tabla de contenidos



Presentación	v
Capítulo 1 Introducción	1
Capítulo 2 Técnicas de producción agrícola	3
Capítulo 3 Manejo del clima	23
Capítulo 4 El suelo y su preparación	37
Capítulo 5 La siembra y la multiplicación vegetativa	51
Capítulo 6 Nutrición vegetal	63
Capítulo 7 Sanidad vegetal	79
Capítulo 8 El riego	109
Capítulo 9 Cosecha y post cosecha	117



Capítulo 1

Introducción

Caracterización de la materia

Introducción a la Agronomía es una materia del Área de Ciencias Básicas de Orientación para la Carrera, que trata sobre los campos de acción y las esferas de actuación del Ingeniero Agrónomo: Producción Agrícola; Negocio Agrícola y Desarrollo Rural. La materia introduce al alumno en el estudio de las Ciencias Agrícolas a la vez que le permite, a través de los trabajos prácticos que se realizan en el campo, probar su vocación.

Importancia para la formación del Ingeniero Agrónomo

Introducción a la Agronomía como asignatura reviste importancia en la formación del ingeniero agrónomo al sentar las bases para que el estudiante del curso básico adquiera una visión general de los campos de acción y las esferas de actuación del profesional ingeniero agrónomo, familiarizándose con los tres componentes centrales que constituirán el eje de su formación:

- Producción de materias primas y alimentos.
- Negocio agrícola.
- Desarrollo rural.

Con este antecedente el presente trabajo constituye el desarrollo del microcurrículo en el primer componente, las técnicas de producción agrícola, las mismas que se describen en nueve capítulos:

1. La agronomía como sistema.
2. Factores de la producción agrícola.
3. Técnicas de control del microclima.
4. El suelo y sus labores de preparación.

5. Siembra y multiplicación vegetativa.
6. Nutrición vegetal.
7. Sanidad vegetal.
8. El riego.
9. Cosecha y post cosecha.



Capítulo 2

Técnicas de producción agrícola

La agronomía como sistema:

“Un sistema es un conjunto de partes interdependientes e interrelacionadas que están dispuestas de tal manera que producen un todo unificado” (ROBBINS, 1990)

El documento de reforma curricular de la Facultad, caracteriza a la Ingeniería Agronómica como un proceso sistémico en el que se relacionan los componentes: medio ambiente, negocio agrícola y el desarrollo rural. Estos componentes pueden graficarse así:

Entradas	Actividades	Salidas
1. Medio ambiente	Tecnología productiva	Materias primas y alimentos
2. Negocio agrícola	Gerencia y administración	Utilidades
3. Medio social	Extensión y desarrollo rural	Bienestar social rural

Como se aprecia en el gráfico el ingeniero agrónomo deberá tener una formación que le permita:

1. Alcanzar una producción sostenible de alimentos y materias primas, utilizando tecnologías que protejan y den sostenibilidad al medio ambiente
2. Obtener utilidades a través de la correcta administración y gerencia de las unidades productivas, las mismas que deben tener el carácter de negocio agrícola.
3. Los resultados de los procesos anteriores deberán expresarse en el desarrollo y el bienestar del medio o entorno social rural para lo cual el Ing. Agrónomo deberá tener un amplio conocimiento de la realidad del país.

La agronomía y la agricultura

Agricultura está conformada por la suma de dos partes: el término *agri* que es sinónimo de “campo de cultivo” y el concepto *cultura* que puede traducirse como “cultivo o cultivado”.

La agricultura es la labranza o cultivo de la tierra e incluye todos los trabajos relacionados al tratamiento del suelo y a la plantación de vegetales. Las actividades agrícolas suelen estar destinadas a la producción de alimentos y a la obtención de verduras, frutas, hortalizas y cereales. La agricultura implica la transformación del medio ambiente para satisfacer las necesidades del hombre.

La agricultura y la ganadería no son ciencias formales sino aplicadas. Son técnicas para producir bienes utilizando los recursos que brinda la naturaleza, incluyendo los de naturaleza u origen humano. En tanto la tecnología es el enfoque científico de los problemas prácticos, es decir, el tratamiento de estos problemas sobre un fondo de conocimiento científico y con la ayuda del método científico.



El sector rural necesita de la aplicación del conocimiento teórico con criterio de causalidad en toma de decisiones. Existen diferentes parámetros para la toma de decisiones, existen muchas escuelas de pensamiento respecto a los parámetros a tener en cuenta a la hora de manejar un sistema, adaptar la tecnología a las condiciones logísticas encontradas. Hay muchas necesidades actuales de trabajo interdisciplinario para el manejo de agrosistemas más sostenibles

Un poco de historia

Podría definirse a la agricultura como la actividad que ha realizado el hombre desde las épocas más antiguas (sus orígenes se remontan a 14.000 AC) utilizando conocimientos basados en la experiencia, con la finalidad de producir alimentos y materias primas, mediante la utilización del suelo

La agricultura es señalada como la clave para entender el inicio de las civilizaciones y su surgimiento, tuvo un impacto evidente, por primera vez era posible influir en la disponibilidad de los alimentos. Las consecuencias de este

descubrimiento fueron estremecedoras: aparecieron las primeras aldeas, los recolectores nómades se transformaron en campesinos sedentarios.

Probablemente no sea una coincidencia que el inicio de la agricultura hace 10.000 años coincidiese con el final de la última glaciación. Al calentarse la tierra, las capas de hielo que cubrían la mayor parte del norte de Eurasia y América del Norte se derritieron, liberando grandes cantidades de agua dulce.

En estas condiciones, la tundra poco densa dio paso a una vegetación más exuberante —sabanas y bosques— que proporcionaron a los cazadores-recolectores alimentos mucho más nutritivos. En algunos lugares, el medio era tan productivo que los grupos que sabían cómo explotarlo pudieron quedarse en lugar de moverse de forma constante. Con mayores cantidades de alimentos disponibles, la población creció, y esto significó a su vez que la gente tuvo que inventar formas de sobrevivir durante los períodos de escasez, aprendiendo a almacenar la comida. Uno de los alimentos más



fáciles de almacenar, porque no se pudren al secarse, son los cereales: las semillas de diversas hierbas. Sin duda fue un proceso gradual mediante el cual ciertos grupos aprendieron a cuidar las plantas salvajes que habían descubierto que eran las más útiles como fuente de alimento. Combatir las plagas y limpiar de malas hierbas fue el comienzo, y en algún momento las personas hicieron la conexión entre sembrar semillas y recolectar la cosecha resultante. En el Creciente Fértil, el trigo y la cebada fueron los cereales principales; en América fue el maíz, en el África subsahariana el sorgo, en el norte de China el mijo, mientras que en el sur de China y el Sureste Asiático fue el arroz. Otros vegetales también fueron importantes en diversas partes del mundo, como por ejemplo las alubias, el ñame, las patatas, la calabaza y el pimiento.

La actividad agrícola fue predominante para las economías durante miles de años antes de la revolución industrial. Pero su importancia no decae ni con la aparición de fábricas ni con la proclamada llegada de una era digital. Después de todo, se trata de producir alimentos. Y sin alimentos, la vida no es posible.

Se distinguen algunos hitos importantes en el desarrollo de la agricultura mundial, centrados en un periodo que abarca desde los 2.900 AC y los 500 años DC. La uva, y su producto fermentado, el vino, adquirió importancia notable, y ya quedó patente en escritos egipcios de los primeros momentos de este periodo.

El vino es conocido desde tiempos remotos; según el Génesis se atribuye su paternidad a Noé, y según la mitología helénica, a Dionisos. Muchos poemas indios citan profusamente el vino y sus propiedades, y en China se conservan normas escritas para su elaboración que datan de hace unos 2.000 años.

Se distinguen los vinos de la Bética (una de las grandes provincias en que los romanos dividieron la antigua Hispania, o sur de España y Portugal, equivalente a la actual Andalucía), y la Tarraconense (antigua ciudad de Tarraco, hoy Tarragona, España), los cuales eran objeto de una activa exportación.

En Italia los romanos también se distinguieron por la producción de afamados vinos, los cuales componían mediante la adición de otras sustancias como miel, brea, etc., al estilo de lo que también se practicaba en otras regiones de oriente. En Francia y en el valle del Rin, Carlomagno dio un impulso importante a la vinicultura, donde se prodigó siempre como una actividad importante y floreciente.

Por su parte, el cristianismo también favoreció la elaboración del vino y difusión del cultivo de la vid, al ser éste un elemento indispensable en la consagración de la Eucaristía.

No menos importante en este periodo histórico ha sido el comercio generalizado del aceite de oliva y el cultivo de cereales como el centeno, avena y maíz. Algunos de estos cereales se han convertido en productos ampliamente cultivados, como el maíz, actualmente uno de los más extendido y producido en todo el mundo por sus características de adaptación a diversos climas, suelos y altitud, y por sus posibilidades en la alimentación humana, animal, o con fines industriales.

En cuanto a las frutas y verduras, se pueden nombrar numerosas especies cultivadas ya 3.000 años a.C. Cabe citar la cebolla, pepino, calabaza, melón, etc. En algunas poblaciones antiguas de Sumeria, como Ur (en la actual Irak), se cultivaban plantas y árboles ricos en azúcares, como los higos y dátiles. Otros frutos como la manzana o el melocotón eran ampliamente cultivados en toda el área mediterránea.

Un cultivo importante para las antiguas civilizaciones y mantenido profusamente a lo largo de los tiempos, son las fibras naturales como el algodón, lino, seda o lana. La mayoría de ellas son anteriores a los 2.000 años a.C. Durante este periodo, el lino y la seda eran ampliamente utilizadas en China. Hoy en día, el algodón es una de las fibras más producidas y manufacturadas para su utilización en la industria textil

La introducción de los metales supuso un avance sustancial para la agricultura, especialmente en lo referido a las herramientas, pero también en cuanto al almacenamiento, conservación, sistemas de irrigación, etc. En general se manifestó un perfeccionamiento de las técnicas y labores agrícolas que redundaron en un mayor rendimiento productivo.

Las antiguas herramientas mejoraron en dureza y eficacia y aligeraron considerablemente la rudeza de los trabajos.

El bronce, y después el hierro fueron capitales en el desarrollo de la agricultura y, en general, para la construcción de todo tipo de útiles y herramientas: azadas, arados, hachas, etc., y también armas.

El arado era una de las herramientas más apreciadas; una reja metálica convenientemente moldeada y tirada por bueyes permitía el volteo de la tierra facilitando su acondicionamiento.

También se idearon sistemas para realizar más eficazmente determinadas labores, por ejemplo, unos 3.000 años a.C., en Mesopotamia, se adaptó el arado con un dispositivo que permitía sembrar las semillas.

En Asia también se descubrieron nuevos sistemas de mecanizar la siembra. Durante mucho tiempo en muchas regiones, las labores de trilla, recolección, empaquetado, etc., siguieron siendo manuales, aunque en las ciudades Palestina y Mesopotamia ya se realizaba la trilla con ayuda de animales desde los primeros tiempos del arado de hierro

Unos 2.000 años a.C. los sistemas de irrigación en regiones como Oriente Próximo, Egipto o China, ya resultaban suficientemente eficaces como para explotar amplias superficies de tierra. Destaca Sumeria (baja Mesopotamia), consistente en una civilización de ciudades-estados. Los sumerios desarrollaron



el regadío y la agricultura.

Probablemente, el desarrollo de las ciudades estado en de Sumeria dependió básicamente de los sistemas que se planificaron para irrigar los campos.

Durante el periodo romano, y especialmente a finales del imperio, se desarrollaron sistemas mecánicos para la irrigación que no dependieran de las incertidumbres climáticas, tales como molinos de viento y agua. Todo ello, unido a las nuevas técnicas agrícolas de fertilización, barbecho y rotación de cultivos, hicieron de la agricultura un sector más productivo y eficaz. A pesar de ello, la agricultura convivió durante mucho tiempo con otras formas mixtas y complementarias, como la caza, pesca y la cría de animales domésticos

El almacenamiento de los frutos agrícolas ha supuesto un avance en el desarrollo de algunas civilizaciones importantes, como Egipto, Roma, norte de la India, y las situadas en Mesopotamia.



Sólo mediante la mejora de las técnicas y métodos de almacenamiento y conservación de variados productos comerciales de importancia en esa época, como el aceite o los granos de cereal, se puede entender ahora la prosperidad de esas civilizaciones en el comercio de los alimentos con origen en la agricultura, aunque también en la de otros muchos productos no alimentarios.

La mejora en los sistemas de almacenaje mediante silos, recipientes de variados tipos, cisternas secas, etc., permitieron que la disposición y abastecimiento de muchos productos recolectados, no supusiera un problema de almacenamiento hasta la materialización de la siguiente cosecha.

La agricultura andina

La época pre colonial.

Es el nacimiento de la agricultura andina, practicada por los pueblos que hace



10 mil años habitaron en lo que hoy son los territorios en el que se asientan los países andinos, Ecuador, Perú, Bolivia, Colombia, Chile. En esta región fueron encontrados restos de (*Phaseolus vulgaris*) con 10 mil años de antigüedad y (*Solanum tuberosum*) con 8 mil años.



Varios autores señalan que, en América Tropical Andina, antes de la llegada de los europeos ya se había domesticado unas 300 especies vegetales, entre alimenticias, medicinales, estimulantes, condimentos, textiles, forrajeras, etc. En territorio ecuatoriano se han reconocido 70 de estas especies. Es importante mencionar entre estas especies al amaranto, y la quinua, esta última se destaca como el mejor alimento vegetal del mundo con un 17 % de proteína y que por siglos fue relegado, y que actualmente se le utiliza como fuente de alimento para los viajes espaciales

La agricultura de estos pueblos estaba basada en el profundo conocimiento y respeto a la naturaleza, en los sistemas y labores de cultivo de la agricultura cosmobiológica que llevaban implícitos el control de plagas y enfermedades de las plantas. Así los cultivos mixtos, la rotación de cultivos, la siembra en la época oportuna, el uso de variedades resistentes, son estrategias idóneas para eludir y controlar la proliferación de insectos dañinos, hongos y bacterias nocivas.

Los antepasados andinos eran muy entendidos en el uso de especies y variedades resistentes, los principales cultivos tenían sabor amargo y actuaban como repelente, tal es el caso de la quinua, el chocho, amaranto, la oca, que eran poco o nada apetecidos por los animales, pájaros e insectos, y que luego de cosechados había que lavarlos, cocinarlos, desaguarlos y ponerlos al sol antes de ser consumidos.

El fréjol arbustivo, el zapallo, el zambo y algunas variedades de maíz, por la textura y las vellosidades de las hojas, constituían verdaderas trampas para áfidos y ácaros. Algunas patatas, consideradas silvestres hoy en Bolivia, tienen un mecanismo de defensa en sus hojas contra los insectos invasores, consiste en una verdadera selva de pelitos con puntas pegajosas donde los áfidos son atrapados antes que estos puedan reproducirse o atacar los tejidos vegetales (Con este

material genético están trabajando científicos británicos para obtener, por cruzamientos variedades comerciales resistentes a los áfidos. Los agricultores andinos practicaron la rotación de cultivos con la finalidad no solo de evitar el desgaste del suelo, si no para alterar drásticamente el "hábitat" de las plagas y enfermedades.

Los cultivos mixtos o poli cultivos de tres o más especies, entre leguminosas y gramíneas, fue otra práctica que se realizaba para mantener la fertilidad del suelo, protegerlo de la erosión, evitar la proliferación de plagas y enfermedades, controlar las malas hierbas, impedir que el suelo se seque y contrarrestar las heladas

La siembra de plantas aromáticas y repelentes alrededor de las chacras, para atraer a insectos benéficos y repeler plagas, eran prácticas conocidas y rutinarias en la agricultura prehispánica. También las maceraciones, infusiones y conocimientos de vegetales que, mezclados con agua, se los aplicaba directamente a los cultivos.

Los agricultores precolombinos lograron crear variedades de sus principales especies alimenticias, para que pudieran adaptarse y producir en sus diferentes pisos altitudinales; tal es el caso del maíz que puede ser cultivado desde el nivel del mar hasta los 3000 metros de altitud. A la quinua se le cultivaba desde 1m hasta los 3500 metros. Los expertos señalan que existían 3 grupos, de acuerdo a su adaptación ecológica: quinuas de valle, quinuas de altiplano, quinuas de las zonas del mar.

En el Ecuador el INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias) se encuentra realizando investigaciones con la finalidad de rescatar estos cultivos nativos, que son poseedores de la materia primigenia y de genes resistentes, que podrían ser utilizados en cruzamientos genéticos programados

La conquista española impuso nuevas formas de cultivo, subestimó y desechó los profundos conocimientos acumulados a lo largo de la historia por los pobladores originarios:

- Trajo nuevas formas de laboreo de la tierra.
- Impuso los monocultivos (trigo, cebada, hortalizas, uva, caña de azúcar), sin comprender el medio geográfico y su fragilidad.
- Sin tomar en cuenta la incompatibilidad entre las andenerías y las ovejas, o entre aquellas y el arado de yunta.
- Trajo nuevas especies de animales (bovinos, ovinos, caprinos, equinos) que desplazaron a las especies animales nativas

- Impuso patrones productivos diferentes

Por su parte en la época colonial se continuó ignorando los conocimientos ancestrales y se impuso patrones importados:

- Continuó con la degradación de los recursos naturales.
- Continuó con la imposición de un patrón cultural que sobre valorizaba las especies importadas (de España) frente a las especies nativas.
- Dicho patrón hasta ahora muy arraigado, considera, por ejemplo: que la cebada o el trigo son superiores a la quinua (últimas investigaciones científicas señalan a la quinua como un alimento superior).
- Está comprobada la mejor utilización de los pastos por la llama, sin ninguna acción dañina contra los suelos.
- Dio paso a la creación del sistema de hacienda

La colonización española terminó con los principios, técnicas y prácticas culturales de la agricultura andina, no solo que se impuso el sistema de monocultivo de especies vegetales provenientes de otras latitudes, si no que se llegó a prohibir el cultivo de las especies nativas que no eran de su agrado. Como ejemplo tenemos a la quinua, cereal de gran contenido proteínico, que era utilizado en los ritos religiosos de los aborígenes, así como daba fuerza y vitalidad a quienes la consumían. Los indígenas que eran sorprendidos en el cultivo de estas especies eran castigados con la amputación de sus manos, puesto que para los colonizadores resultaba una blasfemia el adorar al sol, y les resultaba más difícil el sometimiento físico de personas bien nutridas.

La agricultura extensiva basada en el monocultivo y en la explotación extensiva de la tierra, sin que se utilicen técnicas de control de plagas perdura hasta los inicios de los años setenta del siglo veinte, (solo el banano fue manejado con los principios de la agricultura moderna) cuando se inicia el proceso de modernización de la agricultura en el país y se pasa de la agricultura extensiva a la intensiva aplicando los principios y técnicas de la revolución verde. Se mejoran genéticamente a las especies nativas e introducidas, se utilizan fertilizantes y se inicia la utilización de agroquímicos para el control de plagas y enfermedades.

La agronomía

Agronomía proviene del latín *ager* que significa campo y del griego *nomos* que significa ley. Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española es el “Conjunto de conocimientos aplicables al cultivo de la tierra, derivados de las ciencias exactas, físicas y económicas”. Es la rama de la ciencia que se encarga de sistematizar conocimientos de diversas

ciencias aplicadas, enfocada a mejorar la calidad de los procesos productivos y la transformación de los productos agrícolas. Se fundamenta en principios científicos, y tecnológicos, y se encarga de estudiar los factores físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales que intervienen en el proceso productivo. Su objeto de estudio es el fenómeno complejo o proceso social del agro ecosistema, entendiendo éste como el modelo específico de intervención del hombre en la naturaleza, con fines de producción de alimentos y materia prima. La agronomía integra y aporta al proceso agrícola los logros científico y técnicos.



El Documento de reforma curricular define a la agronomía como: " Un proceso que aplica la ciencia y la tecnología al uso adecuado de los recursos ecológicos y de la producción agropecuaria, dentro de una estructura social y cultural para satisfacer necesidades de un mercado en continua competencia"

Cuadro 1. Similitudes y diferencia entre la agricultura y la agronomía.

Agronomía	Agricultura
Etimológicamente procede del latín <i>ager</i> que significa campo y del griego <i>νόμος</i> , nomos que significa ley. Agronomía es el conjunto de conocimientos de diversas ciencias aplicadas que rigen la práctica de la agricultura y la ganadería.	Etimológicamente se compone del latín <i>agri</i> que tiene que ver con el campo y <i>cultura</i> que significa cultivar.
Su estudio está basado en los factores físicos, químicos, biológicos, económicos y sociales que influyen o afectan al proceso productivo. Su objeto de estudio es el fenómeno complejo o proceso social del agroecosistema, entendiendo éste como el modelo específico de intervención del hombre en la naturaleza, con fines de producción de alimentos y materia prima.	Conjunto de técnicas y conocimientos para cultivar la tierra y criar el ganado (practicar la agricultura).
Enfoque sistémico	Sin enfoque sistémico
Científica	Empírica
Tecnología de punta	Tecnología tradicional

Aunque muchos de los pasos básicos de la agricultura siguen siendo los mismos: labrar, plantar, recolectar, la cría de animales y la comercialización-, las técnicas de cultivo y cría han cambiado sustancialmente a lo largo de los años. Los agricultores actuales han tenido que tomar una mayor conciencia de los costos y beneficios, y prestar mucha más atención al rendimiento y la gestión empresarial. Este es el gran salto de la agricultura tradicional a la agricultura moderna o Agronomía como ciencia.

Existe una tendencia a la especialización en las explotaciones agrarias. Los métodos de producción se han estandarizado y se han refinado. La media del rendimiento de los cultivos ha aumentado más del 55 por ciento desde los años 50, periodo generalmente considerado como la Revolución Verde.

Las economías de escala, permiten a los agricultores aumentar el rendimiento y la productividad, y utilizar métodos que tienen como consecuencia una mayor mecanización. El incremento de la mecanización se refleja en la disminución durante los últimos 50 años de la población activa que se dedica a la agricultura. Gracias al uso de técnicas de mejora genética, de fertilizantes, herbicidas, plaguicidas y fungicidas, así como el desarrollo de la biotecnología en la agricultura, ha aumentado increíblemente la eficacia en la producción de alimentos.

Estos modernos métodos de producción han reducido costos y han aumentado la variedad de alimentos disponibles.

La agricultura química o convencional

La agricultura química o convencional es un sistema de producción agropecuaria basado en el alto consumo de insumos externos al sistema productivo natural, como energía fósil, abonos químicos sintéticos y pesticidas. La agricultura convencional no toma en cuenta el medio ambiente, sus ciclos naturales, ni el uso racional y sostenible de los recursos naturales. Conocida también como agricultura industrial y agricultura química.

Los plaguicidas son cualquier sustancia destinada a atraer, repeler prevenir, destruir o combatir cualquier plaga, durante la producción, almacenamiento, transporte, distribución y elaboración de los



productos agrícolas. Sus sustancias activas pueden ser de origen orgánico, mineral o sintético. Aquí precisamente se abre el debate sobre agroecología y agricultura industrial.

Los plaguicidas son productos que se utilizan para proteger los cultivos de los insectos (insecticidas), de las malas hierbas (herbicidas), los hongos (fungicidas), las bacterias (bactericidas) y de los roedores (rodenticidas), entre otros.

Los problemas de plagas y su solución varían mucho, dependen del clima, los tipos de suelo y muchas otras condiciones. El uso de plaguicidas ha permitido que se puedan producir suficientes productos agrícolas y materias primas de una calidad adecuada y a un precio razonable.

De este modo, la lucha química contra las plagas tiene un papel básico en la agricultura moderna, contribuyendo al enorme incremento de la producción que se ha obtenido durante las últimas décadas en la mayoría de los cultivos de cereales, frutas y hortalizas.

El agricultor se beneficia de una producción más eficaz, las empresas que elaboran productos alimenticios de una calidad más equilibrada de la materia prima y el consumidor de productos sin daños y con menor precio, aunque puede quedar en evidencia el tema de la probable contaminación química de estos productos.

La utilización de plaguicidas también ha permitido a los agricultores cultivar en lugares, que de lo contrario hubieran sido poco apropiados, ampliar los periodos de crecimiento, mantener la calidad de los productos y extender su vida de almacenamiento.

Pero la mayoría de los productos químicos que se utilizan como plaguicidas son tóxicos y el principal argumento contra su uso es el riesgo que suponen para la salud y el peligro de que se contamine el medio ambiente. Estas preocupaciones, entre ellas los posibles efectos crónicos, constituyen la base de todas las regulaciones que controlan el uso de plaguicidas, establecen las normas de seguridad y vigilan los residuos en los alimentos.

Efectos de la agricultura química sobre la salud

Hay serias evidencias de problemas en la salud de la sociedad ecuatoriana (esterilidad femenina y masculina, cáncer, afecciones renales, hepáticas y dermales, malformaciones y discapacidades), en áreas de producción agropecuaria donde se hacen aplicaciones sostenidas de plaguicidas, que deben ser tomadas en cuenta para futuras investigaciones:

Cuadro N° 2: Número de casos y tasa de incidencia anual acumulada de intoxicación por plaguicidas según regiones de Ecuador. 2002-2003

REGIONES	AÑO 2002		AÑO 2003	
	CASOS	TASA	CASOS	TASA
Sierra	1 265	22.26	583	10.11
Costa	776	12.31	1 220	19.11
Amazonía	119	20.60	60	10.08
R. Insular	3	15.59	2	10.01
Total país	2 163	17.08	1 865	14.52

Tasa por 100 000 habitantes

Fuente: EPI-2: Epidemiología. MSP, Ecuador

Efectos de la agricultura química sobre el ambiente

- Se ha determinado que solo el 5 % del total de plaguicidas controla las plagas
- El 95 % de los plaguicidas se dispersa en el ambiente, contaminando los ecosistemas agrícolas, cuyos efectos son:
 - Pérdida de la biodiversidad del sistema agrícola
 - Contaminación de las fuentes y cursos de agua
 - Contaminación de suelos y pérdida de la fertilidad natural
 - Contaminación de los alimentos.

La agricultura ecológica

La ecología es la ciencia que estudia las interrelaciones de los diferentes seres vivos entre sí y con su entorno: «la biología de los ecosistemas» (Margalef, 1998, p. 2). Estudia cómo estas interacciones entre los organismos y su ambiente afectan a propiedades como la distribución o la abundancia. En el ambiente se incluyen las propiedades físicas y químicas que pueden ser descritas como la suma de factores abióticos locales, como el clima y la geología, y los demás organismos que comparten ese hábitat (factores bióticos). Los ecosistemas están compuestos de partes que interactúan dinámicamente entre ellos junto con los organismos, las comunidades que integran, y también los componentes no vivos de su entorno.



Los procesos del ecosistema, como la producción primaria, la pedogénesis (La pedogénesis, edafogénesis o formación del suelo es el proceso por el cual se crea el suelo. Es el principal tópico de la ciencia del suelo y la pedología, cuyos otros aspectos de estudio incluyen la morfología de suelos, la taxonomía de los suelos, y su distribución natural, presencia y pasado, geografía de suelo y paleoedafología), el ciclo de nutrientes, y las diversas actividades de construcción del hábitat, regulan el flujo de energía y materia a través de un entorno. Estos procesos se sustentan en los organismos con rasgos específicos históricos de la vida, y la variedad de organismos que se denominan biodiversidad. La visión integradora de la ecología plantea el estudio científico de los procesos que influyen la distribución y abundancia de los organismos, así como las interacciones entre los organismos y la transformación de los flujos de energía. La ecología es un campo interdisciplinario que incluye a la biología y las ciencias de la Tierra



La agroecología es una disciplina científica relativamente nueva (década de los setenta del siglo XX), que frente a la agronomía convencional se basa en la aplicación de los conceptos y principios de la ecología, al diseño, desarrollo y gestión de sistemas agrícolas sostenibles.

La agroecología, además de su enfoque ambientalista, presenta una visión holística en la que los factores presentes en la producción agrícola se relacionan estrechamente y sus interacciones redundan en beneficios tanto para el medio ambiente, como para los productos agrícolas obtenidos, así como en la salud humana. Es una relación simbiótica:

- sostenibilidad del medio ambiente con muy bajo impacto sobre el suelo, fuentes hídricas, libre de contaminación y bajo componente energético,
- productos agrícolas de mayor calidad, libre de contaminantes y menor costo de producción,
- salud humana, mediante alimentos libres de productos tóxicos para la salud, es una vía que permite que los productos hortícolas puedan aportar sus mayores beneficios a la salud humana a través del gran potencial en vitaminas, minerales y fibra. Cuando las personas se alimentan con hortalizas, de nada vale si están contaminadas y en lugar de los beneficios esperados, lo que hacen es contaminar sus organismos con tóxicos y oxidantes.

El suelo es considerado un ecosistema que alberga vida, en constante proceso de transformación, que requiere que sus procesos a escala micro y macro sean tenidos en cuenta, al igual que sus estrechas interrelaciones con los elementos bióticos y abióticos que conforman todo el sistema productivo y ambiental.

Una introducción a los principios básicos y su aplicación, aparece en un momento muy oportuno y preciso, por cuanto hoy nadie niega la pertinencia de considerar el componente ecológico y ambiental en el desarrollo agrícola. La crisis de sustentabilidad en el mundo se ha agravado de tal forma que obliga a tomar decisiones lo más rápido posible.

Sin duda, la agricultura ecológica es la alternativa más real para alcanzar una agricultura sustentable, en un sentido amplio, es decir, incorporando además la sustentabilidad alimentaria como un concepto fundamental y sin perjuicios de la salud humana.

Los problemas de salud ambiental y humana que pueden causar los agroquímicos han propiciado la producción de alimentos ecológicos, este es un tipo de agricultura que está creciendo rápidamente en el mundo. Los alimentos ecológicos son los productos de un sistema de explotación agrícola, en el que se evita utilizar fertilizantes artificiales, plaguicidas, reguladores del crecimiento y suplementos alimenticios para ganado.

Cuadro N° 3: Agricultura convencional vs. Agricultura ecológica

Agricultura convencional	Agricultura ecológica
Tiende al monocultivo	Propone la diversificación de cultivos, complementando con la actividad pecuaria y forestal
Prioriza la fertilidad química sobre la fertilidad física y biológica	Se preocupa tanto por la fertilidad física, química y biológica
Uso creciente de fertilizantes químicos, sobre todo nitrogenados	Uso preferencial de abonos orgánicos
Se caracteriza por una excesiva mecanización del suelo	Tiende a minimizar la práctica de la mecanización del suelo
Propone el control de plagas a base de pesticidas químico-sintéticos	Propone el manejo de plagas a base de una combinación de alternativas tecnológicas no contaminantes
Prioriza la cantidad sobre la calidad del producto cosechado	Prioriza la calidad sobre la cantidad del producto cosechado.
Se inserta más en una economía de mercado	Se inserta más en una economía familiar, para luego proyectarse al mercado

Entre los principios fundamentales de la producción de alimentos ecológicos se encuentran los siguientes:

- El uso mínimo de "insumos" como fertilizantes y plaguicidas;
- El uso de algunos plaguicidas "naturales" (no se permite el uso de plaguicidas sintéticos);
- El establecimiento de normas sobre materias permitidas, materias restringidas y materias prohibidas;
- La tolerancia de niveles bajos de residuos de algunos plaguicidas sintéticos en la producción ecológica, procedentes de plaguicidas que "se filtran" de otros campos o de suelo en el que se hayan utilizado anteriormente plaguicidas.

La agricultura sostenible

La agricultura sostenible es aquella que, en el largo plazo, contribuye a mejorar la calidad ambiental y los recursos básicos de los cuales depende la agricultura, satisface las necesidades básicas de fibra y alimentos humanos, es económicamente viable y mejora la calidad de vida del productor y la sociedad toda.

Un manejo sostenible de los agroecosistemas queda definido por una equilibrada combinación de tecnologías, políticas y actividades, basada en principios económicos y consideraciones ecológicas, a fin de mantener o incrementar la producción agrícola en los niveles necesarios para satisfacer las crecientes necesidades y aspiraciones de la población mundial en aumento, pero sin degradar el ambiente. Es aquella agricultura “que se basa en sistemas de producción con aptitud de ser útiles a la sociedad INDEFINIDAMENTE”. El objetivo de la agricultura sostenible es producir alimentos de manera eficaz y productiva, pero conservando y mejorando el medio ambiente y las comunidades locales. Guarda una relación muy estrecha con la agroecología.

Requisitos para desarrollar una agricultura sostenible

- Conservar los recursos productivos
- Preservar el medio ambiente
- Responder a los requerimientos sociales
- Ser económicamente competitiva y rentable

La biotecnología: modificación genética

En su definición más amplia, la biotecnología se refiere a cualquier técnica que utilice organismos vivos para fabricar productos, mejorar vegetales o animales, o para desarrollar microbios para usos determinados. Esta definición incluye los métodos tradicionales de mejora vegetal, cría de animales y fermentación, cuyas raíces se remontan a hace miles de años.

También comprende los métodos de la biotecnología moderna, como el uso industrial de ADN recombinante (ácido dextrirribonucleico), la fusión celular y las nuevas técnicas de bio procesamiento.

Una parte importante de la biotecnología moderna es la investigación, transmisión y modificación de genes, que son las unidades que permiten que se puedan heredar todas las características, ya sea un rendimiento máximo de un cultivo, el color de una fruta o las enzimas producidas por una cepa de levadura.



La información que los genes contienen puede ser transferida entre diferentes especies de animales, vegetales o bacterias para obtener determinadas ventajas. Por ejemplo, se ha introducido con éxito en varios cultivos un gen para una proteína bacteriana que mata las plagas de insectos, reduciendo la necesidad de utilizar insecticidas químicos.

Además de transferir genes entre especies, también es posible "neutralizar" los rasgos no deseados. Por ejemplo, esta técnica se ha utilizado para neutralizar el gen responsable del ablandamiento en el tomate, lo cual ha dado como resultado un producto con mejores cualidades de conservación.

La introducción de la biotecnología moderna en la agricultura ha levantado bastante polémica, actualmente, sólo está autorizado su uso en unos cuantos cultivos.

Bibliografía

1. ACC/SCN (2000). Fourth Report on the World Nutrition Situation. Geneva: ACC/SCN. Cohen, J. E. (1996).
2. How many People can the Earth support? New York: Norton Dyson, T. (1999). Prospects for feeding the world. British Medical Journal, 319:988-990.
3. Estabrook, R. (2000). Agriculture and food production. Food Insight Quick facts on Food safety and Nutrition. International Food Information Council (IFIC) Foundation, Washington D.C., USA.
4. European Commission (1999). The agricultural situation in the European Union, 1998 Report. Report published in conjunction with the General Report on the Activation of the European Union-1998. Brussels/Luxembourg, 1999.
5. European Commission Scientific Committee for Food (1997). Opinion on principles for the development of risk assessment of microbiological hazards under the Hygiene of Foodstuffs Directive. Brussels: European Commission 93/43/EEC; expressed on 13th June 1997.
6. European Union Directives 2092/91 "Crop Products" and 1804/99 on "Livestock Products". Establishment of criteria for the organic production of agricultural products.
7. FAO/WHO (1996). Codex Alimentarius Commission. Risk Assessment. Rome: FAO (CL96/21 Gen.).
8. Food and Agriculture Organisation (FAO) (1999). Food Insecurity Report 2000. Rome: FAO.
9. Institute of Food Science and Technology (1999). Organic food. IFST Position Statement. Food Science and Technology Today, 13(2):108-113.
10. King, M. (1999). Commentary: Bread for the world-another view. British Medical Journal, 319:991.
11. Leatherhead Food R.A. (1998). The European Organic Foods Market. Special Report. LFRA, Leatherhead, Surrey, UK.

12. Leatherhead Food R.A. (2000). The International Organic Foods Market. LFRA, Leatherhead, Surrey, UK.
13. Lipton, M. (2001). Challenges to meet: food and nutrition security in the new millennium. Proceedings of the Nutrition Society, 60:203-214.
14. McMichael, A. J. (2001). Impact of climatic and other environmental changes on food production and population health in the coming decades. Proceedings of the Nutrition Society, 60:195-201.
15. McMichael, P. (2001). The impact of globalisation, free trade and technology on food and nutrition in the new millennium. Proceedings of the Nutrition Society, 60 215-220.
16. Mepham, T. B. (2000). The role of food ethics in food policy. Proceedings of the Nutrition Society, 59:609-618.
17. Sanders, T. A. B. (1999). Food production and Food safety. British Medical Journal, 318:1689-1693.
18. Troth, J. R. (2001). Policing the organic field. Food Science and Technology Today, 15(1):41-44.
19. United Nations (1999). World Population Prospects: the 1998 Revision. New York: United Nations.
20. Wright, S. (1994). Editor. Handbook of Organic Food Processing and Production. Black Academic and Professional, London.



Capítulo 3

Manejo del clima

Se ha manifestado que los factores externos no tienen control, pero existe una técnica que permite al agricultor aislar al cultivo del medio y generar un microclima que puede ser manejado, es la técnica del cultivo en invernaderos o también conocida como cultivo protegidos. Se define al cultivo forzado o protegido como aquel que, durante todo el ciclo de producción, o en una parte del mismo, se incorporan modificaciones que actúan acondicionando el microclima del espacio donde crecen las plantas.

Al colocarse sobre una estructura una cubierta transparente, se genera un clima espontáneo en su interior que favorece el cultivo de diversas especies. A los fines prácticos llamaremos cultivos en invernaderos como sinónimo de cultivos protegidos, pero se deberá tener claro que en un invernadero se puede controlar con mayor eficiencia factores como temperatura, humedad, luz y anhídrido carbónico.



El ambiente que se logra dependerá de la naturaleza de la cubierta y de la estructura, de la forma geométrica y de las condiciones del clima externo. Además de la modificación del clima, este sistema de producción incluye otros aspectos tecnológicos que inciden marcadamente en el comportamiento de cada especie, tales como: riego localizado, fertirrigación, épocas de producción, densidad de plantación, conducción de los cultivos, control de plagas y enfermedades, etc. Realizar cultivos en forma protegida es una estrategia productiva que persigue además los siguientes objetivos: aumentar la

producción, obtener productos de mejor calidad, adelantar (primicia) y atrasar el momento de la recolección (cosecha y post cosecha).

Un invernadero, descriptivamente, puede decirse que es una construcción agrícola cuya estructura es de madera, hierro u otros materiales de alturas variables que se adecuan a las necesidades del cultivo, labores mecánicas y operarios, con paredes y techo generalmente recubiertos por una película de nylon permeable a la radiación solar. Desde el punto de vista del aprovechamiento de energía, podemos definir al invernadero como el sistema más simple y económico para captar energía solar a favor de los cultivos.

Al cultivar bajo cubierta especies hortícolas como tomate, pimiento, apio, lechuga, espinaca, etc. se logra aumentar la producción, calidad y la precocidad, lo que incide directamente sobre la rentabilidad. Para cumplir su ciclo todas las plantas tienen exigencias muy concretas en cuanto a temperatura, por ello su implantación debe hacerse en aquellas épocas del año que cubran las necesidades de germinación, crecimiento y desarrollo.

Si implantamos un cultivo en un medio donde la temperatura se ubique en un rango adecuado, las plantas se desarrollarán en plenitud. Los invernaderos crean un clima artificial elevando o disminuyendo (según las condiciones climáticas o región geográfica) la temperatura del interior con respecto al exterior; la diferencia entre estas temperaturas puede variar entre 3 y 18 grados centígrados; dependiendo de la temperatura que se tenga en el ambiente externo, normalmente estas condiciones anticipan el momento de cosecha.

El uso de cultivares adecuados (híbridos o de polinización abierta) de buena aptitud para cultivar en sistemas protegidos y complementadas con prácticas culturales adecuadas, tales como riego, fertirrigación, conducción, control racional de plagas y enfermedades, densidad de siembra, época de siembra, entre otros, permiten alcanzar producciones que superan cualitativamente y cuantitativamente a los realizados al aire libre. Otro de los fines que se logra con la protección de los cultivos es aumentar significativamente la seguridad de la cosecha, permitiendo además obtener mayor proporción de

Tipos de invernaderos



Multitúnel



Túnel



Dos aguas

Tipos de invernadero

productos de alta calidad debido a la protección que ofrece ante ciertos fenómenos climáticos perjudiciales como granizos, lluvias intensas, fuertes vientos, heladas, etc., además de brindar mejores condiciones laborales.

El cultivo bajo invernaderos ha proliferado mucho durante los últimos años en nuestro país, esta técnica de cultivo se ha utilizado en diversos campos como flores, hortalizas y frutas. Se debe a que, gracias al invernadero, se puede acondicionar un microclima favorable para las plantas obteniendo incremento en la producción, productos de calidad y precocidad en la cosecha. Adicionalmente debe mencionarse que el invernadero, por su característica de "manejar" un microclima, reduce considerablemente el ataque de enfermedades y plagas, controla, y protege en cierta medida de los agentes externos como el polvo, agua, los rayos ultravioletas. Las técnicas de cultivar en invernadero constituyen la única alternativa para controlar el medio ambiente.



Las ventajas de la utilización de los invernaderos en la agricultura, comparado con el cultivo a campo abierto, han sido constatadas por los agricultores ecuatorianos, y es así como se ha cultivado bajo invernadero varios productos de los que podemos mencionar algunos como: el tomate riñón, babaco, melón, pimiento, etc.

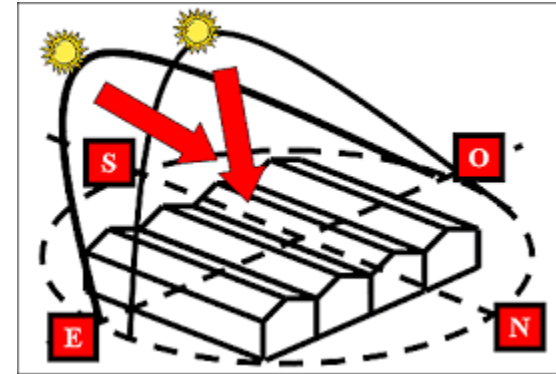
Ventajas de cultivar bajo invernadero:

- Cosechas más tempranas.
- Cosechas en épocas de precios elevados.
- Mayor productividad por planta.
- Menor utilización de pesticidas y fungicidas.
- Productos de mejor calidad.
- Menor impacto de plagas y enfermedades.
- Ahorro en agua de riego.
- Resistencia a los agentes atmosféricos como granizadas, heladas, vientos fuertes, etc.

Características que debe tener un invernadero

Algunas de las principales características que reúne un invernadero son:

Resistencia: el invernadero debe estar en capacidad de resistir además de su peso propio, los ataques de los eventos de la naturaleza como fuertes vientos y lluvias, incluso en algunos sectores del país soportar densas granizadas. Por lo que el invernadero deberá obedecer a un diseño técnico y utilizar productos de calidad, que garanticen que la inversión realizada por el agricultor este a buen recaudo. Además de la resistencia, durabilidad y hermeticidad, otra de las características que debe poseer un invernadero es:



Funcionalidad: el término funcionalidad se relaciona con el espacio adecuado para disponer las camas, pasillos y calles interiores, para que el personal que trabaja en el cultivo, desarrolle sus labores con comodidad y seguridad; además utilizaremos este término, para abarcar el concepto de que el invernadero, debe tener el diseño adecuado, y los elementos necesarios para manejar eficientemente las variables de temperatura, humedad, luminosidad y contenido de anhídrido carbónico (CO₂); pues, estas cuatro variables influyen en el desarrollo de los cultivos especialmente:

- En la absorción de las soluciones del suelo, por medio de las raíces, con humedad y temperatura del suelo y ambiente adecuado.
- En el proceso de fotosíntesis, cuando se tiene la luminosidad adecuada, buena concentración de CO₂, temperatura y humedad apropiada.
- Normal transpiración de las plantas, para lo cual se requiere que la humedad no sea excesiva y la temperatura este en los rangos normales.
- Respiración óptima de las plantas, en un ambiente con concentración normal de CO₂, temperatura y humedad normales.

Se analizarán algunos detalles sobre estas cuatro variables, y su influencia en los cultivos, con el objeto de determinar qué elementos necesarios deben contener los invernaderos, con el propósito de lograr un adecuado "manejo" del "microclima".

Temperatura: es importante que la temperatura del suelo y la interna del invernadero se mantengan en ciertos niveles, para que los cultivos se desarrollen de una manera óptima.

- **Temperatura del suelo:** a temperaturas del suelo adecuadas las raíces desarrollan normalmente sus funciones, y adicionalmente, estas temperaturas permiten el desarrollo de la vida microbiana benéfica para las plantas, las cuales degradan y preparan los compuestos minerales y orgánicos existentes en el suelo para ser captados por las plantas.

La orientación del invernadero y la altura del mismo, influyen en la temperatura del suelo, una orientación del eje del invernadero en sentido Norte - Sur, permitirá una mejor captación de la radiación solar en invernaderos a dos caídas, pues sus cubiertas están dispuestas a recibir directamente los rayos solares la una por la mañana y otra en la tarde; comparado con un invernadero cuyo eje esté dispuesto en el sentido este- oeste.

En lo relacionado a la altura de los invernaderos, mientras más bajo es el invernadero, menos volumen de aire tiene el invernadero, y más calor se tendrá comparado con un invernadero de la misma superficie, pero de mayor altura.

- **Temperatura interna:** a bajas temperaturas, las plantas detienen su crecimiento y a temperaturas muy bajas (8 °C), el agua contenida en las células se cristaliza y desgarran las membranas celulares produciendo la muerte de la planta. Mientras que, a temperaturas elevadas extremas, se produce la coagulación del protoplasma de las células y la muerte de la célula.

Cada tipo de cultivo, dependiendo del ciclo biológico en que se encuentren, en cierto rango de temperaturas desarrolla normalmente sus funciones vitales.

Cuadro N°4: Exigencias de temperatura en invernadero de algunos cultivos (°C).

Cultivo	Temperatura mínima biológica	Temperatura óptima		Temperatura máxima biológica
	°C	Noche	Día	°C
Tomate	8-10	13-16	22-26	26-30
Pepino	10-13	18-20	24-28	28-32
Melón	12-14	18-21	24-30	30-34
Pimiento	10-12	16-18	22-28	28-32
Berenjena	9-10	15-18	22-26	30-32
Clavel	4-6	10-12	18-21	26-32
Rosa	8-12	14-16	20-25	30-32

Es importante que la pendiente del suelo del invernadero sea suave (2 al 1 por mil) caso contrario para pendientes altas; el aire caliente como pesa menos que el aire frío, se acumulara en las zonas de cofas altas del invernadero y se tendrá gradientes térmicos. Dentro de un mismo invernadero, estas diferencias pueden alcanzar hasta 5 °C.

Con el objeto de poder "influir" y alterar las condiciones de temperatura en el interior del invernadero, se debe dotar al mismo de elementos que permitan ventilar, como son las ventanas laterales, frontales y aperturas cenitales, que se lo puede operar manualmente.

Durabilidad: con el objeto de analizar la durabilidad en los invernaderos es necesario mencionar que la durabilidad del material de cubierta (polietileno en su gran mayoría), es menor que el de la estructura de soporte del invernadero. Por lo que se hará mención únicamente a este segundo. La durabilidad de la estructura está relacionada con los materiales, que se utilicen en el invernadero, se menciona dos tipos de los más utilizados en nuestro país el invernadero de madera y el metálico con, protección galvanizada.



En los invernaderos con estructura soportante de madera se debe considerar que los elementos que más sufren deterioro son las bases de las columnas, las cuales están en contacto con el suelo y las cerchas de la cubierta. Con estas precauciones se pueden considerar mecanismos para evitar su deterioro. Se puede considerar que la vida útil de este tipo de estructura está entre 3 y 5 años dependiendo de la zona donde esté ubicada, a los agentes externos de suelo y atmosféricos a los que esté expuesto.

Para el caso de estructura de soporte metálica, el acero base es cubierto con zinc, proceso que se lo conoce como galvanización, este recubrimiento proporciona una protección eficaz a la corrosión, en nuestro país los primeros invernaderos metálicos galvanizados fueron instalados en el año de 1990, y se estima que su vida útil alcanzará los 20 años.

Hermeticidad: en relación a que tan hermético debe ser un invernadero, este no requiere un 100% de hermeticidad en nuestro medio, pues por la necesidad de ventilación que requieren los cultivos, el invernadero está provisto de ventanas laterales y apertura cenital en la parte superior de la cubierta, que son aberturas que permiten tener contacto con el medio externo.

Sin embargo, el invernadero debe ser diseñado para proteger al cultivo de la entrada del agua lluvia, pues esta, al tomar contacto con las hojas, proporciona un medio adecuado para la propagación de enfermedades.

El invernadero deberá tener elementos que conduzcan adecuadamente al agua lluvia hacia lugares seguros, la pendiente o inclinación de la cubierta deberá ser la necesaria para permitir que el agua no se estanque en la misma; los canalones recolectores deberán tener la suficiente capacidad hidráulica para transportar el agua hacia las bajantes y estas finalmente desaguar en los drenajes exteriores.



Se recomienda para invernaderos que solo tengan ventanas laterales y frontales que el área de estas tenga como mínimo un 20% de la superficie del invernadero. Para el caso que el invernadero tenga ventanas laterales, frontales y apertura cenital, el porcentaje deberá ser como mínimo el 15% de la superficie repartida 30% en apertura cenital y 70% en ventanas laterales y frontales. En lo que se refiere al tamaño del invernadero para efectuar controles manuales de temperatura eficiente, se recomienda que estos no sean de una gran superficie, áreas comprendidas entre 2000 a 5000 m², son más manejables que áreas mayores. Invernaderos de mayor desarrollo tecnológico, pueden disponer de ventiladores-extractores, calefactores, pantallas térmicas que necesariamente tienen que ser mecanizados para su operación.

Manejo del invernadero

Temperatura: en el invernadero se deberá colocar termómetros de máxima y mínima en el interior, así como un termómetro en el exterior, con el objeto de obtener la información necesaria que nos permitirá tomar las acciones correctivas del caso. Para disminuir la temperatura interior del invernadero, se recomienda:

A	Ventilar	<ul style="list-style-type: none"> • Abriendo ventanas-laterales y frontales, (manual). • En zonas del litoral de mucho calor, los invernaderos no tienen paredes laterales cubiertas, únicamente pequeños antepechos. • Utilizando, ventiladores, extractores (mecánica). Mediante este método la temperatura alcanzará valores iguales a los de la temperatura exterior.
B	Actuar sobre la cubierta	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizando mallas de sombreo-sobre la cubierta. Existen mallas de diferentes porcentajes de sombreo. • Pintando la cubierta (blanqueo). Importante utilizar-pinturas que-no reaccionen o deterioren el material de la cubierta para lo cual lo cual se recomienda consultar con los fabricantes. • Regando agua con colorante sobre la cubierta, que además de refrescar la cubierta ocasionará cierta opacidad y sombreo.
C	Aumentar la humedad interior	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante riego al suelo. • Nebulizando, utilizando aspersores a alturas sobre los cultivos que rocíen o pulvericen agua, sin que moje a las hojas. • Refrigerando, humidificando el aire del exterior y circulándolo hacia el interior. • Mediante este método la temperatura alcanzará valores menores a os de la temperatura

exterior.

Para aumentar la temperatura interior del invernadero, se recomienda:

A	Ventilar	<ul style="list-style-type: none"> • Cerrando las ventanas laterales y frontales (Manual). En zonas andinas de mucho frío, se recomienda que los invernaderos tengan un control de cierre de la apertura cenital, especialmente por las noches.
B	Calefacción	

Humedad: al interior del invernadero tiene incidencia en la fotosíntesis, transpiración, fecundación y desarrollo de enfermedades criptógamas. En ambiente húmedo, los estomas se abren, favoreciendo al proceso de fotosíntesis, en ambiente seco, las estomas se cierran por lo que se reduce el intercambio gaseoso entre planta y atmósfera. Cada cultivo necesita de un cierto rango de humedad para que tenga un buen crecimiento, en el siguiente cuadro se resume los valores óptimos de humedad relativa para algunos cultivos:

Cuadro 5: Humedad relativa óptima de algunos cultivos de invernadero

Cultivo	Humedad (%)
Tomate riñón	50-60
Pimiento	50-60
Berenjena	50-65
Pepino	70-90
Melón	60-70
Sandia	65-75
Lechuga	60-80
Acelga	60-70
Apio	65-80

(Serrano C Zoilo, 1994)

Control de la humedad: al igual que en el control de la temperatura, los porcentajes de ventilación de ventanas, y, apertura cenital, así como los tamaños recomendables del invernadero, son importantes; adicionalmente debe mencionarse que existe una estrecha relación entre la humedad y la temperatura.

Cuando la humedad es baja, las estomas de las hojas se cierran, estableciéndose un equilibrio de evapotranspiración y absorción entre las hojas y el sistema radicular, si bruscamente se aumenta la humedad, a temperaturas altas, las raíces no son capaces de absorber la cantidad necesaria de agua que las hojas transpiran, como consecuencia las plantas se deshidratan.

Cuando la humedad es alta, se limita la transpiración de los cultivos, y la planta trabaja al máximo, si bruscamente se baja la humedad, a temperaturas altas, puede ocurrir una transpiración excesiva y deshidratación de las plantas.

Por lo que los cambios violentos de la humedad son perjudiciales en los cultivos, de lo que se concluye que es muy importante mantener siempre la humedad en los valores deseados para los diferentes tipos de cultivos, y se recomienda colocar en el invernadero un higrómetro (dispositivo que permite medir la humedad relativa de la atmósfera del invernadero).



Para aumentar la humedad interior del invernadero, se recomienda:

A	Riego	<ul style="list-style-type: none">• Aumentar el riego al suelo siempre y cuando esto no perjudique o sobrepase los límites máximos permisibles, preferiblemente se los debe realizar por la mañana.• Nebulizando, utilizando aspersores a alturas sobre los cultivos que rocíen o pulvericen agua, sin que moje las hojas.
B	Disminuir la temperatura	<ul style="list-style-type: none">• Utilizando mallas de sombreo sobre la cubierta.• Existen mallas de diferentes porcentajes de sombreo.• Pintando la cubierta (blanqueo). Importante utilizar pinturas que no reaccionen o deterioren el material de cubierta, para lo cual se recomienda consultar con los fabricantes.• Regando agua con colorante sobre la cubierta, que además de refrescar la cubierta ocasionará cierta opacidad y sombreo.

C	Mediante evaporación	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizando recipientes con agua y ubicándolos uniformemente a lo largo del invernadero.
Para disminuirla humedad interior del invernadero, se recomienda:		
A	Ventilar	Siempre que la humedad del exterior sea menor: <ul style="list-style-type: none"> • Abriendo las ventanas laterales y frontales (manual). • Utilizando ventiladores-extractores (mecánica)
B	Aumentar la temperatura	<ul style="list-style-type: none"> • Calefacción.
C	Evitar la evaporación	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizando acolchados en el suelo • Control en los riegos (evitando excesos).

Luminosidad: es un factor importante en el proceso de la fotosíntesis, lo que incide en la producción de compuestos orgánicos ricos en energía, por lo que, al utilizar invernaderos, la orientación de los mismos deberá obedecer hacia un mejor aprovechamiento de la luz. Así como los materiales que se utilicen en la estructura de soporte de los invernaderos; deberán producir la menor cantidad posible de sombra. En un invernadero con estructura metálica se tiene un área de sombra del 10%, mientras en un invernadero de madera el porcentaje de sombra supera el 20% -22%.

El invernadero debe proteger a los cultivos de los efectos perjudiciales que ejercen los rayos ultravioletas en las plantas, esta es una de los aspectos que diferencian al cultivo protegido del cultivo del campo abierto, mientras las plantas que no están bajo invernadero gastan energía para protegerse de los rayos ultravioletas, las plantas en el interior de un invernadero utilizan esta energía para follaje, crecimiento y frutos.

El material de cubierta que se utilice en los invernaderos deberá tener una gran transparencia a las radiaciones lumínicas, contener estabilizadores para contrarrestar los rayos ultravioletas, difundir los rayos de luz en el interior del invernadero y evitar que las radiaciones caloríficas se fuguen del interior del invernadero.

Existen diferentes tipos de materiales que se utilizan para la cubierta del invernadero, mencionamos el cristal (vidrio) y los plásticos. El vidrio debe estar pulido por una cara y por la otra deberá ser rugoso, colocando esta cara por el interior con el

objeto de que los rayos luminosos que atravesase se difundan al salir por la cara rugosa; en el caso de los plásticos se tiene: Polietileno de alta y baja densidad, Poli cloruro de vinilo, Poliéster, Polipropileno, entre otros.

En el Ecuador, el producto más utilizado por su gran relación beneficioso/costo, es el polietileno de baja densidad que tiene un sin número de propiedades que ayudan a los cultivos, aprovechando lo benéfico de las radiaciones solares y evitando lo perjudicial de las mismas. Los materiales de polietileno de baja densidad, ofrecen una duración efectiva de protección a los rayos ultravioletas de 18 a 24 meses inclusive con los últimos avances tecnológicos se podría llenar a duraciones de 36 meses.

Anhídrido carbónico: el anhídrido carbónico (CO₂) es la materia prima indispensable en el proceso de fotosíntesis, el nivel de CO₂ en el aire es aproximadamente de 0.3 por mil, en el interior del invernadero este nivel desciende por el consumo en el proceso fotosintético, por lo que existe la necesidad de incrementar esta concentración. Con niveles de CO₂ de orden del 1 por mil durante las horas de mayor actividad fotosintética en el invernadero se han incrementado las producciones en aproximadamente un 20%, precocidad y mejora del tamaño de los frutos, sin embargo, niveles de CO₂ del 3 por mil resultan tóxicos para los cultivos. Los niveles de concentración de CO₂ en el invernadero alcanzan su máximo valor por la noche y su mínimo valor en las horas de máxima luz.

El enriquecimiento de CO₂ se le deberá realizar en la mañana antes de la salida del sol y se le mantendrá todo el tiempo que el invernadero permanezca cerrado, a temperaturas que no sobre pasen los 20°C, aún por la tarde cuando baje la temperatura, se mantendrá hasta cuando exista luz solar.

Para aumentar el CO₂ en el invernadero, se recomienda:

A	Ventilar	<ul style="list-style-type: none">Renovar el aire-bajo en concentración de CO₂, con aire del exterior que contiene aproximadamente el 0.3 por mil.
B	CO ₂ puro	<ul style="list-style-type: none">Mediante una red de tubería se distribuye gas.
C	Bloques sólidos	<ul style="list-style-type: none">Se ubican en diferentes sitios del invernadero bloques sólidos que pasan lentamente al estado gaseoso.
D	Combustión de gas propano	<ul style="list-style-type: none">Se debe asegurar que la combustión sea buena caso contrario se producirá etileno, dañino para las plantas.

Finalmente cabe mencionar que la temperatura, la humedad, la luminosidad y el contenido de anhídrido carbónico, participan en conjunto en el desarrollo de los cultivos y es muy importante que; el diseño, la construcción y "manejo" del invernadero, se consideren todos los aspectos que los relacionan entre sí.

Bibliografía

Cultural SA. Técnico en agricultura. Cultural, S.A, España 1996

Himat. Manual del observador meteorológico. Biblioteca Himat, Colombia, 1982

Terranova. Enciclopedia agropecuaria. Terranova Editores, Ltda. Colombia 1995

Serrano Cermeño Zoylo. Técnicas de Invernadero. España .1994.



Capítulo 4

El suelo y su preparación

El productor agrícola inicia su cultivo con la preparación del suelo, para comprender mejor esta técnica realizaremos un estudio general del suelo y luego procederemos a describir las principales actividades que contemplan la labranza del suelo.

Suelos de cultivo o suelos agrícolas

Es usual llamarle “tierra”; constituye la parte sólida de nuestro planeta y se forma al romperse y desintegrarse el material rocoso y luego con la ayuda de microorganismos, se le añade materia orgánica y otros elementos. El proceso ocurre tan lentamente que usualmente no lo notamos.

El suelo está compuesto por partículas de rocas combinadas con:

- Materia orgánica.
- Organismos vivos.
- Aire.
- Humedad (agua).

Se compone principalmente de minerales que se originan de la roca que se ha desintegrado en pequeños pedazos. Fuera de algunas rocas, grava y otros restos de piedra, la mayor parte de las partículas de minerales se conocen como arena, limo, o arcilla.

Estas partículas minerales le dan la textura al suelo, donde la arena tiene las partículas más grandes y sueltas; la arcilla tiene las partículas más pequeñas y el limo tiene las partículas de tamaño intermedio.

Origen

El suelo se origina por la acción de fuerzas físicas que actúan sobre la roca madre desintegrándola, como son la temperatura, erosión, plantas y animales y fuerzas químicas como la hidrólisis. La hidrólisis consiste en que el agua compuesta por HOH descompone en el suelo sus iones de H^+ desalojando a otros elementos como Ca, Mg, K de sus compuestos originales, ocupando su lugar y transformándolos en otros de características químicas diferentes.

Los cambios físicos producen desintegración y los químicos descomposición.

Perfil del suelo

Si realizamos un corte transversal o una calicata de 2 m a 3 m de profundidad en el suelo, podemos analizar su perfil es decir las capas u horizontes que lo componen.

Los horizontes se designan por las primeras letras del alfabeto, en el horizonte A se presenta la capa superficial y suele ser rica en materia orgánica por lo que presenta una coloración oscura. La capa media u horizonte B, es más rica en arcillas y minerales y por lo tanto de color más claro.

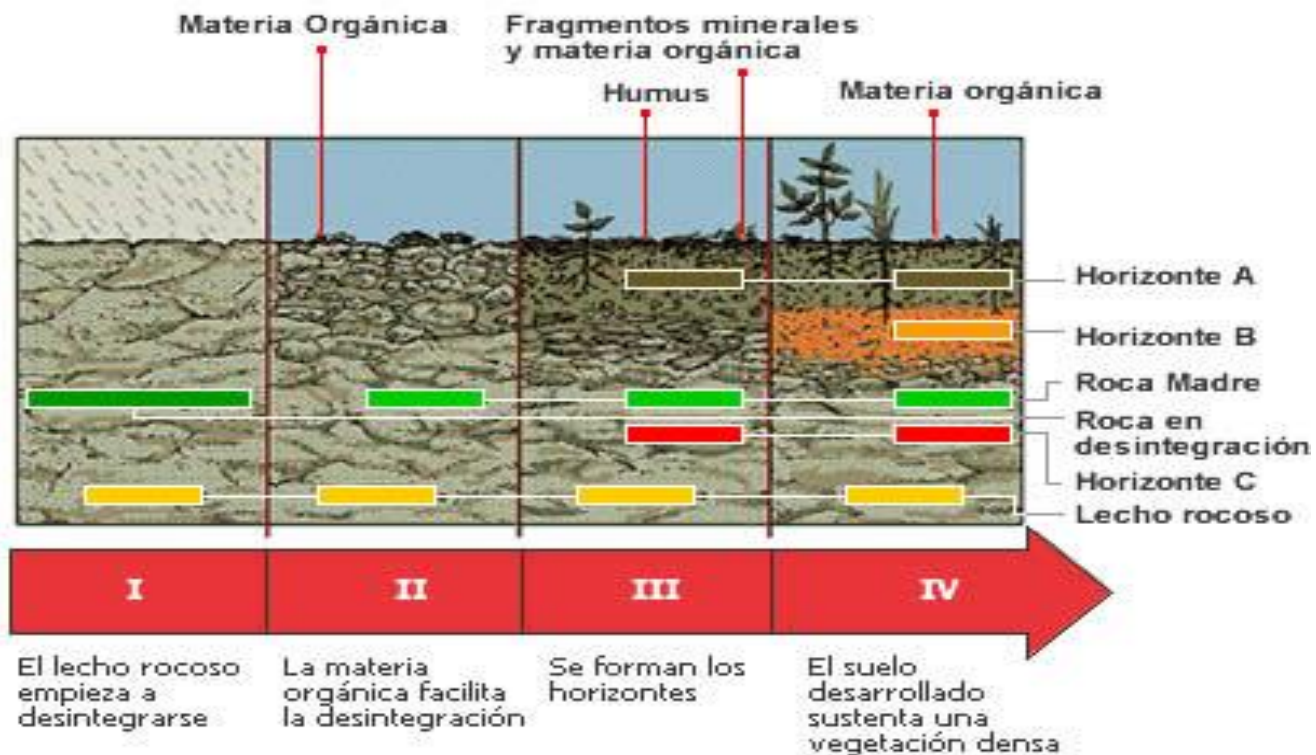
Los **horizontes A** y **B** presentan sub horizontes cuya nomenclatura varía mucho en función de los autores.

En tercer lugar, encontramos el **horizonte C**, que representa a la Roca madre ligeramente meteorizada. Finalmente, el **horizonte R** o roca madre subyacente.



En suelos cultivados, los horizontes superiores se mezclan en ocasiones por las labores de labranza y forman la capa arable. Si se analiza el perfil de un suelo boscoso no labrado, se encuentran horizontes muy definidos, como a continuación se detalla.

Horizonte O: con subhorizontes O1 y O2. El subhorizonte O1, presenta una capa de residuos de vegetales y animales que inician su descomposición. En el subhorizonte O2, la materia orgánica se encuentra descompuesta por acción de los microorganismos que habitan en él.



Horizonte A: con subhorizontes A1, A2 Y A3.

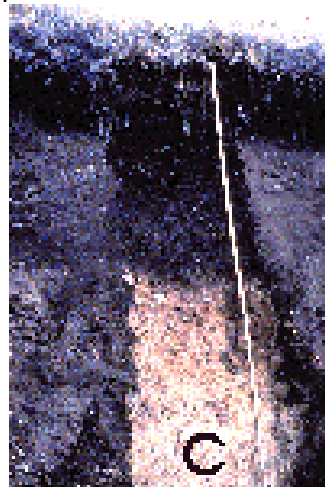
- Subhorizonte A1: es una capa enriquecida por la acumulación de materia orgánica que se lava hacia adentro desde el horizonte superior, (iluviación).
- Subhorizonte A2: en esta capa la concentración de materia orgánica es cada vez menor y se puede encontrar minerales ya formados por eluviación o lavado hacia fuera de los minerales.
- Subhorizonte A3: es una capa no diferenciada de transición.

Horizonte B: con subhorizontes B1, B2 y B3.

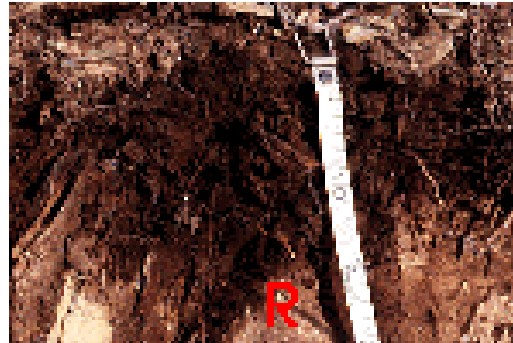
- Subhorizonte B1: es una capa de transición no diferenciada
- Subhorizonte B2: constituye una zona de acumulación de coloides formados por arcillas silicatadas.
- Subhorizonte B3: es de transición al horizonte C.



Horizonte C: roca en proceso de meteorización.



Horizonte R: roca subyacente.

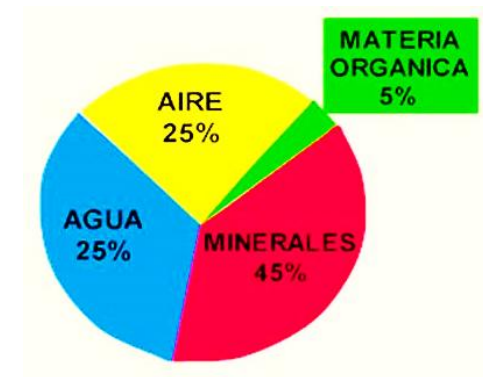


Para concluir se manifiesta que el suelo se origina con el aporte externo de materia orgánica e internamente por la meteorización de la roca madre.

Componentes del suelo

El suelo es un cuerpo que presenta partículas sólidas como son la materia orgánica y los minerales, una fase-gaseosa representada por el aire y una fase líquida el agua.

Materia orgánica: un buen suelo tiene un 5% de materia orgánica y constituye la mezcla de materiales vivos, muertos y descompuestos de origen animal y vegetal su presencia es muy importante para la activación de los microorganismos del suelo; para la aireación porque aumenta la proporción de poros medianos y grandes; es fuente de N, P y S; el humus es un coloide más absorbente que la arcilla su homónimo de origen mineral.

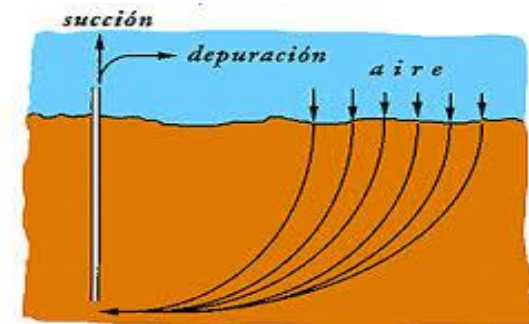


Minerales: su proporción es del 45% y constituyen partículas producto de la desintegración y descomposición de la roca madre, en las que predominan el Silicio, aluminio, hierro, calcio, sodio, potasio y magnesio. De la gran masa que representa un suelo, los compuestos o elementos que utiliza las plantas para su buen desarrollo son muy pocos, requieren 16 elementos los cuales CHO los obtienen del aire en el proceso fotosintéticos, del suelo obtienen el N, P, K, CA, Mg, S, Mn, Fe, B, Zn, Cu, Mo, Cl.



Agua: es un líquido vital para la existencia de plantas y animales, el agua constituye el disolvente de bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, fosfatos; etc. En un buen suelo la relación agua y aire es de 25% cada uno. El % normal de agua no debe ser superior al 40% ni inferior al 10%; en el primer caso faltará aire y oxigenación para las raíces y en el segundo caso con un 10% de agua ya no es aprovechable para las plantas.

Aire: se encuentra en una relación inversa al agua, su principal componente es el oxígeno, muy importante para los procesos de respiración de los vegetales y de los microorganismos benéficos, una concentración de aire menor al 10% provocará asfixia a la raíz y el cuello, la muerte de los microorganismos benéficos y la proliferación de los microorganismos patógenos que en su gran mayoría son anaeróbicos.



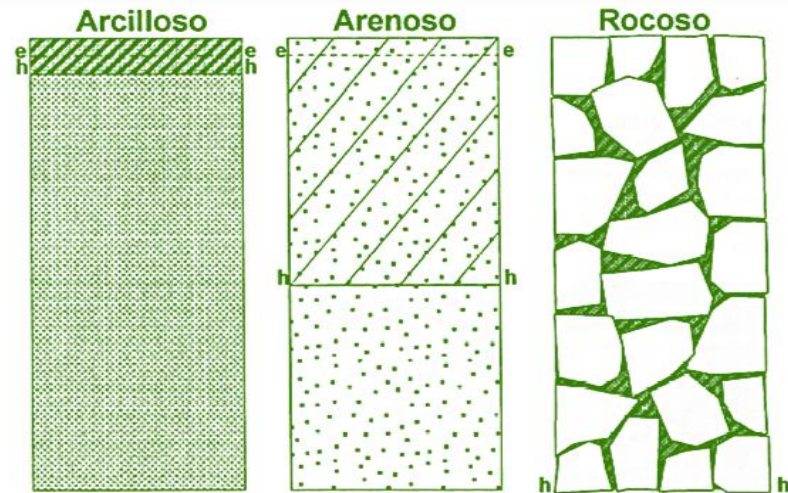
Esquema del proceso de depuración de un suelo por aire.
(X. Domenech, Ed. Miraguano, 1993).

Propiedades físicas del suelo

La interacción de los componentes del suelo, minerales; materia orgánica; agua y aire, en proporciones variable determinan las propiedades físicas del suelo, textura; estructura; color; profundidad. Las propiedades químicas serán analizadas en el tema concerniente a la nutrición de los vegetales.

Textura: está determinada por el tamaño de las partículas que conforman el suelo la proporción en que se distribuyen, y se dividen en arena; limo y arcilla.

- **Arena:** Son las partículas más grandes y poseen una actividad química baja, por lo tanto, tienen una mala capacidad para retener agua y nutrientes.
- **Limos:** Presentan un tamaño intermedio entre las arenas y arcillas, tienen una mayor capacidad química y de retención de nutrientes.
- **Arcillas:** Poseen una gran superficie por unidad de masa, por lo tanto, son las más activas para el intercambio de cationes, retenciones de nutrientes y humedad.



Estructura: las partículas del suelo, se unen con diferentes formas geométricas, así tenemos agregado granulares; laminados; poliédricos angulares, poliédricos subangulares; prismáticos y columnares. Los agregados se presentan en los suelos más compactados como los arcillosos, un suelo arenoso y carente de materia orgánica no presentan estructura definida. El origen de los agregados está determinado por la carga negativa de las arcillas que atraen cationes o cargas positivas de Ca^{++} ; H^{+} ; Fe^{+++} , sobre las cuales se sujetan otras láminas de arcillas. O por otro lado por el humus que está compuesto por largas cadenas de átomos de carbono, que pueden ionizarse para dar lugar a sitios con carga positiva o negativa capaces de atrapar partículas con cargas contrarias.

Porosidad: los poros son los espacios del suelo ocupados por el aire y el agua y está determinado por la textura, estructura, penetración de las raíces y la actividad de microorganismos como, lombrices, escarabajos y larvas.

Profundidad: es la profundidad efectiva que puede alcanzar las raíces de las plantas sin encontrar barreras físicas o químicas como capas endurecidas de rocas consolidadas; arenas sueltas, arcillas impermeables, capa freática, gran cantidad de sales, etc. Puede variar de pocos centímetros hasta metros dependiendo de la zona.

Color: es una de las características físicas más perceptibles y está relacionada con el contenido de materia orgánica, el origen mineral, el clima y el drenaje. La mayoría de minerales que componen el suelo poseen una coloración que varían del blanco al gris claro, existen suelos rojizos debido a la presencia del hierro, los suelos ricos en materia orgánica presentan una coloración negra gracias al poder colorante del humus.

Funciones del suelo

Las funciones del suelo están íntimamente ligadas a sus componentes, el suelo es la principal fuente de nutrientes de los vegetales a través de sus componentes sólidos materia orgánica y minerales. Su fase gaseosa el aire aporta el Oxígeno indispensable para los procesos de respiración en la raíz de las plantas y la vida de los microorganismos benéficos.

El suelo provee de agua y ese líquido no solo. Es el principal componente de los tejidos vegetales, sino que es el vehículo para el ingreso de nutrientes a la planta y un elemento indispensable para el proceso fotosintético. Finalmente, el suelo cumple con la función mecánica del sostén de las plantas.

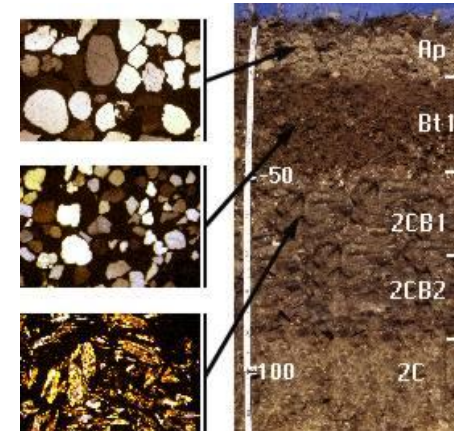


Labranza de los suelos agrícolas

Preparación del suelo: el manejo del suelo es una de las prácticas agronómicas más importantes en la agricultura moderna, y la preparación del suelo es uno de los componentes de este manejo. Existen diferentes tipos de suelo con distintas propiedades físicas, cada uno requiere su propia preparación, de acuerdo al cultivo programado y las condiciones ambientales. La preparación del suelo es una actividad o técnica de índole mecánica o manual con la finalidad de dotarle de la estructura, porosidad y aireación adecuada para facilitar el establecimiento y el desarrollo posterior de los cultivos.

Entre los objetivos de la preparación de los suelos se encuentran:

- **Circulación de aire y porosidad:** los suelos que no han sido labrados por mucho tiempo tienden a compactarse y a formar una costra superficial que impide la circulación del aire, con la preparación del suelo se rompe esta costra se aumentan los poros y se propicia la circulación del aire.
- **Control de malezas:** la preparación del suelo es un arma eficaz para controlar malezas, prácticas de arar y rastrar reducen notablemente los problemas que las malezas causan a los cultivos, es aconsejable realizar el control de las malezas antes que éstas hayan formado semillas.
- **Mejorar la actividad de herbicidas, fertilizantes y desinfectantes del suelo:** los herbicidas, los fertilizantes y desinfectantes del suelo son productos que trabajan en el suelo, al dotarle de porosidad con la labranza, estos agroquímicos van ocupar los espacios porosos presentando una mayor cobertura y por tanto mejorando su función.



La preparación de suelos, a pesar de sus beneficios también tiene desventajas. En la actualidad existen criterios técnicos que cuestionan las actividades de preparación del suelo y que plantean como alternativa los sistemas de labranza mínima y labranza cero. El **sistema de labranza mínima** aconseja un solo paso con el implemento que puede ser una rastra de dientes flexibles, rastra de discos o una fresadora. El **sistema de labranza cero** se basa en la siembra directa sobre suelos no preparados o sobre los residuos de las cosechas, para el control de malezas se recurre al uso de herbicidas.

Estos sistemas se sustentan en las desventajas que produce el sistema tradicional y que continuación se mencionan:



Erosión:

El uso exagerado y el mal uso de los instrumentos que nos permiten preparar los suelos pueden llevar a largo plazo a la erosión del suelo y a la pérdida de la capa arable, practicas inadecuadas como arar a favor de la pendiente aportan al deterioro del suelo. La erosión de los suelos provoca:

- a) Degradación de los suelos:
 - Físico.
 - Químico.
 - Biológico.
- b) Baja de la fertilidad.
- c) Baja de la productividad.
- d) Pobreza.

La erosión es el mayor problema ambiental del país y sus causas son diversas:

- La desprotección de la cobertura vegetal, a causa de la tala desmedida de los bosques, humedales y la destrucción de pajonales andinos.
- La práctica de las “quemaz”
- El uso inadecuado de la mecanización agrícola, especialmente en las laderas andinas (erosión hídrica y eólica), compactación.
- El uso inadecuado del agua de riego
- El uso indiscriminado de agroquímicos: fertilizantes (nitratos, fosfatos) y plaguicidas (insecticidas, acaricidas, nematocidas, fungicidas, herbicidas, rodenticidas, moluscicidas).



**Afectación a
macro y
microorganismos**

Los partidarios de la labranza cero sostienen que con el paso del arado los macroorganismos del suelo como son las lombrices y escarabajos y microorganismos benéficos son enterrados en las capas más profundas donde su actividad de descomposición de materia orgánica y minerales es ineficaz, presentándose una diezma importante de las poblaciones por falta de oxigenación.

Deseccación

En zonas áridas o lugares donde se cultiva recurriendo al agua de lluvia, el paso del arado en la temporada seca va a propiciar la pérdida de humedad y secamiento del suelo, el mismo que pierde su estructura convirtiéndose en un polvo seco y siendo fácil presa de la acción del viento.

No se controlan todas las malezas

Las malezas que tienen tallos estoloníferos y subterráneos como el Kikuyo o la lengua de baca con el paso de los instrumentos de labranza se podan para luego crecer con mayor agresividad.

Labores necesarias en la preparación del suelo

Para preparar el suelo es necesario cumplir con actividades previas que nos faciliten esta tarea, como es la limpieza del terreno, tumba de árboles, nivelación, etc. Las actividades propiamente dichas de labranza se dividen en principales o profundas y complementarias o superficiales.

Labores principales, conocidas también como profundas debido a que cortan o invierten la capa arable del suelo, la profundidad del corte depende de factores como las existencias de capas duras formadas en el suelo o subsuelo; la profundidad del sistema radicular a sembrar y la forma de propagación, esto último quiere decir que cultivos que se propagan por semillas pequeñas y que tienen raíces superficiales como trigo, cebada, hortalizas, necesitarán de una profundidad máxima de 20 cm; cultivos como papa y maíz que requieren de gran remoción de tierra, tendrán que ser arados a una profundidad mayor a 20 cm.

Maquinaria y accesorios utilizados para las actividades principales

Arados de discos: consiste en hojas de discos independientes que giran libremente y son diseñados para trabajar en suelos duros, cortan el suelo y lo voltean, pero en menor grado que el arado de verdadera. Su uso es más importante y constituye el implemento que inicia las actividades principales.



Arados de vertedera: posee cuchillas invertidas a manera de 'paletas y su principal función es la de invertir el suelo, es un implemento que tiene efectos más erosivos por lo que su uso no debe ser muy continuo.

Subsolador o rotulador: accesorio que se usa para romper las capas duras del suelo a profundidades mayores a 40 cm, como su función es la de recuperar el suelo su uso es muy esporádico.

Labores complementarias: conocidas como superficiales porque su objetivo es desmenuzar los terrones que quedan en la capa superficial del suelo al paso del arado.

Maquinarias y accesorios para las labores complementarias



Rastra de discos: es el más utilizado en las labores complementarias, existen varios tipos de rastras de discos que difieren en tamaño, peso y número de discos. Las rastras más grandes son de gran utilidad e incluso en suelo muy livianos pueden reemplazar al arado de discos en las labores principales.



Rodillos y multirrodillos: son instrumentos que realizan una labor complementaria a la rastra, desmenuzará los terrones al máximo dejando al suelo mullido, se usan generalmente para preparar el terreno para cultivos con semillas pequeñas, cereales, hortalizas y pasturas.



Fresadora o rotavator: consta de cuchillas giratorias accionadas por la toma de fuerza del tractor, tienen como función mullir y dar aireación al suelo y se usa para preparar camas para hortalizas y pastos.

Bibliografía

1. Arnal PV, Laguna A. Tractores y motores agrícolas. Madrid: Mundi-Prensa, 1989.
2. Bernat C. Maquinaria para agricultura y jardinería. Barcelona: Aedos, 1990.
3. Buckman HO, Brady NC. Naturaleza y propiedades de los suelos. Barcelona: Hispano Americana, 1985.
4. Edward J. Plaster. La Ciencia del Suelo y su manejo. Madrid: Paraninfo, 2000.



Capítulo 5

La siembra y la multiplicación vegetativa

Reproducción sexual de los vegetales

La siembra es una actividad que consiste en colocar la semilla de un vegetal en el suelo o en un sustrato con la finalidad de reproducirlo para establecer un cultivo. La semilla es una estructura derivada de un proceso de reproducción sexual y está compuesta por uno varios embriones, sustancias de reserva (endosperma) y capas protectoras naturales (pericarpio).



Semillas de zanahoria



Semillas de girasol



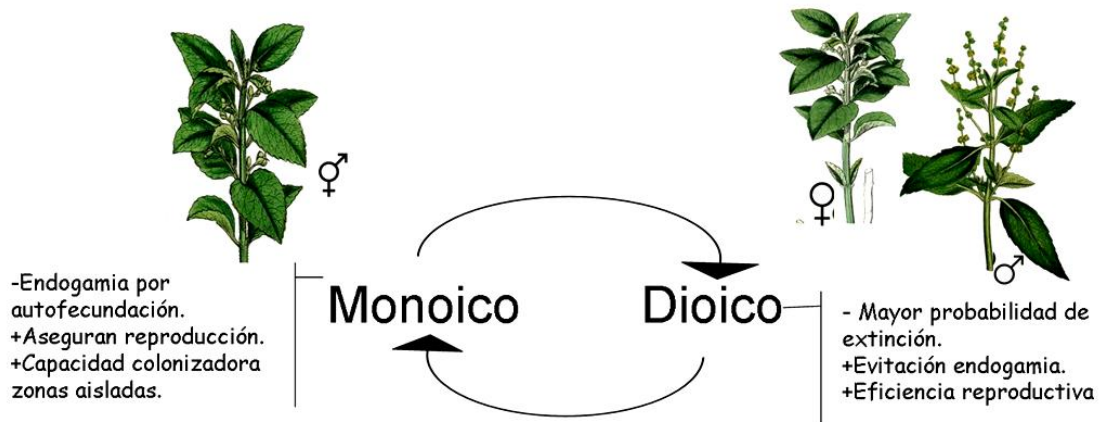
Semillas de calabaza



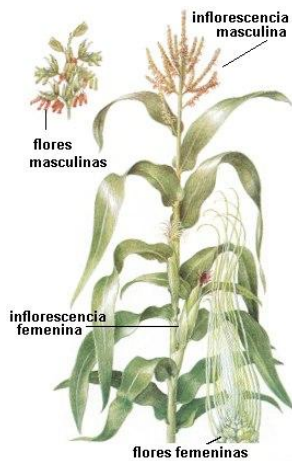
Semillas de cebolla

La reproducción sexual de las plantas consiste en la unión del gameto masculino y femenino que se producen en los estambres y el pistilo de la flor. El gameto masculino se conoce como polen y el femenino como óvulo, son células haploides (n) que presentan la mitad del número de cromosomas que las células somáticas ($2n$) diploides.

De acuerdo al sitio donde se ubican o forman los gametos en una flor de un vegetal, las plantas se clasifican en monoicas y dioicas.



Plantas monoicas: son aquellas que presentan flores con las estructuras sexuales masculinas y femeninas en la misma planta; este grupo se divide en flores hermafroditas o perfectas y flores imperfectas. Las flores hermafroditas tienen los estambres y el gineceo en la misma estructura, ejemplo el tomate; fréjol; papa.



Las flores imperfectas presentan el órgano masculino y femenino por separado, pero en el mismo pie de planta. Ejemplo el maíz; sandía; higuera.

Plantas dioicas: presentan la flor masculina en una planta y la femenina en otra. Ejemplo: papaya, espárrago; espinaca, kiwi, etc.



Flor femenina

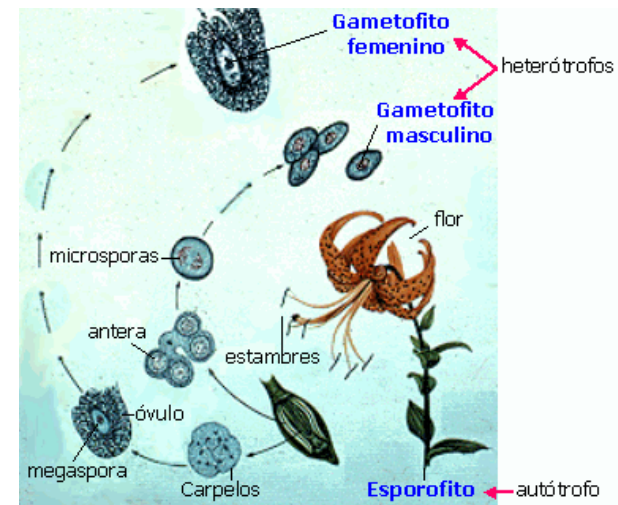


Flor masculina

Tipos de semilla:

Genéticamente las semillas pueden ser de variedad e híbridas; las semillas de **variedad** tienen como principal característica que han fijado las líneas y características varietales por lo que su reproducción sexual determinará siempre la misma variedad.

La **semilla híbrida** es el resultado de unir o fecundar dos variedades genéticamente puras y distintas unas de otras, con la finalidad de conseguir un híbrido que reúna las características genéticas favorables de ambas líneas genéticas; por ejemplo, se puede realizar el cruzamiento de una variedad resistente a *Fusarium* sp y deficiente en producción de fruto, con otra variedad que tenga alta susceptibilidad al hongo y una gran producción de frutos.



Como resultado se obtiene un híbrido con gran tolerancia a la enfermedad y alta producción, es decir, gracias al cruzamiento se ha logrado que el nuevo individuo reproduzca ventajas favorables y elimine las desfavorables de su antecesor. Las semillas híbridas, una vez que han sido cultivadas por primera vez, no pueden ser utilizadas nuevamente para reproducirlas sin control genético porque pueden aparecer las características negativas de sus antepasados.

En los envases de las semillas cuando es híbrida, aparece a continuación del nombre la palabra híbrida o **F1, F2**.

Calidad de la semilla

Los principales factores que se toman en cuenta para determinar la calidad de la semilla son: pureza de la semilla, poder de germinación y valor real.

Pureza de la semilla: es el número de semillas puras de una muestra sin tomar en cuenta las impurezas y se mide en porcentaje (tanto por ciento); una semilla con el 92% de pureza, quiere decir que 8 semillas son extrañas y 92 semillas son puras. Para calcular el % de pureza se aplica la siguiente fórmula:

$$CP = \frac{Pm - Pi}{Pm} \times 100$$

CP = coeficiente de pureza.

Pm = peso de la muestra.

Pi = peso de las impurezas.

Poder de germinación: es el número de semillas germinadas de una muestra, expresado en tanto por ciento; una semilla con el 95% de poder de germinación quiere decir que de 100 semillas puestas a germinar en condiciones normales 95 germinan y 5 no lo hacen. Para su cálculo se puede utilizar la siguiente fórmula

$$PG = \frac{N - n}{N} \times 100$$

PG= poder de germinación.
 N= número de semillas de la muestra.
 n= número de semillas no germinadas.

Valor agrícola: es el número de semillas viables tomando en cuenta su pureza y poder de germinación; se mide en porcentaje y se calcula con la siguiente fórmula:

$$VA = \frac{CP \times PG}{100}$$

VA= Valor Agrícola.
 CP= Coeficiente de Pureza.
 PG= Poder de Germinación.

Sistemas de siembra

Por la forma de colocar la semilla: de acuerdo a como se coloca la semilla en el suelo existen los sistemas de siembra por golpe; chorro continuo y voleo:

- a) **Siembra por golpe:** forma de depositar un número de semillas determinado a una distancia determinada, ejemplo el maíz se siembra a una distancia de 0,5 m entre golpe y 0,8 m entre surco.
- b) **Siembra a chorro continuo:** se utiliza para el establecimiento de semilleros o para el cultivo de cereales y consiste en aplicar en forma continua la semilla en forma de chorro en el surco.
- c) **Siembra al voleo:** consiste en asperjar la semilla en el terreno sin trazar surcos, este sistema se utiliza para -el cultivo de cereales y pasturas.

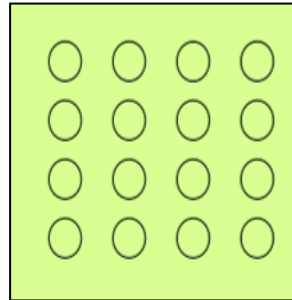
Por la forma geométrica: de acuerdo a la forma geométrica de establecimiento del cultivo, tenemos la siembra en marco real o cuadrado; rectángulo y tres bolillos o triangular:

- a) **Siembra a marco real:** consiste en colocar la semilla a un mismo espacio a lo largo del surco y el ancho entre surcos. Cada pie está situado en el vértice de un cuadrado. Es el sistema que más se ha utilizado hasta el momento, permite el paso de la maquinaria (tratamientos etc.) en dos direcciones perpendiculares, entre filas y entre plantas. Para determinar el número de plantas se aplicará la siguiente fórmula:

$$NA = \frac{S}{A}$$

$$a = (ds)^2$$

- NA= número de árboles o plantas.
 S= superficie a sembrar.
 a= área ocupada por un árbol.
 ds= distancia de siembra entre árboles.



Ejercicio: calcular el número de árboles de ciruelo que caben en una hectárea, si se van a sembrar en cuadro a una distancia de 5 metros entre árboles.

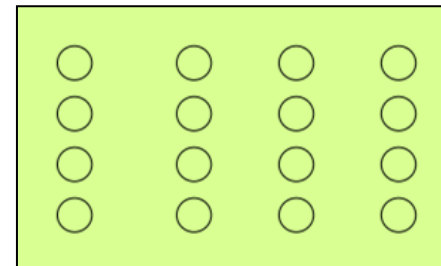
$$NA = \frac{S}{A}$$

$$NA = \frac{10.000 \text{ m}^2}{(5 \text{ m})^2}$$

- b) **Siembra en rectángulo:** consiste en colocar la semilla a diferente espacio entre el largo y ancho del surco, estableciendo el cultivo en forma rectangular; ejemplo, el tomate riñón se siembra a 0,5 m entre planta y entre surcos.

Para determinar el número de plantas por superficie se aplicará la fórmula anterior teniendo en consideración que el cálculo del área de cada planta será el producto de multiplicar el espacio a lo ancho por el espacio a lo largo, es decir:

Área ocupada por cada árbol = espacio a lo ancho X espacio a lo largo.



- c) **Siembra a tres bolillos:** consiste en establecer el cultivo en forma de un triángulo equilátero.

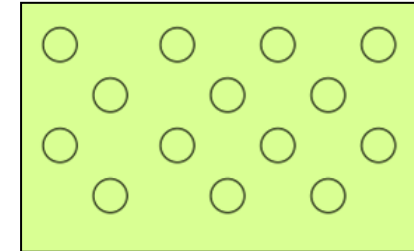
Para el cálculo del número de plantas en una determinada superficie se utilizará la fórmula anterior con la consideración, en este caso que el área ocupada por cada se calculará multiplicando el espacio por 0,866:

$$N = \frac{A}{E \times 0,866}$$

N=número de plantas.

A= área del cultivo.

E = Espacio



Clasificación de las semillas (Genética de la semilla)

Semilla común: es la semilla no comprendida en las categorías de semilla genética, semilla básica, semilla registrada, semilla certificada y semilla autorizada; cumple con los requisitos mínimos de calidad y sanidad para su utilización como semilla.

Semilla genética o del fitomejorador: semilla de la primera generación resultante del proceso de mejoramiento genético capaz de reproducir la identidad de un cultivar, manejada y conducida por un fitomejorador, a partir de la cual se producen las semillas básicas o de fundación.

Semilla básica o de fundación: semilla obtenida a partir de la semilla genética, producida bajo la supervisión de un fitomejorador o entidad creadora del cultivar, sometida al proceso de certificación y que cumple con los requisitos establecidos.

Semilla registrada: obtenida a partir de la semilla básica o de fundación, sometida al proceso de certificación y que cumple con los requisitos establecidos para esta categoría de semilla.

Semilla certificada: proveniente de semilla básica o de fundación o de semilla registrada, sometida al proceso de certificación y que cumple con los requisitos establecidos para esta categoría de semillas.

Generalidades y origen de las semillas

A nivel internacional, la certificación de las semillas nace de la necesidad de establecer el origen de las nuevas variedades desarrolladas luego de una mejora genética; el proceso, realizado por instituciones públicas o privadas y obtenidas después de años de investigación y onerosas inversiones en recursos humanos, tecnológicos y financieros. Estas variedades mejoradas, al cabo de pocos años de su liberación informal para su uso por agricultores, pueden sufrir un proceso de contaminación genética, física o sanitaria, llegando a perder sus características originales e incluso pueden perder su identidad varietal.

Lo expuesto motivó el desarrollo de métodos o sistemas que permitan multiplicar o reproducir la semilla conservando sus atributos genéticos y a su vez, cumpliendo con normas o estándares de calidad, es decir, lograr la producción de semilla sin que las variedades experimentaran contaminaciones o mezclas y manteniendo su identidad y denominación original. En su inicio, el objetivo primario de la certificación fue mantener la pureza genética de las variedades; posteriormente se determinó que, si bien es cierto, la pureza varietal es básica era necesario contemplar otros factores como la germinación, los contenidos de malezas nocivas, incidencia de enfermedades congénitas, pureza física, etc.

La certificación de semillas se define como un sistema integral diseñado para el control externo de calidad en las principales fases del proceso de producción de semillas; es ejecutado por un organismo imparcial reconocido a fin de mantener e incrementar las variedades mejoradas, preservando su identidad, pureza varietal y asegurando la calidad mediante el cumplimiento de normas preestablecidas

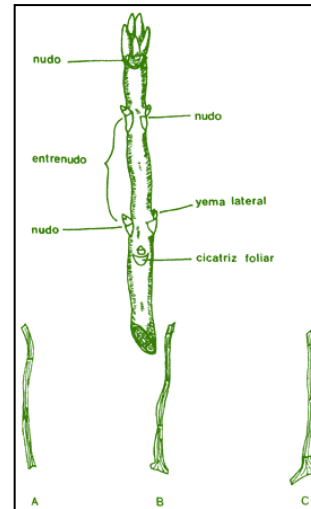
Reproducción asexual o multiplicación vegetativa

Es la producción de un nuevo organismo a partir de un fragmento del propio organismo (porciones de tallo y hojas como unidad reproductora). Este potencial de regeneración se ha explotado históricamente. A partir de los principios de la mitosis y la totipotencia de la célula vegetal, se sustentó la multiplicación vegetativa artificial. Las partes vegetativas de la planta capaces de regenerarse para originar nuevas plantas son: tallo, raíz; hojas, yemas y meristemas. A continuación se describen las formas de multiplicación vegetativa más utilizadas en la agricultura:

Multiplicación vegetativa del tallo aéreo: se puede utilizar la parte aérea del tallo para multiplicar un vegetal, recurriendo a las siguientes formas: estaca, injerto y acodo.

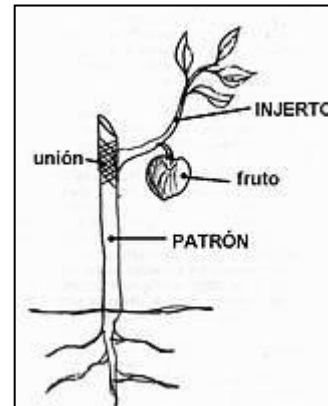
Multiplicación por estaca: las plantas madres deben ser seleccionadas y estar exentas de cualquier tipo de patógeno, principalmente virus y hongos vasculares. Se debe tomar por estacas o esquejes las ramas laterales y no ramas principales terminales; se pueden tomar también las ramas basales y medias y no con los extremos y punías de esas ramas.

En conclusión, es preferible trabajar con porciones vegetales que provengan de partes jóvenes del vegetal, que presenten facilidad de enraizamiento.



Multiplicación por Injerto: el injerto es una técnica de multiplicación que consiste en unir porciones distintas de tal manera que se produzca soldadura y paso de savia, constituyendo un único individuo capaz de crecer y desarrollar; el injerto se compone de dos partes:

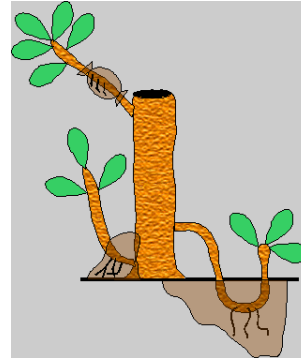
a. **Porta injerto o patrón:** constituye principalmente el sistema radicular y un fragmento del tallo, generalmente el patrón proporciona las características de rusticidad al injerto.



b. **Injerto:** constituye la parte aérea del injerto y le proporciona las características de productividad a la nueva planta. Tiene como finalidad fijar una variedad comercialmente productiva, adelantar la producción, mejorar

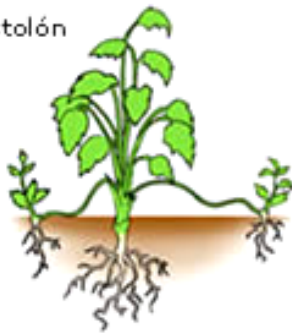
la calidad del fruto (calibre, sabor y color) y aumentar la resistencia a determinadas plagas y enfermedades.

Multiplicación por acodo: consiste en provocar la formación de raíces en el tallo, sin separarlo de la planta madre en un inicio. Cuando el tallo del acodo esté debidamente enraizado se corta de la planta madre y constituye la nueva planta.

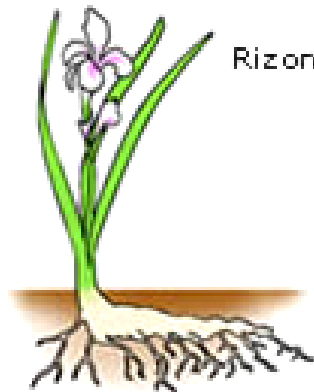


Tallos subterráneos: las formas de multiplicación vegetativa por tallos subterráneos más utilizadas son: bulbos, cormos, rizomas y tubérculos. Por bulbos se multiplican especies vegetales como la cebolla, tulipán, lilium, etc. Por cormos el gladiolo y el ajo. Por tubérculos la papa, begonia, liatris, etc. Por rizomas el kikuyo.

Estolón



Rizoma



Tubérculo



Bulbo



Multiplicación vegetativa de la raíz: existen especies vegetales cuyas raíces se colocan en un substrato en su posición normal de desarrollo logrando la proliferación de raíces secundarias y el desarrollo de la parte aérea de la planta, la fram-buesa, la aralia se reproducen con este sistema.

Multiplicación meristemática o micropropagación: reproduce vegetales a partir de porciones de tejidos vegetales o células aisladas o de embriones o un grano de polen. Las principales ventajas del cultivo *in vitro* es la obtención de plantas no viróticas, aunque la planta madre se encuentre infestada por virus. La técnica de cultivo de meristemas supera los problemas vírales ya que, como los virus se transportan por la planta a través de la savia a través de los vasos conductores, si se toma una porción meristemática (células de crecimiento de los brotes) estos vasos no llegan a los meristemas, ya que existen células intermedias que hacen de filtros y no permiten el paso de virus.



Otra ventaja es la producción rápida y en grandes cantidades de plantas, a partir de un meristemo se puede obtener en un año millones de plantas.

El cultivo *in vitro* tiene que ser realizado por personal altamente calificado, y no está al alcance del productor. A breves rasgos se describen los pasos más importantes que contempla esta técnica:

- De una planta se toma una yema terminal o axilar.
- De la yema se toma una porción meristemal que suele ser un cubo de 0,2 a 0,3 mm de lado.
- El meristemo se esteriliza en una solución de hipoclorito de sodio y luego se lava con agua destilada estéril.
- Luego se introduce el meristemo en un tubo de ensayo que contiene un medio nutritivo compuesto de sales minerales, hidratos de carbono, vitaminas, aminoácidos, hormonas y un gel que puede ser agar.

Todo el material utilizado tiene que esterilizarse en autoclave, finalmente los tubos con el meristema se introducen en cámaras de cultivo con control de la temperatura, humedad, luminosidad. Una vez formada la plántula debe trasplantarse en macetas y a partir de este momento se ponen los mismos cuidados que las plantas de un semillero.

Bibliografía

- Bretaudeau, J. 1987. Poda e injerto de frutales. Madrid. Ed Mundi-Prensa.
- Copeland, L.O. 1976. Principles of seed science and technology. Minneapolis. Ed Burgess. pp 297-316.
- Oficina Nacional de Semillas de Costa Rica. 2001. Memoria Anual 2000. San José. 78 p.
- Douglas JE. 1982. Programas de semillas, gula de planeación y manejo. 19ed. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Serie CIAT 095SE-6 Cali. 358 p.
- Feistritz WP. 1977. Tecnología de la semilla de cereales; manual de producción, control de calidad y distribución de semillas de cereales. Cuaderno de Fomento Agropecuario 98. Ed FAO. Roma. 251p.
- Parson FG, Garrison CS, Beeson KE. 1984. Certificación de semillas en los Estados Unidos. Anuario de agricultura. 9ed. Ed Continental. México. pp 706-728.
- Poehlman JM. 1987. Mejoramiento genético de las cosechas. 10ed. Ed Limusa. México. pp 415-424.
- Thomson JR. 1983. Introducción a la tecnología de las semillas. Ed Acribia. Zaragoza. 301 p.
- Wetzel CT, Pacheco CC. La certificación reglamenta la producción de semillas. Seed News.



Capítulo 6

Nutrición vegetal

Generalidades

Los vegetales se nutren de elementos minerales y no de compuestos orgánicos; es decir si se aplica estiércol en el suelo, las raíces de la planta no toman los elementos compuestos del estiércol, mientras estos no se encuentren mineralizados por la acción del clima y la acción de microorganismos que habitan en el suelo.

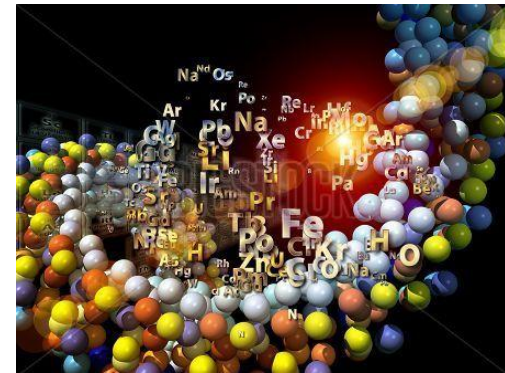
Macroelementos

A los elementos mayores (nitrógeno N, fósforo P, potasio K, Calcio Ca, Magnesio Mg, Azufre S, Carbono C, Hidrógeno y Oxígeno O), las plantas los toman en grandes cantidades. Los seis primeros elementos químicos los toman de las soluciones del suelo por medio del fenómeno físico conocido como osmosis, a través de las membranas de las células del sistema radicular.

El Nitrógeno puede ser tomado del aire a través de las hojas, por el grupo de plantas pertenecientes a las leguminosas.

Los tres últimos elementos (C, H y O) son tomados desde el aire por medio de la fotosíntesis.

Microelementos: son Boro B, Cloro Cl, Cobre Cu, Hierro Fe, Manganeso Mn, Molibdeno Mo y Zinc Zn; las plantas íntegramente los toman a través de la raíz. Este grupo de elementos son requeridos por las plantas en pequeñas cantidades, sin dejar de ser indispensables.



Química del suelo

La nutrición y fertilización, están íntimamente ligados a la química del suelo y a los conceptos de capacidad de intercambio catiónico (CIC), el pH del suelo y la conductividad eléctrica.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): para un mejor entendimiento de la CIC que ocurren en los suelos y cómo se relaciona con la fertilidad de los mismos, se requiere del conocimiento de algunos términos tales como:

- **Iones:** son partículas de materia (átomos), que poseen cargas eléctricas negativas o positivas. Los iones con cargas positivas se llaman denominan cationes y los de cargas negativas se denominan aniones. Las partículas que poseen cargas opuestas se atraen entre ellas, mientras que partículas con la misma carga se repelen. Debido a la química de las partículas de suelo, especialmente de las arcillas y de la materia orgánica, son sitios donde existen cargas negativas que se desarrollan sobre la superficie.

La **capacidad de intercambio catiónico** se refiere a la habilidad que tiene el suelo de atraer y retener cationes sobre su superficie e intercambiarlos con otros en el medio ambiente circundante. Los cationes retenidos en la superficie se denominan iones adsorbidos. Mientras más grande sea la CIC, mayor será la capacidad de retener cationes. Se reconoce que la mayoría de elementos esenciales para el crecimiento de las plantas son cationes y si los suelos poseen altos valores de CIC, serán excelentes para los cultivos al constituirse en buenos reservorios para estos nutrientes.

Los cationes Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+ son los más frecuentes; en conjunto representan el 99% de los elementos que se encuentran adsorbidos por arcillas y humus; los demás elementos como Fe^{++} , Cu^+ , Mn^{++} , Zn^{++} y otros representan solo el 1% de los cationes existentes en el suelo.

Complejo de intercambio aniónico

El complejo arcillo-húmico posee también cargas positivas. En el humus pueden existir radicales nitrogenados del grupo de las aminas y las arcillas poseen enlaces terminados en un catión que van a atraer cargas negativas o aniones. La capacidad de intercambio catiónico del suelo aumenta con un pH alto (básico) y la de intercambio aniónico con un pH bajo (ácido).

pH del suelo

La mayoría de suelos tienen un pH que oscila entre 4 y 8. Los suelos básicos con un pH superior a 8 tienen como problema de salinidad o un elevado porcentaje de Na^+ en sus sitios de intercambio catiónico. Los suelos con pH bajo 4 poseen ácido

sulfúrico. Los procesos de lavado eliminan bases del suelo y con el transcurso del tiempo tienden a producir una baja del pH. La aportación de materia orgánica da lugar a la formación de ácidos orgánicos que desplazan las bases del complejo de intercambio y acidifican el suelo.

Efecto del pH en los nutrientes

El pH del suelo influye en la tasa de liberación de nutrientes, en la solubilidad de los minerales del suelo y en la capacidad de intercambio iónico. El pH, por lo tanto, es un buen indicador para predecir cuales son los nutrientes que pueden ser deficitarios o ausentes; un pH óptimo del suelo para que exista buena adsorción de nutrientes es 6,5 a 7,7.

Enmiendas

Si el pH del suelo se encuentra bajo 5 y se atribuye el problema a falta de cal, será procedente recurrir a las enmiendas utilizando óxido de calcio (CaO , cal viva) o hidróxido de calcio (CaOH_2 , cal apagada). Para elevar un grado el pH, se requiere aplicar entre de 2 a 5 toneladas de cal viva por hectárea de suelo. Si el pH del suelo se encuentra sobre 8 y existe un elevado contenido de sales principalmente de sodio, se deben hacer enmiendas principalmente con azufre y yeso, de esta manera disminuye el sodio y aumenta el pH.

Fertilización

Proceso de aportación de sustancias minerales u orgánicas al suelo de cultivo, a fin de mejorar la capacidad productiva; e la práctica agronómica más importante del proceso productivo.

Todas las plantas en su ciclo vegetativo requieren de elementos nutritivos para un desarrollo favorable y una buena producción; entre los elementos considerados esenciales, se citan los macroelementos divididos en primarios (Nitrógeno, Fósforo y Potasio) y secundarios (Azufre, Calcio y Magnesio) y los llamados microelementos o elementos menores que incluyen al Boro, Zinc, Cobre, Manganeso, Hierro, Molibdeno, etc.

Tanto macroelementos como microelementos, son importantes y necesarios para las plantas. La diferencia radica en la cantidad que requieren



las plantas, en el caso de los primarios en grandes cantidades. Al final del proceso e crecimientos de la planta, todos interviene en la fabricación de los alimentos, vitaminas, proteínas, carbohidratos, aminoácidos, etc.

Varias son las razones por las que es necesario aportar elementos fertilizantes, destacándose entre las principales:

- Los fertilizantes constantemente son utilizados por las plantas, además son lixiviados por las aguas de lluvia o riego y en algunos casos como el nitrógeno amoniacal se desprenden hacia la atmósfera.
- Un mismo suelo puede ser rico en unos elementos y pobre en otros.
- En algunos casos el suelo puede ser muy rico en elementos pero estos no son asimilables para la planta, como generalmente sucede con el fósforo que tiene poca movilidad en el suelo.

Debe tomarse en cuenta que la necesidad de extracción de fertilizantes no es la misma en todo momento en la vida de la planta; según el estadio vegetativo, el vegetal necesita en mayor o menor cantidad de cada elemento fertilizante. Así, en los primeros estadios de crecimiento de la planta se requerirá de un adecuado contenido de Fósforo y Nitrógeno para el desarrollo radicular y vegetativo. Durante la floración será muy importante el aporte de fósforo y en la fase de fructificación la demanda de Potasio será mayor.

Principales funciones de los macroelementos

Nitrógeno	<ul style="list-style-type: none">• Actúa sobre el desarrollo vegetativo.• Forma la mayor parte de los compuestos orgánicos.• Componente importante de la clorofila.
Fósforo	<ul style="list-style-type: none">• Es parte importante de la célula vegetal.• Fortalece el sistema radicular.• Influye sobre floración y fructificación.
Potasio	<ul style="list-style-type: none">• Aumenta el peso, azúcar y resistencia de los frutos.• Interviene en la fotosíntesis.• Importante para la síntesis de proteínas.
Calcio	<ul style="list-style-type: none">• Da resistencia a la pared celular.• Importante en los fenómenos fisiológicos.• Regula el pH del suelo.
Magnesio	<ul style="list-style-type: none">• Parte importante de la clorofila.

- | | |
|---------------|---|
| Azufre | <ul style="list-style-type: none"> • Forma parte de aminoácidos y proteínas vegetales. |
|---------------|---|

Principales funciones de los microelementos

Cobre	<ul style="list-style-type: none"> • Forma parte de algunas enzimas e interviene en la síntesis de clorofila.
Zinc	<ul style="list-style-type: none"> • Actúa en la producción y maduración de semillas. • Forma parte de las hormonas de crecimiento.
Boro	<ul style="list-style-type: none"> • Interviene en desarrollo de raíces, frutos y semillas.
Manganeso	<ul style="list-style-type: none"> • Interviene en formación caroteno, riboflavina y ácido ascórbico. • Actúa en la asimilación del CO₂ en la fotosíntesis.
Hierro	<ul style="list-style-type: none"> • Es componente de la síntesis de clorofila y parte esencial del citocromo. • Participa en la respiración de los vegetales.
Cloro	<ul style="list-style-type: none"> • Es activador de enzimas para la fotosíntesis
Molibdeno	<ul style="list-style-type: none"> • Interviene en la fijación de nitrógeno y participa en la síntesis de proteínas.

Tipos de fertilizantes

Los fertilizantes pueden clasificarse de acuerdo a su origen en químicos y orgánicos.

Fertilizantes químicos: alimenta a las plantas directamente mediante su abastecimiento con sustancias nutritivas químico-sintéticas solubles en agua por medio de la ósmosis forzada. Son producto de la síntesis química y se clasifican en: simples, compuestos y complejos.

Cuadro 1. Fertilizantes nitrogenados.

NOMBRE	% N
Urea	46
Nitrato de amonio	33
Nitrato de calcio	15,5

Cuadro 2. Fertilizantes que portan nitrógeno y fósforo

NOMBRE	%N	%P ₂ O ₅
Fosfato diamonio	18	46
Fosfato monoamonio	11	48
Superfosfato	0	20
Superfosfato triple	0	46
Ácido fosfórico	0	53

Cuadro 3. Fertilizantes que portan potasio y nitrógeno.

NOMBRE	%N	%K ₂ O
Muriato de potasio	0	60
Sulfato de potasio	0	49
Nitrato de potasio	13	44

- **Fertilizantes simples:** son aquellos que aportan un solo elemento de los tres macro elementos principales (N, P, K), ejemplo el fertilizante urea, que contiene 46% de nitrógeno.
- **Fertilizantes compuestos:** aportan dos o más elementos nutritivos y se dividen en mezclas y complejos.
- **Compuestos de mezcla:** formados por la simple mezcla de dos o más abonos simples; ejemplo mezcla de Urea (46-0-0) más Muriato de Potasio (0-0-60).
- **Compuestos complejos:** la composición se realiza mediante reacciones o combinaciones químicas; ejemplo, 10-30-10; 15-15-15.

Fertilizantes orgánicos: la materia orgánica representa aproximadamente, el 5% en el volumen de un suelo ideal. A pesar de ser un porcentaje relativamente pequeño, su presencia es de alta importancia para el crecimiento de las plantas. La adición de residuos orgánicos al suelo, provenientes de plantas y animales y su posterior descomposición por los microorganismos, establecen dos procesos que determinan el nivel al cual se acumula la materia orgánica en los suelos.

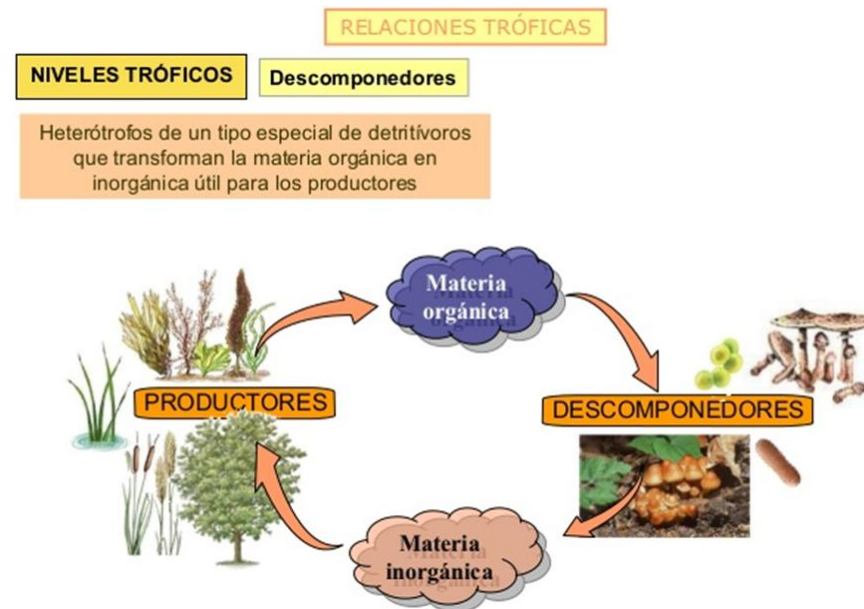
Las plantas son la principal fuente de materia orgánica, ya que parte de sus hojas, tallos, flores, frutos y generalmente todo el sistema radicular, se quedan en el suelo cuando el cultivo es cosechado. Estos residuos generalmente son frescos, es decir, poseen aproximadamente entre 60 a 90% de humedad, lo cual depende del tipo de residuo orgánico. Esto significa que entre el 10 y 40% de materia seca podría incorporarse al suelo y su composición es muy variada (carbohidratos, grasas, aceites, lignina y proteínas como principales constituyentes) y son fuente de carbono, hidrógeno y oxígeno, así como también en el caso de las proteínas, de nitrógeno, azufre, hierro y fósforo, los cuales pudieran ser aprovechables por las plantas una vez que los microorganismos descomponen a estos compuestos.

La materia orgánica es uno de los componentes del suelo, formada por los restos vegetales y animales que por la acción de la microflora del suelo son convertidos en una materia rica en reservas de nutrientes para las plantas, asegurando la dispo-

nibilidad de macro y micronutrientes. Cuando son agregados restos orgánicos de origen vegetal o animal, los microorganismos del suelo transforman los compuestos complejos de origen orgánico en nutrientes en forma mineral que son solubles para las plantas; este proceso es lento, por lo tanto, la materia orgánica no representa una fuente inmediata de nutrientes para las plantas, sino más bien una reserva de estos nutrientes para su liberación lenta en el suelo.

Las relaciones más importantes que se establecen entre los seres vivos de un ecosistema son las relaciones tróficas o alimentarias, en ellas se establecen niveles tróficos y cada nivel incluye aquellos organismos que comparten un mismo tipo de alimentación. Estos niveles de la cadena alimentaria pueden ser descritos de la siguiente manera:

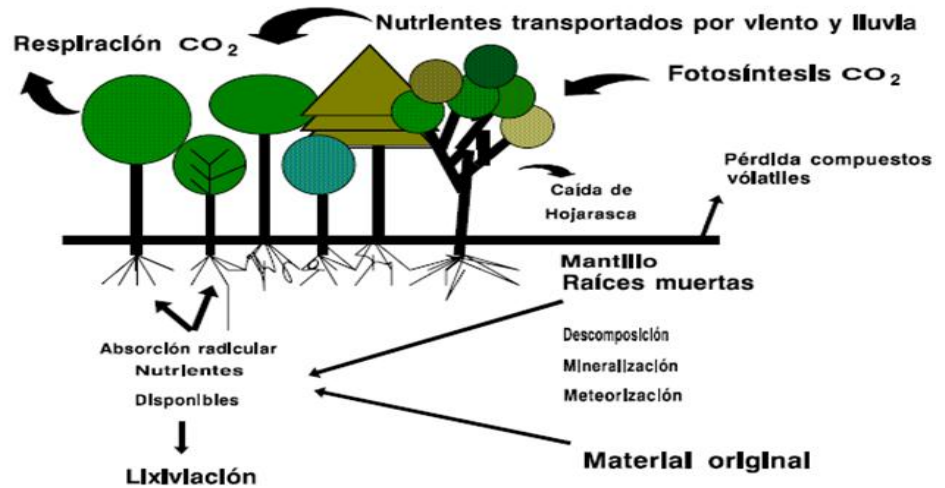
- **Nivel primario:** corresponde a los organismos productores o autótrofos, seres capaces de producir sustancia orgánica mediante la fotosíntesis o en algunos casos la quimiosíntesis.
- **Nivel secundario:** constituido por los consumidores primarios o herbívoros que se alimentan de materia vegetal elaborada por los productores.
- **Nivel terciario:** está ocupado por carnívoros; son animales que se alimentan de herbívoros y se les denomina consumidores secundarios. A los carnívoros que se alimentan de consumidores secundarios se llaman consumidores terciarios.
- **Nivel cuaternario o descomponedores:** organismos heterótrofos, principalmente bacterias y hongos, que se alimentan de restos orgánicos y cadáveres. Reciben aportes energéticos de todos los niveles y cierran el ciclo de vida.



La actividad de la vida del suelo (microflora y microfauna) depende de la presencia de materia orgánica y naturalmente de factores como agua, aire, temperatura, pH, entre otros. En condiciones de un bosque se establecen las relaciones que se detallan a continuación.

Los fertilizantes orgánicos se producen por descomposición de la materia orgánica de origen animal, vegetal o mixta; son conocidos como abonos. La utilización de fertilizantes orgánicos presupone algunos principios:

- Desiste conscientemente del abastecimiento con sustancias nutritivas solubles en agua y de la ósmosis forzada.
- Propone alimentar a la inmensa cantidad de microorganismos del suelo, dejándole a ella la preparación de las sustancias nutritivas en la forma altamente biológica y más provechosa para las plantas.



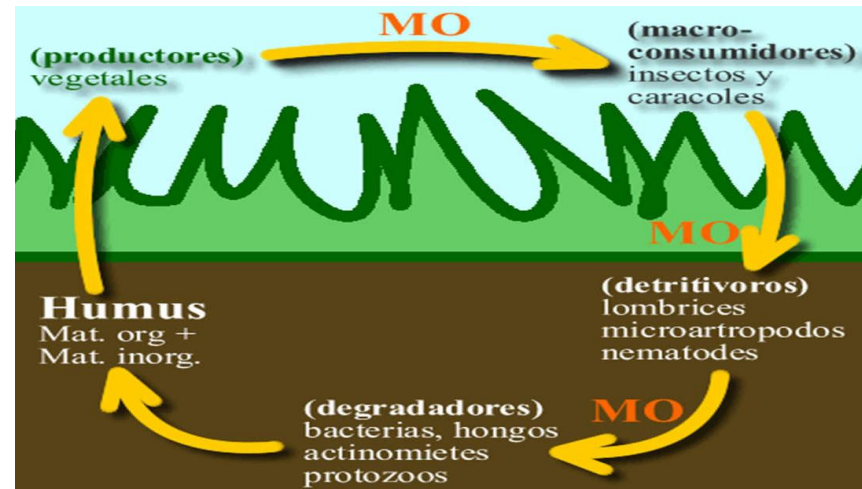
Humus

Sustancia que se crea a partir de la descomposición de materias orgánicas presentes en la capa superficial de un suelo, es un proceso de transformación lento y que aporta fertilidad al suelo. Existen diferentes definiciones de humus. Deriva el vocablo del latín *humus*. Desde un punto de vista geológico, constituye la capa superficial del suelo conformada por la descomposición de materiales animales y vegetales. La FAO define al humus como la materia orgánica descompuesta, amorfa y de color marrón oscuro de los suelos, que ha perdido todo indicio de la estructura y la composición de la materia vegetal y animal a partir de la que se originó (el término humus se refiere a cualquier materia orgánica que ha alcanzado la estabilidad y que se utiliza en la agricultura para enmendar el suelo).

En la agricultura orgánica, el concepto de fertilidad del suelo se centra en el aumento del contenido de humus del suelo, con atención especial a la existencia de un “puente vivo” entre la actividad biológica del suelo donde intervienen hongos micorrizas y bacterias sumado al modo en que esta cadena biológica originada en el suelo sustenta la vitalidad de los cultivos, el ganado y los seres humanos. El humus como sustancia compuesta la conforman ciertos productos orgánicos de naturaleza coloidal que provienen de la descomposición de restos orgánicos por organismos y microorganismos benéficos (hongos y bacterias). Se caracteriza fundamentalmente por su color negrozco (presencia de alta concentración de carbono) y se localiza preferentemente en la parte superficial de los suelos con actividad orgánica.

Los elementos orgánicos que componen el humus son estables, es decir, su grado de descomposición es tan elevado que ya pueden descomponerse más por lo que no sufren a futuro transformaciones considerables.

En la agricultura orgánica, el concepto de fertilidad del suelo se basa en el contenido de humus del suelo, con atención especial a la existencia de un “puente vivo” entre la actividad biológica del suelo (hongos micorrizas y bacterias), y el modo en que esta cadena biológica originada en el suelo sustenta la vitalidad de los cultivos. La formación del humus depende de complejos procesos y alcanza un estado permanente en el que las sustancias nutritivas se han mineralizado para ser, de esta manera, asimiladas por las raíces de las plantas.



Estiércol

Son deyecciones de distintas especies animales convenientemente fermentadas en el establo o en el estercolero; el aporte nutritivo del estiércol es variable y depende de la especie animal, dieta consumida, agua ingerida y edad de los animales.

Cuadro 4. Nutrientes en estiércoles de varias especies animales.

Estiércol	Humedad %	Nitrógeno %	Fosforo %	Potasio %
Caballo (*)	74,0	2,31	1,15	1,30
Vaca (*)	83,2	1,67	1,08	0,56
Oveja (*)	64,0	3,81	1,63	1,25
Cerdo (*)	80,0	3,73	4,52	2,89
Gallina(*)	53,0	6,11	5,21	3,20
Conejo (**)	-	2,40	1,40	0,60
Oveja	64,0	3,81	1,63	1,25

Fuente: (*) Fertilizantes Orgánicos T&C, 2005. (**) Restrepo, 1998.

El estiércol constituye la principal fuente de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro.

Abonos verdes

Se denomina a la incorporación al suelo de plantas verdes con alto porcentaje de agua que aún no han muerto, en un estado de mínima lignificación y que poseen abundantes cantidades de azúcar, almidón y nitrógeno. Como procedimiento, consiste en el uso de cultivos de vegetación rápida que se cortan y se entierran en el mismo lugar donde han sido sembrados y que están destinados especialmente a mejorar las propiedades físicas del suelo, a enriquecerlo con un "humus joven" de evolución rápida, además de otros nutrientes minerales y sustancias fisiológicamente activas, así como a activar la población microbiana del suelo.

En líneas generales, los efectos favorables del abono verde no se circunscriben únicamente al aspecto nutricional sobre el vegetal, además alcanzan a todos los componentes relacionados con la fertilidad global del suelo agrícola ya que:

- Estimulan de forma inmediata la actividad biológica y mejoran la estructura del suelo, por la acción mecánica de las raíces, por los exudados radiculares, por la formación de sustancias prehúmicas al descomponerse y por la acción directa de las células microbianas y micelios de hongos.
- Protegen al suelo de la erosión y la desecación durante el desarrollo vegetativo; mejoran la circulación del agua en el mismo.
- Aseguran la renovación del humus estable, acelerando su mineralización mediante el aporte de un humus más "joven" y más activo.
- Enriquecen al suelo con nitrógeno si se trata de leguminosas e impiden, en gran medida, la lixiviación del mismo y de otros elementos fertilizantes.
- En su descomposición, se liberan o sintetizan sustancias orgánicas fisiológicamente activas, que tienen una acción favorable sobre el crecimiento de las plantas y su resistencia al parasitismo.
- En los sistemas cerealistas, aseguran una mejor descomposición de la paja del cereal, al mantener el medio más húmedo, equilibrar la relación C/N y activar los microorganismos responsables de la misma.
- Limitan el desarrollo de malezas, directamente por el efecto de la cubierta vegetal en sí misma e indirectamente porque ciertos abonos verdes tienen poder desherbante.

Se pueden utilizar un número considerable de especies vegetales como abonos verdes, sin embargo, existen tres familias de plantas más utilizadas para tal fin: leguminosas, crucíferas y gramíneas. Las leguminosas son las más empleadas dada su capacidad para fijar el nitrógeno atmosférico, en favor de los cultivos siguientes. Varios autores que afirman que las leguminosas mejoran el terreno con la penetración de sus raíces, que incluso llegan a romper los terrenos más duros (las raíces de las leguminosas tienen más de 1 m de longitud). Las gramíneas sembradas junto a las leguminosas, mejoran notablemente el terreno y forman un humus estable. Las raíces de las gramíneas mejoran el terreno ablandándolo en la superficie.

Las crucíferas tienen un desarrollo muy rápido proporcionando un buen abono verde cuando se dispone de poco tiempo entre los cultivos. Son capaces de utilizar las reservas minerales de mejor forma comparadas con otras plantas, gracias a la longitud de su sistema radicular, acumulando importantes cantidades de elementos en sus partes aéreas que luego serán devueltos al suelo. Se postula que las plantas de esta familia, por la acción de sus raíces, hacen asimilable por otras plantas el fósforo presente en el terreno en estado insoluble.

Un abono verde ideal posee tres características importantes:

- Un crecimiento rápido.
- Follaje abundante y succulento.
- Habilidad de crecer bien en suelos pobres.

A más rápido crecimiento, mayor es la posibilidad de aptitud para ser introducido en una rotación y uso económico como medios de mejoramiento del suelo. Un follaje abundante y raíces poderosas son, desde luego, algo necesario; a mayor contenido de humedad en el abono verde, más rápida será la descomposición y los réditos derivados. Como la necesidad de materia orgánica es urgente, en especial en la tierra pobre, un cultivo jugoso tendrá grandes ventajas. Cuando las demás condiciones son iguales, es mejor usar leguminosas en el abono verde, sustentado en la alta ganancia de Nitrógeno por el suelo y por la actividad orgánica que deriva de su empleo. Es a veces de extraordinaria importancia una pequeña adición de Nitrógeno.



En líneas específicas los objetivos que se persiguen con el uso de abonos verdes son:

1. Acumulación de nitrógeno (N) por fijación biológica o por presencia de este elemento en los residuos.
2. Acumulación de humus (C + N = mejora de la presencia de oxígeno y agua en el suelo).
3. Disminuir la lixiviación de minerales (Nitrógeno, Calcio, y Potasio).
4. Aprovechamiento productivo del agua en el rendimiento de los cultivos.
5. Disminución de la erosión (formación de agregados).
6. Cubrimiento del suelo con sustancias orgánicas).
7. Desmenuzamiento del suelo (labranza biológica del suelo).
8. Mullimiento del suelo y del subsuelo.
9. Control de malezas (supresión de la luz, efecto antagónico).
10. Control de hierbas indeseadas (supresión de la luz, efecto antagónico).
11. Control de plagas (reducción de las poblaciones de insectos, patógenos y nematodos).
12. Mayor rendimiento del cultivo siguiente por menor gasto en labranza del suelo, nutrimentos, agua y controles fitosanitarios.

Compost

Abono orgánico que resulta de la descomposición aeróbica (con presencia del aire) de los desechos de origen vegetal y animal, en un ambiente húmedo y caliente. El compost es uno de los mejores abonos orgánicos que se puede obtener en forma fácil y permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos. Es el resultado de un proceso controlado de descomposición de materiales orgánicos debido a la actividad de alimentación de diferentes organismos del suelo (bacterias, hongos, lombrices, ácaros, insectos, etc.) en presencia de aire (oxígeno).

Este abono orgánico se constituye de estiércol de animales de granja (aves, caballos, vacas, ovejas o cerdos), residuos de cosechas, desperdicios orgánicos domésticos y papel. El proceso de compostaje tiene como particularidad, usar elevadas temperaturas. La materia orgánica sirve como alimento a los microorganismos y es en este proceso de alimentación, que la temperatura de la pila se eleva pudiendo alcanzar los 65°C a 70°C. Para que el proceso se desarrolle normalmente es imprescindible que exista humedad y oxígeno suficientes, ya que los microorganismos encargados de realizar la descomposición de los materiales orgánicos necesitan de estos elementos para vivir. La elevada temperatura que adquiere la pila de compost es importante, ya que es una manera de eliminar numerosos microorganismos que pueden perjudicar a las plantas que se cultivan y que estaban presentes en el material original.

Los microorganismos capaces de sobrevivir a temperaturas elevadas son en su mayoría desintegradores de materia orgánica, ya que se alimentan de ella; los microorganismos que perjudican las plantas no sobreviven con altas temperaturas. En el proceso de compostaje, luego que la temperatura desciende, los microorganismos perjudiciales para las plantas que pudieran existir desaparecen. Así se favorece el desarrollo de microorganismos que no perjudican las plantas y que viven a temperaturas de 15 °C a 25 °C. De esta manera compiten con los organismos perjudiciales ocupando el lugar que podrían ocupar ellos.

La elevada temperatura provoca también la muerte de las semillas presentes, impidiendo por lo tanto la germinación de pastos indeseados.

La incorporación de abono compostado al suelo tiene las siguientes ventajas:

- Incorpora tanto materia orgánica como nutrientes al suelo.
- No contiene semillas de malezas.
- Mejora las características físicas y biológicas (incorporando microorganismos beneficiosos) al suelo.
- Genera excelentes rendimientos en cultivos de cereales, hortalizas, pastos y árboles.
- Incrementa la retención de humedad.
- Aporta de manera natural los elementos minerales que requieren las plantas.
- Incrementa la capacidad de retención de nutrientes.
- Incrementa y favorece el desarrollo de la actividad biológica del suelo.
- Retarda el proceso de cambio de reacción pH.



- Ayuda a corregir las condiciones tóxicas del suelo.
- Puede utilizarse en lombricultura.

Riqueza de un fertilizante

Para medir la riqueza de un fertilizante, se utiliza el concepto de unidad fertilizante que equivale al porcentaje o cantidad de Kilos de fertilizante por cada 100 Kilos de abono. Las unidades fertilizantes para el caso de los abonos nitrogenados es el (N); en los fosfatados es el anhídrido fosfórico (P_2O_5) y en el potásico es el óxido de potasio (K_2O).

Si un fertilizante complejo tiene una riqueza de 10-30-10, quiere decir que por cada 100 Kilos de fertilizante que se encuentran en el saco, 10 Kilos serán de N, 30 Kilos de P_2O_5 y 30 Kilos de K_2O . Para determinar la cantidad de cada nutriente en un fertilizante, se multiplica el porcentaje del nutriente por el peso del saco o bolsa del fertilizante. Por ejemplo, un saco de 50 Kilos de 18-46-0:

$$N = \frac{50\text{Kg} \times 18\%}{100} = 9 \text{ Kg}$$

$$P_2O_5 = \frac{50\text{Kg} \times 46\%}{100} = 23 \text{ Kg}$$

Formas de aplicar los fertilizantes

Los fertilizantes pueden aplicarse a nivel del suelo y a nivel foliar, utilizando diferentes métodos, entre los que se encuentra el fertirriego. La aplicación de fertilizantes persigue los siguientes objetivos:

- Maximizar la eficiencia de uso de los fertilizantes (obtener el máximo rendimiento con la menor dosis de fertilizante).
- Minimizar el impacto ambiental, esto es preservar la calidad del ambiente, produciendo rendimientos óptimos de los cultivos.
- Reducir el tiempo y necesidades de energía en las aplicaciones.

Fertilización a nivel del suelo o edáfica: la fertilización a nivel del suelo se puede aplicar antes del cultivo, durante la siembra y durante el desarrollo del cultivo.

- **Fertilización antes de la siembra o de fondo:** la manera más fácil de fertilizar antes de la siembra es al voleo, generalmente los fertilizantes a base de Fósforo y Potasio se deberán mezclar hacia adentro mediante el arado, ya que presentan poca movilidad.
- **Fertilización en la siembra:** consiste en colocar el fertilizante 5 cm por debajo de la semilla, para luego proceder a la siembra, la colocación del fertilizante a esta distancia no es lo suficiente próximo para dañar la semilla, pero si como para que las raíces jóvenes encuentren rápidamente el fertilizante.
- **Fertilización después de la siembra o en cobertera:** consiste en diseminar el fertilizante sobre un cultivo establecido, a chorro continuo junto al surco o por golpe en cada planta. También la fertirrigación es una manera de aplicar el fertilizante después de la siembra, inyectándolo con el agua de riego.

Fertilización foliar: consiste en aplicar el fertilizante en soluciones mediante el rociado a las hojas para que los nutrientes sean absorbidos a través de las estomas. Este es el sistema que permite corregir más rápidamente deficiencias en las plantas y es utilizado para aplicar los microelementos ya que estos son demandados en pequeñas cantidades por las plantas.

Bibliografía

Ansorena J. Sustratos, propiedades y caracterización. Ed Mundi-Prensa. Madrid. 1994.

Gros A, Domínguez Vivancos A. Guía práctica de la fertilización. Ed Mundi-Prensa. Madrid, 1992.

Plaster Edward J. La ciencia del suelo y su manejo. Ed Paraninfo. Madrid. 2000.

Serrano Cermeño Zoylo. Técnicas de Invernadero. España. 1994.

Abonos. Disponible en http://www.abcagro.com/fertilizantes/abonos_verdes.asp



Capítulo 7

Sanidad vegetal

Generalidades

Desde el surgimiento de la agricultura en el neolítico, el hombre domesticó plantas y animales, modificando el entorno, para garantizar el abastecimiento constante de alimentos. De esta forma comenzó la actividad agraria como una respuesta a las necesidades básicas de los seres humanos.

Desde entonces hasta la actualidad, la agricultura ha evolucionado hacia una actividad económica que ha aprovechado todos los avances científicos y tecnológicos, para mejorar rendimientos de cultivos, intentando asimismo asegurar la protección de las plantas contra plagas y enfermedades.

En este ámbito es donde la sanidad vegetal adquiere su relevancia al establecer un sistema que permite mecanismos adecuados para proteger vegetales y sus productos, contra eventuales daños producidos por organismos nocivos.

Entre los objetivos se encuentra tanto mantener a los organismos nocivos en niveles de población económicamente aceptables, en los casos en que ya están establecidos, como impedir la introducción y extensión de aquellas plagas y enfermedades procedentes de otras áreas geográficas.



Se define a la **sanidad vegetal** como el conjunto de técnicas y actividades que se realizan en los cultivos con la finalidad de prevenir, controlar y erradicar a los agentes que causan daños a los vegetales. Los vegetales, como todo ser vivo, son afectados por agentes bióticos y abióticos.

Agentes bióticos

Entre los principales seres bióticos que atacan a las plantas se incluyen a agentes biológicos de enfermedades y las plagas. A los hongos, bacterias, virus y nematodos se les agrupa dentro de la categoría enfermedades; dentro de las plagas se agrupan a insectos, ácaros, roedores y malezas.



Agentes abióticos

Las plantas también pueden verse afectadas en sus funciones por otros agentes que no son seres vivos y que producen desequilibrios fisiológicos, razón por la cual son estudiados en la fisiología vegetal; entre estos se encuentran la acción de las heladas, radiación solar, exceso de humedad, fototoxicidad por mal uso agroquímicos, carencias nutritivas, etc.

Enfermedades

Las enfermedades son estudiadas por la patología vegetal; incluye el conocimiento exhaustivo de los agentes biológicos que las causan y las alternativas para controlarlas. Es oportuno señalar varios conceptos básicos:

- **Enfermedad:** alteración fisiológica o morfológica que atenta contra el desarrollo normal de las plantas.
- **Síntomas:** manifestaciones visibles que se presentan en el vegetal y que permiten detectar la enfermedad.

- **Signos:** estructuras visibles del patógeno en el hospedero; existen enfermedades en las que el patógeno se observa a simple vista y otras en las que es necesario recurrir al uso del microscopio.
- **Patógeno:** agente biológico que provoca la enfermedad.
- **Parásito obligado:** patógenos que necesitan obligatoriamente de tejidos vivos para sobrevivir (virus, determinados grupos de hongos que no pueden ser aislados en medios de cultivo).
- **Parásito facultativo:** pueden sobrevivir en tejidos vivos o muertos.

Manejo de enfermedades fungosas

Los hongos, se ubican dentro de los organismos que producen enfermedades a las plantas; son el grupo más representativo y que mayores daños causan, afectando a la seguridad alimentaria y el rendimiento de los cultivos, motivo por el que se los estudia con mayor profundidad.

Características de los hongos: son inmóviles, sus células no poseen cloroplastos por lo que practican la nutrición heterótrofa por absorción, es decir, emiten una serie de sustancias que descomponen la materia orgánica y los nutrientes resultantes son absorbidos a través de la pared y de la membrana de la célula fúngica. Otro carácter de interés es que su pared celular contiene quitina y no celulosa. No presentan flagelos en ningún momento de su ciclo vital y se reproducen por esporas. Su cuerpo puede ser unicelular (como en las levaduras) o multicelular (el cuerpo vegetativo es un conjunto de hifas llamado micelio).

Las hifas están formadas por células puestas en fila. A partir de cada espora se forma una hifa que al contactar con otra hifa distinta se unen por conjugación y dan origen a un micelio de hifas dicarióticas (las células tienen dos núcleos). Estas hifas originarán las setas o cuerpos fructíferos (mejor llamados esporóforos) de los hongos superiores.

Algunas especies de hongos son parásitas, otras simbióticas (viven junto a algas formando líquenes o en asociación de raíces de plantas formando micorrizas) y la mayoría son saprobias (descomponen la materia orgánica muerta junto con las bacterias descomponedoras).

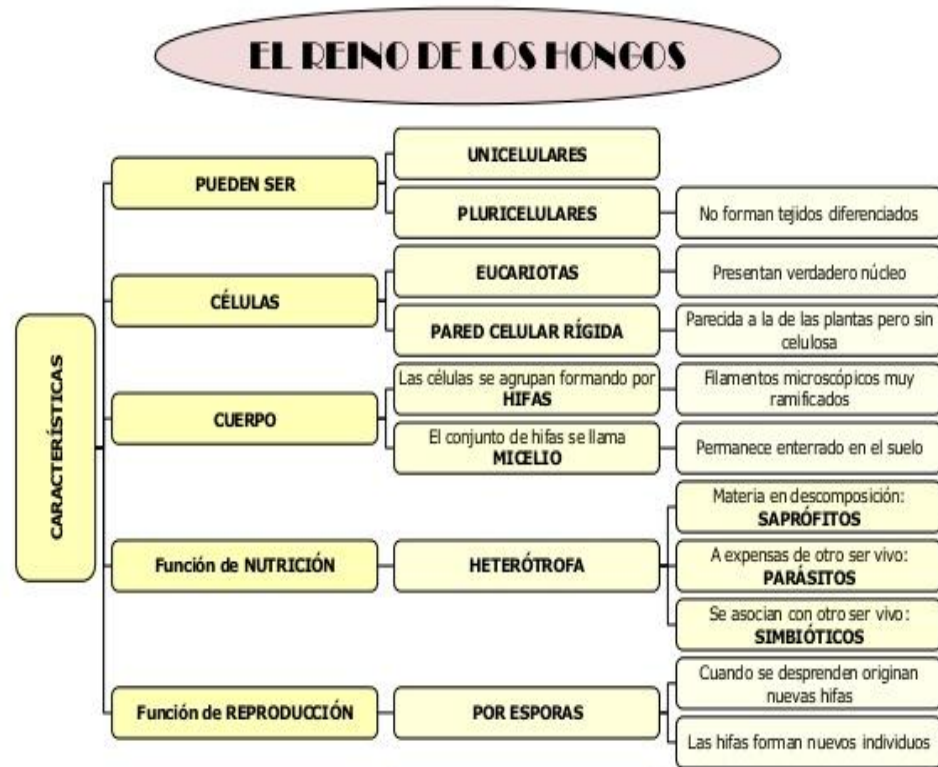
Los hongos son capaces de vivir en lugares inhóspitos, desde zonas muy frías a desiertos, sobre rocas peladas y en troncos. Son muy sensibles a la contaminación atmosférica, por lo que no se ven en las ciudades y cuando se las detecta parecen

costras, otras son laminares y algunas se presentan como ramilletes que cuelgan de las ramas de los árboles, llamados "barbas de capuchino" por su aspecto.

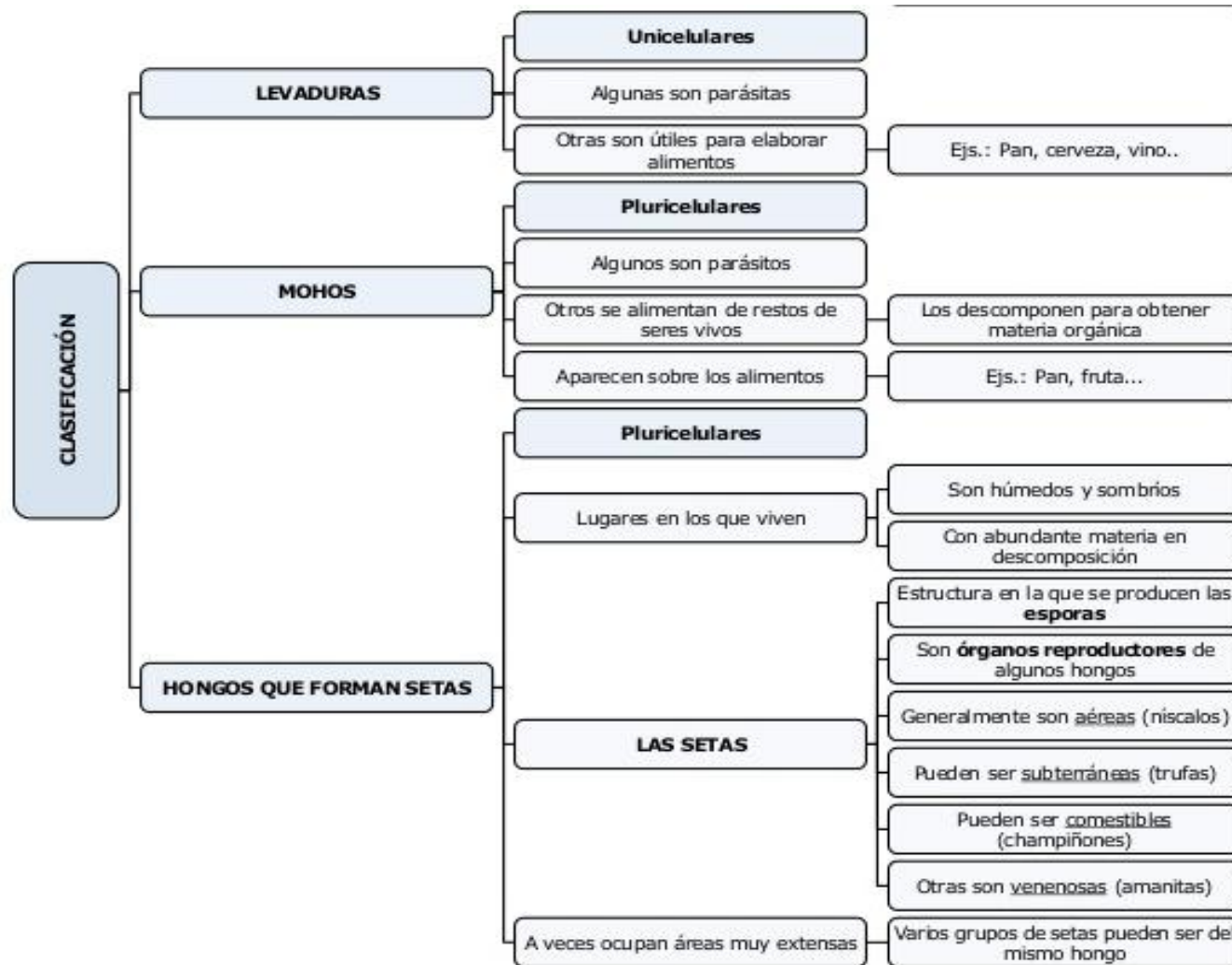
Los hongos se encuentran en hábitats muy diversos: pueden ser pirófilos (*Pholiota carbonaria*) o coprófilos (*Psilocybe coprophila*). Según su ecología, se pueden clasificar en cuatro grupos: saprofitos, liquenizados, micorrizógenos y parásitos.

Los hongos saprofitos pueden ser sustratos específicos (*Marasmius buxi*) o no específicos (*Mycena pura*). Los simbioses pueden ser hongos liquenizados basidiolichenes (*Omphalina ericetorum*) y ascolichenes (*Cladonia coccifera*) y hongos micorrízicos específicos (*Lactarius torminosus*, solo micorriza con abedules) y no específicos (*Hebeloma mesophaeum*). En la mayoría de casos, sus representantes son poco conspicuos debido a su diminuto tamaño, suelen vivir en suelos y junto a materiales en descomposición y como simbioses de plantas, animales u otros hongos.

Cuando fructifican, producen esporocarpos llamativos (las setas son un ejemplo de ello). Realizan una digestión externa de sus alimentos, secretando enzimas y que absorben luego las moléculas disueltas resultantes de la digestión. A esta forma de alimentación se le llama **osmotrofia**, la cual es similar a la que se da en las plantas, pero a diferencia de aquéllas, los nutrientes que toman son orgánicos.



Los hongos son descomponedores primarios de la materia muerta de plantas y de animales en muchos ecosistemas; como tales, poseen un papel ecológico muy relevante en los ciclos biogeoquímicos.



Las hitas pueden adoptar diferentes formas según el tipo de hongo y las condiciones ambientales. Cuando toman apariencia de raíces reciben el nombre de rizomorfas; en condiciones poco favorables se agrupan adquiriendo un color negro y reciben el nombre de esclerosis permitiendo al hongo sobrevivir durante largos periodos de sequía o baja de temperatura.

Los hongos pueden reproducirse asexualmente a través de estructuras denominadas esporangioforos y conidióforos, que producen esporangios y conidios respectivamente.

Los hongos tienen una gran importancia económica: las levaduras son responsables de la fermentación de la cerveza y el pan y se obtienen de la recolección y cultivo de setas como las trufas. Desde 1940 se han empleado para producir industrialmente antibióticos, así como enzimas (especialmente proteasas). Algunas especies son agentes de biocontrol de plagas. Otras producen micotoxinas que son compuestos bioactivos (alcaloides) tóxicos para humanos y animales.

Los hongos se presentan bajo dos formas principales:

- Hongos filamentosos antiguamente llamados "mohos".
- Hongos levaduriformes.

El cuerpo de un **hongo filamentoso** tiene dos porciones: una reproductiva y otra vegetativa. La parte vegetativa que es haploide y generalmente no presenta coloración, está compuesta por filamentos llamados hifas (usualmente microscópicas); un conjunto de hifas conforma el micelio que es usualmente visible. A menudo las hifas están divididas por tabiques llamados septos.

Los **hongos levaduriformes** o simplemente levaduras, son siempre unicelulares, de forma casi esférica. No existen en ellos una distinción entre cuerpo vegetativo y reproductivo.

En biología, el término *fungi* (del latín hongos) designa a un grupo de organismos eucariotas entre los que se encuentran mohos, levaduras y setas. Se clasifican en un reino distinto al de las plantas, animales y protistas. Esta diferenciación se debe entre otras cosas, a que tienen paredes celulares compuestas por quitina, a diferencia de las plantas que contienen celulosa. Se ha descubierto que organismos que parecían hongos en realidad no lo eran y que organismos que no lo parecían en realidad sí lo eran. Llamamos hongos a todos los organismos derivados del que ancestralmente adquirió la capacidad de formar una pared celular de quitina. Debido a ello, si bien este taxón está bien delimitado desde el punto de vista evolu-

tivo, aún se están estudiando las relaciones filogenéticas de los grupos menos conocidos por lo que la lista de subtaxones se modificó ostensiblemente con el tiempo, en lo que respecta a grupos muy derivados o muy basales.

Dentro del esquema de los cinco reinos de Wittaker y Margulis, los hongos pertenecen en parte al reino protista (hongos ameboides y los hongos con zoosporas) y al reino Fungi (el resto). En el esquema de ocho reinos de Cavalier-Smith pertenecen en parte al reino Protozoa (hongos ameboides), al reino Chromista (*Pseudofungi*) y al reino Fungi todos los demás. La diversidad de taxa englobada en el grupo está poco estudiada.

Se estima existen 1,5 millones de especies de hongos, de las cuales apenas el 5% ha sido clasificada. Durante los siglos XVIII y XIX, Linneo, Christiaan Hendrik Persoon y Elias Magnus Fries clasificaron a los hongos de acuerdo a su morfología o fisiología. Actualmente, las técnicas de biología molecular han permitido el establecimiento de una taxonomía molecular basada en secuencias de ácido desoxirribonucleico (ADN), que divide al grupo en siete filos.

Hoy por hoy, se piensa que los hongos constituyen un grupo polifilético, es decir, compuesto por linajes de organismos no emparentados entre sí. De hecho, se agrupan en 3 reinos diferentes, según la X edición del Dictionary of the Fungi:

- **Reino Protozoa:** Protozoos. Es un reino que incluye a seres tan conocidos como los paramecios o las amebas. Casi todos los integrantes de la antigua división *Myxomycota* se agrupan aquí. Son organismos que no presentan pared celular y se alimentan por fagocitosis. En otros textos como el del autor Alexopoulos y colaboradores (1996), se duda que los distintos grupos de hongos ameboides sean monofiléticos.
- **Reino Chromista:** incluye a protistas con mitocondrias de crestas tubulares y con células cuyos flagelos presentan una especie de pelillos adosados llamados mastigonemas. Aquí se pueden encontrar las algas pardas, las diatomeas y algunos hongos que en realidad descienden de algas y que han perdido la clorofila como los *mildius* y también algunos hongos que antes se incluían en *Myxomycota* como son los labirintulales. En general, las paredes celulares de estos seres no presentan quitina ni glucanos. Alexopoulos denomina a este reino Stramenopila.
- **Reino Fungi:** son los hongos verdaderos, con paredes celulares de quitina y glucanos. Están más emparentados con los animales que con las plantas. Incluye a *Chytridiomycota* (quítridos que antes se encasillaban como *Mastigomycotina*), *Zygomycota*, *Glomeromycota*, *Ascomycota* y *Basidiomycota*. Los hongos imperfectos o mitospóricos (asexuales) ya no constituyen un grupo aparte, sino que se conectan con grupos ya existentes.

Los hongos pueden penetrar en las plantas por las estomas a través de los haustorios o los apresorios que son hitas modificadas. Desde el punto de vista de su incidencia sobre las plantas se analizan cuatro divisiones principales de hongos:

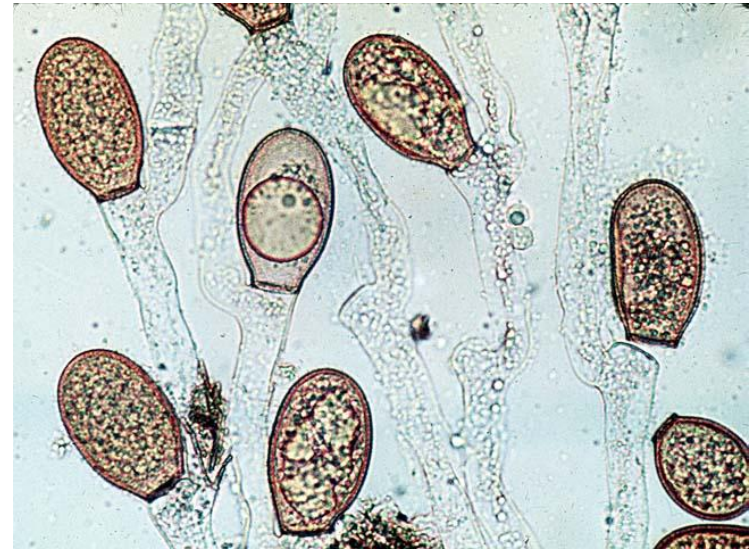
Chytridiomycota: el cuerpo o talo de estos hongos varía desde unicelulares y holocárpicos pasando por rizoidales hasta aquellos que poseen misedeo sin septas. Su reproducción sexual es por fusión planogamética. La meiosis es sigótica, produce meiosporas al iniciarse la generación haploide. Se reproducen asexualmente formando zoosporangio y zoosporas provistas de un flagelo posterior tipo látigo.

Características generales:

- Producen zoosporas (espora asexual móvil provista de flagelos para locomoción; producida dentro de esporangios propios de algunos hongos y algas, para propagarse) y planogametos (todas aquellas parejas de gametos en las que al menos uno de los dos posee la capacidad de movimiento independientemente del gametangio) con un flagelo liso y posterior.
- Talo cenocítico esferoidal (no tabicado. Micelio en el cual los núcleos incluidos en un citoplasma común no están separados por tabiques que delimiten células. Característico de *Zycomycotina* y *Mastigomycotina*), hifa simple alargada o micelio.
- Cigoto transformándose en una espora de resistencia o reposo, o un esporangio de resistencia.
- Pared celular fundamentalmente de quitina, a veces también de celulosa.
- Hábitat acuático fundamentalmente o en el suelo, saprófitos o parásitos.
- Cierta parecido con *Hypochytridiomycetes*, de los que se diferencia por la disposición de los flagelos y forma de liberar zoosporas.

Estructuras somáticas:

- Pueden ser unicelulares.



- Se pueden formar rizoides que sirven para fijarse al sustrato o absorber alimento; los rizoides no tienen núcleos, filamentos cortos, puede aparecer un septo que los separa de las partes esporógenas.
- Se puede formar un rizomicelio (conjunto de hifas, generalmente acarióticas, que sirven de sujeción del micelio o para aumentar la capacidad de absorción), extenso sistema de filamentos ramificados, de ordinario sin núcleos.
- En los más evolucionados hongos, pueden aparecer pseudoseptos (falsos tabiques que separan las células de las hifas en el micelio de los hongos), cuya composición es diferente a la de la pared.

Zygomycota: es una división de hongos que incluye alrededor de mil especies. Los hongos pertenecientes al filo *Zygomycota* se caracterizan por formar zigosporas con gruesas paredes, de origen sexual y esporangiosporas no nadadoras de origen asexual. El moho negro del pan (*Rhizopus nigricans*) es un representante bien conocido de este grupo del orden Mucorales, produce masas de hifas sobre pan, fruta y otros alimentos deteriorados. El cuerpo de este hongo, compuesto de hifas no septadas, muestra que a pesar de una pequeña diferenciación celular entre los hongos, las hifas pueden especializarse por varios propósitos.



Los hongos del orden Entomoftorales son parásitos de las moscas, protistas miniaturas y de otros insectos. Son organismos de nutrición saprófita, se alimentan de restos de plantas y animales del suelo. Tienen esporangiosporas sencillas dentro de unos receptáculos; en el interior de cada uno de ellos se desarrollan unas estructuras que llegan a independizarse y funcionar como conidios. El orden Zoopagales comprende hongos parásitos de amebas, nematodos y artrópodos; este tipo de hongos producen esporas asexuales dentro de los esporangios y durante la reproducción sexual, se forma una zigospora con paredes de resistencia, en la que ocurrirá la meiosis.

La mayoría de los hongos conocidos como moho (del pan o la fruta), pertenecen a esta división que lo componen especies popularmente conocidas como mohos, que se caracterizan por disponer de hifas cenocíticas no flageladas, muy diferentes a las hifas septadas de los llamados hongos superiores. La mayoría de ellas son especies microscópicas, pero existen algunas excepciones. Se reproducen sexualmente por la copulación usualmente de dos gametangios iguales, dando como resul-

tado la formación de un zigosporangio de paredes gruesas, el cual contiene una zigóspora. La reproducción asexual la realizan por medio de esporas no móviles.

Ascomycota: son hongos con micelio tabicado que producen ascosporas endógenas. Cuenta con alrededor de 64.000 especies. Es la división (filo) más grande del reino fungi. Pueden ser unicelulares y talófitos. La reproducción puede ser de dos tipos: asexual, por esporas exógenas (conidios o conidioesporas) y sexual mediante esporas endógenas (ascospora). Han sido aislados de lugares extremos, desde dentro de rocas en la planicie helada de Antártica hasta las profundidades del mar.

En los grupos más evolucionados se forman ascocarpos o cuerpos de fructificación (esporocarpo). Existen en ambientes terrestres y acuáticos, en sustratos como madera, materiales de queratina (uñas, plumas, cuernos y pelos), estiércol, suelo y alimento, entre otros. Pueden ser parásitos de animales y el hombre, además de atacar a las plantas. Entre los más sencillos destacan las levaduras responsables de la fermentación.



Clase Hemiascomycetes

Son preferiblemente saprobios; abundan en el suelo, sobre frutas y plantas heridas. En esta división se encuentran los hongos que sexualmente producen esporas haploides (meisporas) conocidas como ascosporas. Al menos en los hongos fitopatógenos, el número de ascosporas es de ocho, debido a que luego de la meiosis ocurre una mitosis. Estos hongos asexualmente generan esporas llamadas conidios.

Basidiomycota: engloba la mayor parte de los llamados hongos superiores; se caracterizan por su reproducción sexual a través de esporas que se producen en unos órganos fértiles llamados basidios. Estos suelen tener forma de maza y albergan las esporas en el exterior ubicadas en el extremo de unos cuernecillos llamados esterigmas. Los basidios pueden ser bispóricos o tetraspóricos, en función del número de esporas que alberguen. En la práctica, la totalidad de los cuerpos reproductores están formados por un sombrero y pie; las conocidas setas, pertenecen a esta división. Se encuentran los hon-

gos que sexualmente producen esporas haploides (meiosporas) conocidas como basidiosporas, las cuales se localizan externamente sobre un basidio. Estos hongos asexualmente generan esporas llamadas conidios.

Características generales:

- Micelio bien desarrollado de hifas septadas; pueden aparecer formas levuriformes.
- Fase dicariótica de larga duración.
- Producen meiósporas: basidiosporas en basidios, unicelulares, haploides o a veces binucleados.
- Basidiosporas originadas como resultado de plasmogamia, cariogamia y meiosis: 4 basidiosporas, homólogas a ascósporas.
- Pueden desarrollarse cuerpos fructíferos o basidiocarpos de tamaño importante.
- Su origen se piensa que es a partir de ascomicetos.



Importancia:

- Patógenos: incluyen royas (*Pucciniomycetes*) y tizones (*Ustilagomycetes*).
- Destruyores de madera por podredumbre (lignícola).
- Gran importancia forestal por establecer micorrizas.
- Comestibles: champiñones, niscalos, etc.

Control de enfermedades fungosas

Las enfermedades fungosas deben ser tratadas con un control integrado, bajo el criterio técnico que es mejor prevenir que curar; el agricultor debe recurrir a las siguientes medidas en la lucha contra los hongos:

Labores culturales: entre las labores culturales que se tienen que realizar tenemos la distancia de siembra, control de malezas y rascadillos.

Distancia de siembra

Manejo de distancias de siembra, tomando en cuenta que la humedad relativa alta es propicia para el desarrollo de los hongos.

Un cultivo con una densidad alta de plantas propiciará el aumento de la humedad del ambiente.



Control de malezas

Algunas especies de hongos sobreviven en las malezas que se convierten en sus hospederos temporales, una vez que se inicia el cultivo proceden a infestarlo. Es importante realizar un control permanente de las malezas antes y después que se establezca el cultivo.

Rascadillos

La remoción del suelo ayudará a controlar malezas y mejorará la aireación, con lo que se controlará aquellos agentes fungosos que principalmente se presentan en la raíz y en el cuello del tallo, a nivel del suelo y que se desarrollan en condiciones anaeróbicas.



Genética: es necesario seleccionar semillas que presenten cierta tolerancia a diferentes patógenos; en la actualidad se han desarrollado híbridos que presentan estas características y que se las encuentran en el mercado.

Nutrición: como todo ser vivo una planta bien nutrida presentará mayor tolerancia a las enfermedades y desarrollará los mecanismos naturales de autoprotección.

Legislación: evitar el ingreso de materiales vegetativos que presenten patógenos que no existen en el país.

Control químico con fungicidas

Se basa en el uso de productos químicos que pueden ser utilizados para desinfectar el suelo, semillas o para aplicarlos en las plantas. Los fungicidas atacan en un lugar determinado de la fisiología celular del hongo, generalmente en sitios donde se produce la división celular, la síntesis de proteína, la conversión de energía y la síntesis de ergosterol. El conocer el mecanismo de acción de los fungicidas será importante para rotar fungicidas y así evitar el uso indiscriminado de productos que actúan sobre el mismo sitio del hongo, generando resistencia.

Clasificación de los fungicidas de acuerdo a su modo de acción

Los fungicidas de acuerdo a su modo de acción, es decir cómo actúan sobre el vegetal, se clasifican en sistémicos y de contacto.



Fungicidas sistémicos: son aquellos que penetran en la planta y que realizan una actividad curativa, el movimiento del fungicida puede ser acropetalico (de abajo hacia arriba) y basipetalico (de arriba hacia abajo). Los fungicidas sistémicos generalmente actúan en un solo sitio del metabolismo del hongo por lo que generan fácilmente, resistencia.

- Triazoles y morfolinas actúan en la pared celular a nivel de la síntesis de ergosterol.
- Benzimidazoles inhiben la formación de las fibras del uso acromático en la mitosis.
- Acilalaninas afectan la síntesis del ARN.
- Acetamidas actúan a nivel de la respiración celular.
- Carboximidas interfieren en el ciclo de Krebs.

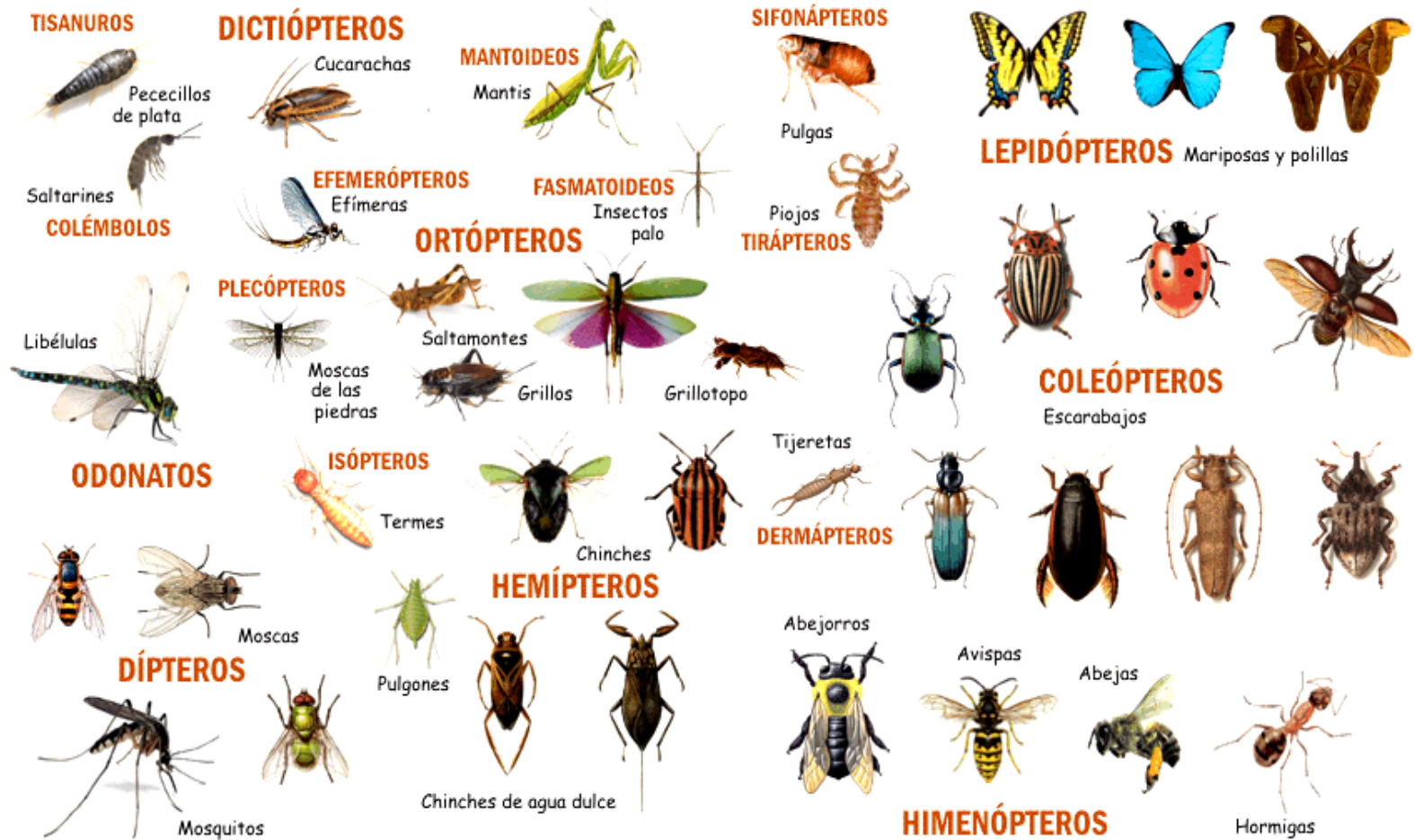
Fungicidas de contacto: son productos de índole preventivo, es decir, se utilizan antes que el hongo ingrese a la planta y su acción evita la esporulación del hongo y su posterior penetración. Los fungicidas de contacto tienen un mecanismo de acción múltiple sobre el metabolismo del hongo por lo que difícilmente generan resistencia.

Cuadro 1. Principales fungicidas para el control de hongos

Grupo químico	Ingrediente activo	Nombres
Principales fungicidas sistémicos control de ficomicetos		
Acilaninas	Metalaxil	Ridomil
	Oxadixil	Sandofan
	Furalaxil	Fongarid
	Benalaxil	Galben
Tiocarbamatos	Protiocarb	Previcur
Fosfito metálico	Fosetil al	Alliete. Rhodax
Acetamidas	Cymoxanil	
Principales fungicidas sistémicos control de ascomicetos, deuteromicetos, basidiomicetos		
Benzimidazoles	Benomyl	Benlate, Pillarben
	Carbendazim	Derasol, Bavistin
	Tiobendazole	Mertec, Tecto
Morfolinas	Dodemorf	Meltatox
	Tridemorf	Calixin
Dicarboximidas	Vinclozonil	Ronilan
	Iprodione	Rov ral
	Procinidome	Sumisclex
Carboximidas	Carboxin	Vitavax
	Oxicarboxin	Plantabas
Triazoles	Bitertanol	Baycor
	Ciproconazol	Alto
	Propiconazole	Tilt
	Triadimenol	Bayleton
Pirimidinas	Pyrosopos	Afugan
Fungicidas protectores control ficomicetos, ascomicetos, deuteromicetos, basidiomicetos		
Sales de cobre	Cobre	Kocide, trimiltox, cobox, champion
Azufre	Azufre	Thuiovit, kumulus, elosal
Ptalamidas	Captan	Captan orthocide
Ditiocarbamatos	Maneb, zineb	Maneb, poliran
	Mancozeb	Titan, manzate
	Propineb	Antracol, punto
Ftaliques	Clortalonil	Bravo, daconil
Cloronitrobencena	Quintozena	Brassicol

Plagas

Son agentes bióticos de origen animal que causan daños mecánicos a los vegetales, en este grupo se encuentran los insectos, ácaros, moluscos, roedores, pájaros y otros; los insectos los más numerosos en cuanto a población y peligrosos por sus potenciales daños económicos.



Daños causados por los insectos

Los insectos (Clase: Insecta, Phylum: Arthropoda) son artrópodos que poseen extremidades especializadas y cuerpo segmentado (insecto significa cortado en medio) con cubierta esclerotizada (exoesqueleto) pero no desarrollan un verdadero caparazón. Tienen un par de antenas, tres pares de patas y dos pares de alas. En su mayoría son pequeños (entre 0,5 y 3 cm de longitud). Los de mayor tamaño pertenecen al grupo de escarabajos y chinches. El grupo de los insectos es diverso e increíblemente abundante; se calcula que por cada ser humano existen 200 millones de insectos. Pueden ser herbívoros, carnívoros, carroñeros o incluso establecen eficientes relaciones de comensalismo y parasitismo (Brusca y Brusca, 2002).

Los insectos juegan un rol destacado en las funciones del ambiente. Son los principales depredadores de otros invertebrados y por lo tanto controladores de plagas. Descomponen y eliminan un porcentaje importante de la materia orgánica y son los principales polinizadores de plantas de importancia ecológica y económica. Sin embargo, en ocasiones y a causa de su abundancia elevada, se les ha considerado como un grupo dañino, pues consumen cerca de un tercio de las cosechas a nivel mundial y son los principales vectores de enfermedades humanas (Brusca y Brusca, 2002).

Los insectos son el grupo más diverso del planeta. Hasta la fecha se desconoce el número real de especies de insectos descritos en el mundo, estimándose existen entre 890.000 a más de un millón de especies. Actualmente se incluyen catálogos de siete grupos de insectos, entre ellos los más diversos como los escarabajos (Orden: *Coleoptera*) y las mariposas y polillas (Orden: *Lepidoptera*). Los insectos constituyen el 70% de las especies conocidas de todo el reino animal, pertenecen al *Phylum* de los artrópodos, debido a que presentan apéndices articulados; a la clase hexápoda por poseer seis patas.

Clasificación general de los insectos

La clasificación de los insectos ha variado con el tiempo, al mismo tiempo que lo hacían las ideas filogenéticas y a medida que la información sobre insectos se incrementaba. En la actualidad, esta clasificación dista de ser definitiva, es decir, existen variaciones que surgen de la diferente valoración dada a los mismos hechos observables y que dependen de las ideas filogenéticas de los diferentes autores.

Para la clasificación de los insectos ha sido necesaria la sistematización para designar especies y altas categorías taxonómicas, entre las que destacan de lo general a lo particular como importantes las siguientes: órdenes, subórdenes, superfamilias, familias, subfamilias, tribus, subtribus, géneros, subgéneros, especies y subespecies.

Los primeros intentos de clasificar a los insectos se sustentaron en formar grupos muy simples que con el tiempo se volviendo más y más complejos, a medida que estos animales se estudiaron y conocieron mejor. Para clasificarlos se han adoptado reglas internacionales de nomenclatura a las que se deben ajustar los procedimientos taxonómicos. Por ejemplo, el nombre de las superfamilias termina en "oidea", el de las familias en "idea", el de las subfamilias en "inae" y el de las tribus en "ini"; la primera letra del nombre científico que indica el género se escribe con mayúscula y con minúsculas las siguientes, que indican la especie y la subespecie. Siempre que se escriba un nombre científico debe ir seguido, sin puntuación, del nombre del autor que describió la especie (Coronado, 1985).

La clase Insecta se divide en órdenes de acuerdo con las estructuras de alas, partes bucales, metamorfosis y otras características diversas, de las cuales deriva el nombre que recibe cada orden. Para establecer el nombre se utilizan raíces griegas. Linneo es el padre de la clasificación sistemática o taxonomía de los organismos y fue el inventor del sistema binomial que dio a conocer en la décima edición de su obra *Sistema Naturae*. Según este sistema, cada organismo tiene dos nombres. El primero corresponde al género y el segundo a la especie.

Entre los entomólogos, existen diferentes opiniones sobre los límites de algunos órdenes. Algunos casos en que dos grupos que son considerados por algunos especialistas como un solo orden, son divididos por otras autoridades entomológicas en dos o más, y otros casos, en que dos grupos son considerados por los entomólogos como órdenes separados mientras que otros científicos los integran en uno solo. Incluso, algunos grupos son considerados por los entomólogos como órdenes de insectos, son considerados por otros autores como clases separadas de Artrópoda (Domínguez, 1979).

De todas formas, la intención de los autores es acercarse a la clasificación científica, en base a lo que está prácticamente aceptado universalmente.

Como se sabe, todos los grupos del Reino animal están agrupados en varios "*Phyllum*". Los insectos están dentro del *Phyllum Arthropoda*, al igual que los arácnidos y los crustáceos. Los insectos, como grupo tienen categoría taxonómica de Clase, que se llama (según las diferentes clasificaciones) Hexapoda o Insecta.

Phylum Arthropoda

Los artrópodos poseen cuatro subphylum, uno extinto (Trilobita) y tres grupos vivientes Chelicerata (arañas, ácaros, escorpiones y otros organismos) Crustácea (cangrejos, camarones, cochinillas, entre otros) y Atelocerata (Miriápoda e Insecta: ciempiés, milpiés e insectos respectivamente) constituyen uno de los más grandes phylum animal. Los insectos (miembros

de clase Hexápoda o Insecta) son los organismos más representativos con alrededor de un millón de especies descritas, mientras que los demás artrópodos en su conjunto suman alrededor de 100.000 especies. Estos organismos habitan variados ambientes desde lo profundo del mar hasta los desiertos y algunas formas parasíticas se han modificado tanto que su condición de artrópodo sólo es reconocida en ciertos estados de su desarrollo.

El origen y evolución del Phylum Arthropoda, como muchos otros grupos de animales, data del Cámbrico reciente hace 565 millones de años. El registro fósil del reino animal de aquel tiempo, representado principalmente por la fauna de Burgess Shale en Alberta Canadá y Ediacara en Australia, presenta una historia algo incompleta con organismos muy similares a los artrópodos actuales y a otros grupos animales. Los diseños corporales básicos o arquitectura corporal de los principales organismos animales artrópodos, constituyen la continuación de los modelos ya existentes hace más de 500 millones de años.

Las mayores novedades evolutivas de los artrópodos, como la formación de alas en los insectos durante el Carbonífero y la posterior diversificación del grupo, implicaron modificaciones a un plan corporal básico muy antiguo. En ningún caso durante los últimos 400 millones de años han aparecido grupos mayores nuevos (al nivel de clases, por ejemplo) dentro de los artrópodos.



Órdenes de la clase Insecta

Se disponen diferentes tipos de clasificaciones; para efectos del estudio se seguirá la clasificación, basada en la propuesta por Davies en 1991 y las modificaciones de Richard y Davies del año 1984. En conjunto, se puede considerar que los insectos comprenden unos 29 órdenes (otros autores plantean 32) y 750 familias, con más de un millón de especies actualmente descritas. Esto da idea de la gran diversidad en cuanto a morfología, biología y hábitat ecológico que poseen los insectos.

Esta clasificación no es definitiva y en otras obras puede aparecer una relación de órdenes diferente. Por ejemplo, los órdenes Archaeognatha y Zygentona son agrupados comúnmente en el orden Thysanura; el orden Phthiraptera incluye dos grupos (Mallophaga y Anoplura) que en otras clasificaciones son considerados como órdenes separados; del orden Hemiptera se separa a veces el orden Homóptera.

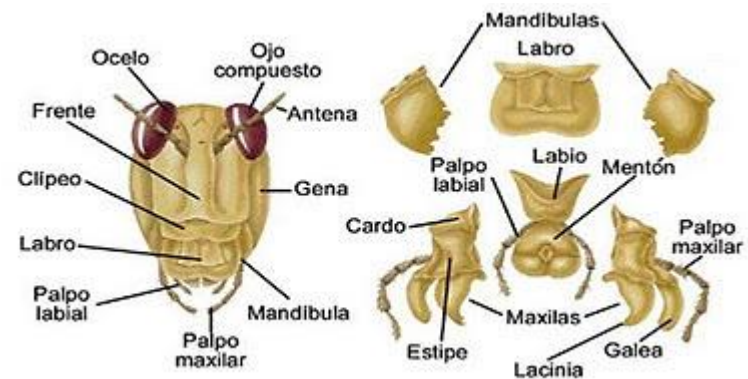
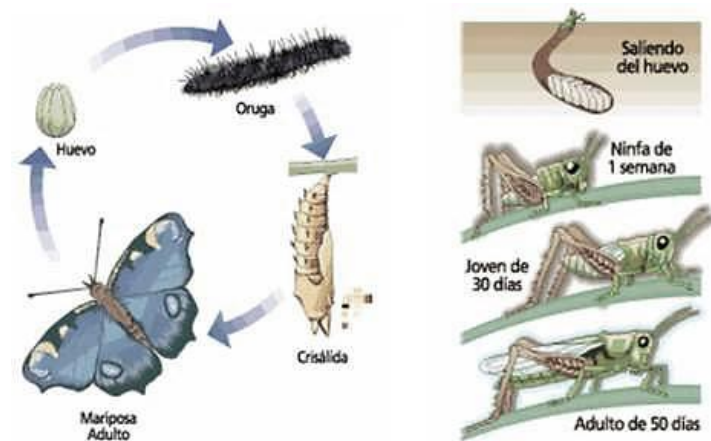
La primera división que se encuentra en la clase Insecta es en las subclases Apterygota y Pterygota. Esta última se subdivide en las divisiones Exopterygota y Endopterygota. En cada una de ellas se encuentran órdenes que tienen muy poca importancia desde el punto de vista de la entomología agrícola; otros que tienen cierto interés y finalmente varios órdenes en que se encuentran especies de gran trascendencia, por ser plagas de cultivos agrícolas, productos almacenados o por tener interés como agentes de control biológico.

Metamorfosis

La forma de un insecto cambia de manera apreciable durante el transcurso de su vida; esta es una de las características más peculiares de este grupo. A este fenómeno se le conoce como metamorfosis. Los insectos que tienen metamorfosis incompleta (hemimetábolos) pasan por las etapas de huevo, ninfa y adulto. Los insectos con metamorfosis completa (holometábolos) pasan por las etapas de huevo, larva, crisálida o pupa y adulto.

Los insectos son artrópodos de respiración traqueal cuyo cuerpo se divide en tres partes completamente diferenciadas: cabeza, tórax y abdomen.

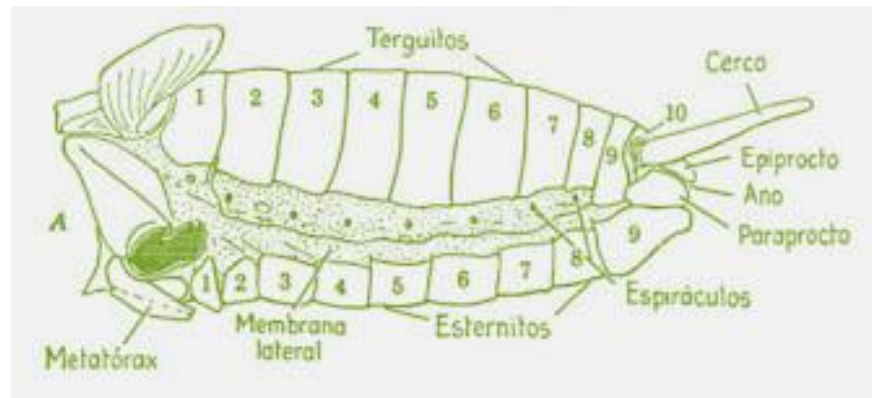
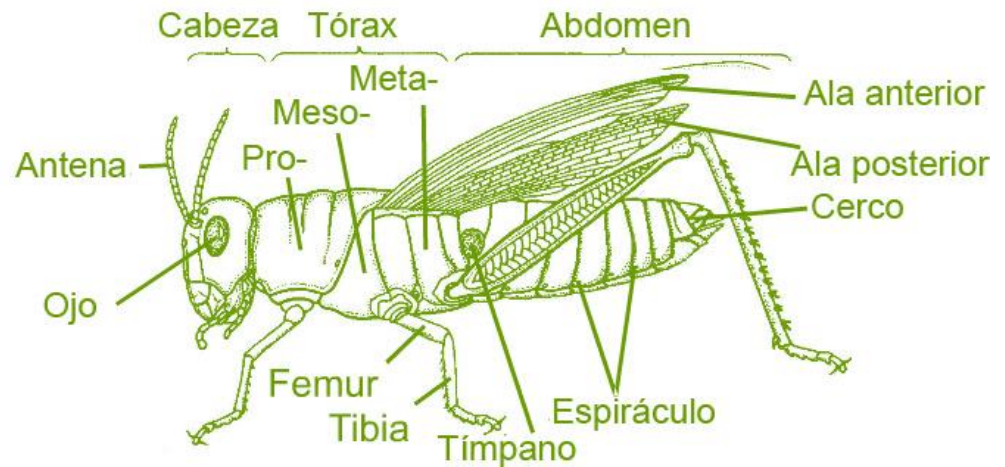
- **Cabeza:** lleva un par de antenas, un par de mandíbulas y dos pares de maxilas.
- **Tórax:** es el segundo segmento del cuerpo de un insecto y se encuentra adaptado a la locomoción; este contiene tres pares de patas caminadoras y en muchos insectos adultos, uno o dos pares de alas. Está compuesto por tres segmentos corporales que son: protórax, mesotórax y metatórax, que se encuentran unidos formando una caja o estuche en el



que se encuentran la musculatura de las patas y las alas.

- **Abdomen:** es la región posterior del cuerpo de los insectos. El abdomen está inicialmente formado por 11 segmentos, aunque esto sólo ocurre en algunos órdenes (proturos, tisanuros). En la mayoría de los órdenes el número primitivo de segmentos abdominales tiende a reducirse a nueve, ocho, o incluso menos. Al final del abdomen puede encontrarse el telson, no segmentado, aunque se aprecia claramente sólo en proturos. En el abdomen se encuentran las principales vísceras y es donde se realizan las más importantes funciones metabólicas: digestión, absorción, excreción, respiración, circulación y la función reproductora, mediante las gónadas y los órganos copuladores. La estructura típica de un segmento abdominal comprende una placa o esclerito tergal y otro esternal, separados ambos por un área pleural que suele ser membranosa y sin escleritos. Los escleritos de los segmentos contiguos se unen mediante membranas intersegmentarias, lo que le confiere una gran movilidad. En ocasiones no se aprecian estas membranas porque se solapan los segmentos (ocurre en algunos insectos, incluso entre la parte dorsal y la esternal, no apreciándose la membrana pleural).

Los apéndices de los anillos o segmentos 8 y 9 forman los órganos genitales, dispuestos para el apareamiento y en la hembra para la puesta de huevos. Este órgano es por lo general muy importante en la separación de especies. En los insectos adultos se distinguen en cada anillo un tergo o placa dorsal, un esternito o placa ventral, la membrana lateral que



conecta el tergo y el esternito, un espiráculo en ambos lados que conecta en el interior con las tráqueas (sitio por donde respiran, al tener una respiración traqueal). Los insectos fitófagos (se alimentan de vegetales y son estudiados por la fitopatología) son interesantes desde el punto de vista biológico, agrícola y económico.

Control de Insectos

La mejor forma de combatir a los insectos es el control integrado, utilizando técnicas y actividades como: control legal, biológico, cultural, físico, mecánico, hormonal y químico.

Control legal: consiste en evitar que ingresen insectos nocivos al país, recurriendo a las cuarentenas.

Biológico: se recurre al uso de agentes naturales en el manejo de plagas (parasitoides, depredadores y entomopatógenos); por ejemplo, para control de la mosca blanca se puede recurrir a *Encarsia formosa* (ver imagen), avispa que en su estado adulto se alimenta de los fluidos del cuerpo de las larvas de la mosca o al uso de *Verticillium lecanii*, hongo que desarrolla el micelio en el cuerpo de la víctima, para luego penetrar en el organismo y matarlo.



Cultural: la labranza óptima, rotación de cultivos, nutrición, época de siembra, uso de variedades resistentes y control de malezas, son las principales prácticas utilizadas para el control cultural de los insectos.

Físico: se fundamenta en el control de los factores como son temperatura, humedad, luz y radiaciones. Un invernadero automatizado permitirá un manejo óptimo de estas variables.

Mecánico: es el método más antiguo y consiste en remover y destruir directamente los insectos causantes del daño a los vegetales. Aquí se incluye las trampas, la recolección manual, el uso de aspiradoras, etc.



Hormonal: utilización de feromonas, compuestos secretados por los insectos en el ambiente generalmente por las hembras para atraer a los machos. Estas hormonas se colocan en un lugar alejado del cultivo dejando libre al hospedero y agrupando a los insectos para su destrucción. Existen también hormonas reguladoras de crecimiento, que han sido sintetizadas en laboratorio, como las inhibidoras de síntesis de quitina, que al ser ingeridas por el insecto en estado larval impiden la formación de quitina, con lo cual la nueva cutícula larval no endurece, produciendo la muerte de las larvas por desnudes.

Control químico

Es el método más difundido y utilizado por el agricultor por lo que haremos un estudio detallado de los insecticidas. Un insecticida es un pesticida que permite controlar los insectos plaga; se formulan en los laboratorios, acondicionando un ingrediente activo o sustancia venenosa



Modo de acción de los insecticidas: de acuerdo a como actúa en la morfología de la planta se clasifican al igual que los fungicidas, en insecticidas de contacto, translaminares y sistémicos. Si se analiza el efecto tóxico de los insecticidas en la estructura anatómica de la plaga, estos se clasifican en:

- **De contacto:** el plaguicida debe hacer contacto con cualquier parte del cuerpo del insecto, para intoxicarlo.
- **De ingestión:** el insecto debe ingerir el plaguicida para asimilarlo por la vía digestiva e intoxicarse.
- **De inhalación:** el insecticida ingresa por la vía respiratoria (espiráculos) al insecto para ejercer su acción tóxica.

Existen insecticidas que pueden combinar dos o más modos de acción.

Clasificación por su composición química

Organoclorados: en su estructura química poseen cloro (DDT, Aldrin, Endosulfan). La gran mayoría de los plaguicidas de este grupo han sido prohibidos a nivel mundial, por su poco poder de degradación en la naturaleza.

Organofosforados: poseen fósforo en su estructura química, fueron desarrollados para reemplazar a los organoclorados, se degradan con mayor facilidad que los anteriores, pero son más tóxicos (malathión, curacrón, lorsban, monitor).

Carbamatos: son menos tóxicos que los anteriores (Furadán).

Piretroides: son insecticidas inicialmente extraídos del piretro y posteriormente elaborados por procesos químicos. Actúan por contacto y no poseen acción sistémica (Karate, Pemasect).

Insecticidas de nueva generación

Son insecticidas de origen natural que han sido extraídos de anélidos marinos como el Evisect o son fabricados a base de nicotina o de ciertos hongos como las abamectinas (Vertimec o el New Mectin).

Clasificación por su mecanismo de acción

Los insecticidas, casi en su totalidad son neurotóxicos, es decir actúan a nivel del sistema nervioso del insecto. Los impulsos nerviosos del insecto pueden ser de naturaleza eléctrica; algunos recorren todo el sistema mediante la conexión de los axones de una neurona con la dendrita de otra o bien, mediante la transmisión sináptica por medio de la cual el impulso pasa de una neurona a otra sin que exista la unión de ellas utilizando el mediador químico denominado acetilcolina. Una vez que ocurre la transmisión, la acetilcolina es hidrolizada e inactivada por la enzima acetilcolinesterasa.

- **Insecticidas presinápticos:** actúan antes que se produzca la sinapsis en el canal sodio (piretroides y organoclorados).
- **Insecticidas sinápticos:** actúan a nivel de la sinapsis impidiendo la síntesis de la enzima acetilcolinesterasa (organofosforados y carbamatos).
- **Insecticidas postsinápticos:** en este grupo se encuentran los insecticidas de nueva generación como Evisect o Padan, que actúan en el mecanismo gaba.

Clasificación toxicológica

La clasificación toxicológica de los plaguicidas fue formulada por la Organización Mundial de la Salud y ha sido acogida por todos los países que pertenecen a las Naciones Unidas. Esta clasificación se basa en la dosis letal media de cada plaguicida (DL50), que es la cantidad de plaguicida con la que se mata a la mitad de una población de una plaga y se expresa en miligramos de in-

Cuadro 2. Clasificación toxicológica de los plaguicidas

Categoría	Color de franja
Extremadamente tóxicos	Roja
Altamente tóxicos	Roja
Moderadamente tóxicos	Amarilla
Ligeramente tóxicos	Azul
Franja verde	Verde

grediente activo por Kilogramo de peso de la plaga. Esta clasificación establece cuatro categorías toxicológicas, que a continuación se detallan:

Cuadro N° 3. Principales insecticidas del mercado.

Ingrediente activo	Nombre comercial
Organoclorados	
Endosulfan	Palmarol, endosulfan
Organofosforados	
Clorpirifos	Lorsban, cañon
Metamidofos	Monitor, tamaron, pillaron
Dimetoatos	Diabolo, perfection, dimetox
Monocrotofos	Nuvacron, azocor, monocron
Profenofos	Curacron
Carbamatos	
Carbofuran	Fudaran, currater
Metiocarb	Mesurool
Carbaril	Sevin
Piretroides	
Permetrina	Ambush, permasect
Cipermetrina	Fastas, dominex, master
Cihalotrina	Karate
Otros	
Thiocyclan	Evisec
Cartap	Padan
Amitraz	Mitac
Abamectina	New mectin, vermitec
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Biolep, dipel

Principales insectos que atacan a los vegetales

Cuadro 4. Principales insectos que afectan a los cultivos agrícolas.

Orden	Nombre común	Nombre científico
Hemimetábola		
Thysanoptera	Trips	<i>Thrips tabaci</i>
		<i>Frankiiniella</i>
		<i>Occidentalis</i>
Hemíptera	Chinche	<i>Nezara viridula</i>
Homóptera	Mosca blanca	<i>Trialeurodes vaporarium</i>
		<i>Bemisia tabaci</i>
	Pulgones	<i>Aphis fabae</i>
Holometábola		
Coleópteros	Gusano blanco	<i>Premnotripes spp</i>
	Escarabajo foll	<i>Diabrotica sp</i>
	Gorgojo	<i>Sitophilus sp</i>
	Gusano cortador	<i>Agrotis ipsilon</i>
Lepidóptera	Gusano cogollero	<i>Spodoptera</i>
	Novia del arroz	<i>Rupella albinella</i>
	Falso medidor	<i>Modes latipes</i>
Díptera	Minador	<i>Liriomyza sp</i>
	Mosca de la fruta	<i>Anastrepha sp</i>

Control de malezas

Las malezas constituyen plagas de origen vegetal que compiten con el cultivo por nutrientes, luz, agua, y espacio físico.

Clasificación: las malezas pueden clasificarse en malezas de hoja angosta (gramíneas y ciperáceas), de hoja ancha (incluye malezas con ciclo de vida corto y anual) y los arbustos que corresponden a plantas bianuales y perennes.

Métodos de control:

- **Físico:** se realiza de forma manual recurriendo a herramientas como el azadón, azada o machete. Y en forma mecanizada con los implementos como el arado y la rastra, que fueron estudiados en el capítulo de la preparación del suelo.
- **Químico:** este método de control es una herramienta muy importante en la agricultura moderna. El pesticida que se utiliza para el control de malezas se denomina herbicida.

Clasificación de los herbicidas

Por su acción sobre la planta

- **Selectivos:** son aquellos que no afectan al cultivo y solo controlan las malezas; pueden a su vez actuar de acuerdo al tipo de hoja (selectivos de hoja ancha y selectivos de hoja angosta). Existen herbicidas selectivos para determinada especie, ejemplo, el Sencor para la papa o Clincher para arroz.
- **No selectivo:** son aquellos que no presentan selectividad para el cultivo, esto quiere decir que si se los aplican pueden matar al cultivo y a la maleza (Paraquat, Glifosato).

Por su modo de acción en las malezas

Pueden ser herbicidas de **contacto** que queman a la maleza sin ingresar al sistema y cuyo efecto es más rápido (Paraquat) o **sistémicos** que ingresan al sistema y generalmente causan trastornos fitohormonales (2-4 D amina, o 2-4 D éster).

Por el momento de aplicación

- **Presiembra:** se aplican antes de la siembra; generalmente son los no selectivos.
- **Premergentes:** se los utiliza una vez que se ha sembrado el cultivo, pero antes que emerjan las plantas. En este grupo se encuentra el Diurón que tiene un carácter residual, para matar semillas.
- **Postemergentes:** se los utiliza con el cultivo establecido; son herbicidas de gran selectividad o se aplican en forma localizada en cultivos perennes.

Calibración de equipos de aplicación de plaguicidas

La eficacia de un plaguicida depende entre otros factores de su adecuada aplicación, para lo cual, es indispensable cubrir completamente ya sea la superficie del suelo o las partes de la planta que se desee contactar. El problema radica, fundamentalmente cuando las dosis de los plaguicidas se recomiendan por hectárea, puesto que, cuando se dosifica por volumen de agua, las aplicaciones se sujetan a un mecanismo de acción simple: se prepara el caldo y se asperja.

Una aplicación óptima de un plaguicida dosificado por hectárea, depende directamente de la aspersión correcta del producto, la misma que se logra calibrando con la máxima exactitud que se pueda al equipo que se va a utilizar, ya sea que se use de aspersiones terrestres o aéreas.

A continuación, se describen brevemente, algunas medidas prácticas a seguirse para calibrar los equipos que el agricultor comúnmente usa, tratando de establecer una guía preliminar como ayuda al usuario, sin pretender abarcar el tema con la amplitud que amerita.

Aplicaciones terrestres: normalmente se usan bombas de mochila y tractor, siendo las primeras, accionadas manualmente o con un motor.

Es indispensable la determinación del gasto de agua en una hectárea con bomba de mochila. Para utilizar la dosis correcta de un producto cuando la recomendación es por hectárea y se utiliza una bomba de mochila, la calibración de la aspersión se podría realizar de la siguiente manera:

1. Se debe señalar una superficie determinada del cultivo (suelo), por ejemplo 200 metros cuadrados (una franja de 20 metros x 10 metros podría ser adecuada).
2. Utilizando una bomba en perfecto estado de funcionamiento y procurando mantener un paso regular, cubrir los 200 metros cuadrados y registrar la cantidad de agua asperjada que se gastó. Para esto, es necesario, iniciar la aplicación con un volumen conocido de agua.
3. Efectuar la siguiente relación matemática. Por ejemplo, si en los 200 metros cuadrados se gastó 8 litros; de agua, en 10.000 metros cuadrados que contiene una hectárea ¿cuánta agua se utilizará?



$$\frac{8 \text{ litros} \times 10.000 \text{ metros}}{200 \text{ metros}} = 400 \text{ litros por hectárea}$$

4. Preparación de la mezcla: si determinado plaguicida se recomienda aplicarlo a dosis de 2 litros por hectárea, entonces, se deberá contar al menos con dos tanques de 200 litros conteniendo agua; en cada tanque se deberá verter 1 litro del producto. En esta forma, se estaría aplicando los 2 litros por hectárea recomendados.

Determinación del gasto de agua en una hectárea con tractor: en la región tropical normalmente las aplicaciones se realizan con tractor o por avión, para lo cual, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. Determinar en el campo una distancia de 100 metros.
2. Verter agua en el tanque del tractor. Poner en marcha el motor del tractor y mantenerlo a una presión constante.
3. Ubicar a 2 personas en la superficie a tratar, la una al inicio de los 100 metros y la siguiente al finalizar los 100 metros
4. Mediante la ayuda de un reloj, registrar con exactitud el tiempo que el tractor demora en recorrer 100 metros, para lo cual, el tractorista deberá mantener una velocidad y presión del motor constante (2,000 r.p.m.). Es conveniente, determinar un tiempo promedio al menos en 3 ó 4 pases del tractor.
5. Registrar la cantidad promedio de agua que las boquillas del aguilón asperjan en el tiempo que demoró el tractor en recorrer los 100 metros. Para el efecto, es conveniente obtener el promedio en base al menos del gasto de 4 boquillas al azar, las mismas que deberán estar en buen estado y ser del mismo tipo (abanico o cónicas).
6. Multiplicar el gasto promedio de agua por el número de boquillas.
7. Medir el ancho de cubrimiento del agua asperjada por el aguilón.
8. Relacionar la cantidad de agua asperjada en el pase del tractor (100 metros), de la siguiente manera:
 - a) Si por ejemplo el tractor demoró 48 segundos en recorrer los 100 metros.
 - b) Si el gasto promedio de agua de las boquillas en los 48 segundos es de 1,5 litros.
 - c) Si el número de boquillas es de 24 por aguilón. El gasto de agua por cada pasada será de 1,5 litros x 24 boquillas que equivale a 36 litros.



- d) Si el ancho del cubrimiento de agua es de 12 metros, la superficie cubierta por cada pasada del tractor será de:
100 metros x 12 metros = 1.200 metros cuadrados.
- e) Con estos datos se puede obtener el siguiente cálculo; Si el tractor asperja 36 litros en 1.200 metros cuadrados
¿Cuántos litros asperjará en 10.000 metros cuadrados?

$$\frac{36 \text{ litros} \times 10.000 \text{ m}^2}{1.200 \text{ metros m}^2} = 300 \text{ litros por hectárea}$$

Si determinado plaguicida es recomendado a dosis de 2 litros por hectárea y el tanque del tractor tiene la capacidad para 600 litros, deberá verterse en el agua contenida en el tanque, 4 litros del producto para cubrir las 2 hectáreas.

Bibliografía

Bonnemaison L. Enemigos de las plantas cultivadas y forestales. Ed Occidente. Barcelona. 1984.

Eguez T, Castro F. Manual básico de entomología. Ed Comunicarte. Quito. 1999.

Helmuth W. Manejo integrado y control biológico de plagas y enfermedades. Ed Proexant. Quito. 2000.

National Academy of Sciences. Manejo y control de plagas de insectos. Editorial Limusa. México. 1993.



Capítulo 8

El riego

Generalidades

El agua es uno de los factores importantes a considerar en la productividad de los cultivos; existen agricultores que supeditan la planificación de sus cultivos a los periodos de lluvia, sin embargo, esta planificación no siempre da resultado esperado por que el tiempo es muy cambiante. En ocasiones se producen situaciones de extrema sequía que ponen en riesgo la inversión del agricultor. Si el agricultor no quiere supeditarse a los caprichos de la naturaleza, tiene que tomar la decisión de realizar una infraestructura para regadío, para lo cual tendrá que analizar si la productividad del cultivo justifica la inversión que demanda lo técnica de riego.



Importancia

El agua es vital para los seres vivos y vegetales puesto que constituye entre el 80% a 90% del tejido de los vegetales, es el solvente de los elementos nutritivos y el vehículo para el ingreso a la planta.

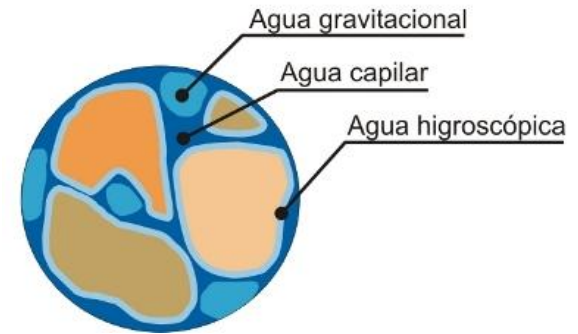
Clases de agua en el suelo

El agua de lluvia o de riego puede estar en las situaciones siguientes:

Agua gravitacional: es el agua que drena por gravedad a través del suelo y que está fácilmente disponible para las plantas y otros organismos del suelo; fluye bajo la superficie hacia estanques, lagos y ríos o se infiltra a través de los diques.

Agua higroscópica: es la fracción del agua absorbida directamente de la humedad del aire. Esta se dispone sobre las partículas del terreno en una capa de 15 a 20 moléculas de espesor y se adhiere a la partícula por adhesión superficial. El poder de succión de las raíces no tiene la fuerza suficiente para extraer esta película de agua del terreno. En otras palabras, esta porción del agua en el suelo no es utilizable por las plantas.

Agua capilar: es el agua que se mantiene en el suelo por encima del nivel freático debido a la capilaridad. Corresponde al agua del suelo por encima de la humedad higroscópica y por debajo de la capacidad de campo, la cual es retenida por las fuerzas capilares entre las partículas de suelo.



Capacidad de campo

Tras estar un suelo saturado, el agua tiende a moverse por gravedad hacia el subsuelo, hasta llegar a un punto en que el drenaje es tan pequeño que el contenido de agua del suelo se estabiliza. Cuando se alcanza este punto se dice que el suelo está a la capacidad de campo (CC).

Agua útil: el agua retenida por el suelo se va perdiendo por evaporación y por la transpiración de los vegetales; el agua útil, como su nombre lo indica, es la que es utilizada por las plantas y se define por la diferencia de volumen de agua entre la capacidad de campo y punto de marchites.

Punto de marchites: buena parte del agua retenida a la capacidad de campo puede ser utilizada por las plantas, pero a medida que el agua disminuye se llega a un punto en que la planta no puede absorberla. En este estado se dice que el suelo está en el punto de marchitez.

Sistemas de riego

Los sistemas de riego más utilizados son: riego por inundación, riego por aspersión y el riego localizado.

Riego por inundación: consiste en inundar parte del suelo que se quiere regar conduciendo el agua por medio de surcos; este sistema da lugar a grandes pérdidas de agua y resulta difícil controlar el caudal y por lo tanto en humedad, a la vez que

puede erosionar el suelo en aquellas zonas que presentan una pendiente pronunciada. Como ventaja se menciona su menor costo en relación a otros sistemas.

Riego por aspersión: consiste en aplicar el agua en forma de lluvia sobre las plantas, a través de un sistema de aspersores conectado a una tubería y a una motobomba. Las ventajas de este sistema son:

- No se necesita nivelar el suelo.
- Se reduce el riesgo de erosión.
- Se economiza agua.
- Se suministra agua rica en oxígeno.
- Se puede aplicar fertilizantes y pesticidas simultáneamente.

Riego localizado: sistema que permiten a las plantas recibir en zonas determinadas de sus raíces el agua necesaria para su desarrollo, las ventajas del riego localizado son las siguientes:

- Ahorro de agua (hasta un 50%) y regulación de la distribución de agua.
- Mejor aprovechamiento de los suelos pobres, debido a que el agua es llevada directamente a la raíz por lo que no importa si el suelo tiene poca capacidad de retención de agua.
- Se puede aplicar fertilizantes y pesticidas de forma simultánea.
- Automatización y programación de los riegos.



Riego por inundación



Riego por aspersión



Riego localizado

Manejo del riego

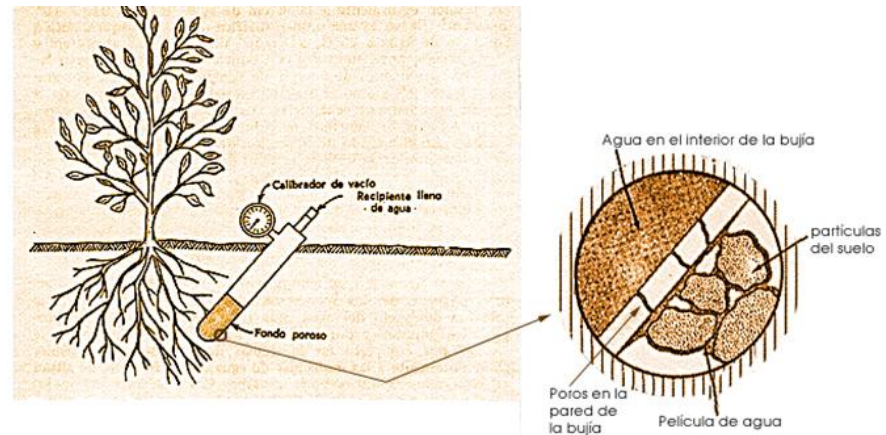
El manejo de riego está determinado por la respuesta a las preguntas: ¿Cuándo regar?, ¿cuánto regar? y ¿cómo regar?

¿Cuándo regar? Las necesidades de agua en el suelo son diferentes para cada especie vegetal, y una misma especie tiene distintas necesidades de agua dependiendo de su ciclo de crecimiento. La determinación del momento oportuno de regar tiene relación con la humedad del suelo que puede determinarse por el método de observación organoléptica y utilizando un instrumento llamado tensiómetro.

Cuadro 1. Observación organoléptica.

Grado de humedad	Observación organoléptica
Seco	Polvo seco
Bajo crítico	Blando no forma una bola
Mediano 5 veces.	Forma una bola que permanecerá intacta después de haber sido sacudida
Excelente	Forma una bola durable y flexible, se hunde con facilidad si la presionamos con el dedo pulgar
Demasiado húmedo	La bola al ser presionada desprende agua.

- Método del tensiómetro:** los tensiómetros son aparatos que registran la tensión del suelo o lo que es lo mismo, la fuerza que deben realizar las raíces para extraer el agua que necesitan desde el suelo. Cuando mayor sea la humedad, menor será la tensión que marque el tensiómetro. La tensión de cada aparato se mide en centibares (cb) y la escala de valores está comprendida entre 0 y 100, donde 0 significa la mayor humedad y 100 representa la falta total de agua.



Cuadro 2. Interpretación de la humedad del suelo según los tensiómetros.

Lectura del tensiómetro Cb	Grado de humedad en el suelo	Interpretación
0-10	Saturado	A continuación de riego o de lluvia de 24 a 26 horas puede mantener esta lectura
10-25	Óptima saturación	Lo mejor para las plantas.
25-30	Necesidad de agua sin peligro	Regar
50-70	Punto de marchites	Peligro de deshidratación



¿Cuánto regar? La cantidad de agua requerida por un cultivo está relacionada con la cantidad de evaporación-transpiración del cultivo multiplicado por el K_c . (coeficiente del cultivo); puede ser medida con el tanque evaporímetro.



Se disponen varios tipos de evaporímetros, pero el más utilizado es el circular de hierro galvanizado, cuyas dimensiones es de 1,2 m de diámetro y 0,155 m de altura. Se monta sobre una base de madera de forma que el fondo quede a 15 cm del suelo. El contenido de agua debe estar como máximo a 5 cm del borde y como mínimo a 12,5 cm del borde, no debiendo bajar de esta medida. Un tornillo es el que realiza la medida de diferencias de nivel. Un mm en el tanque evaporímetro equivale a un litro por metro cuadrado.

Fórmula para calcular la cantidad de agua que requiere un cultivo

$$E_{tr} = E_{tp} \times K_c$$

E_{tr} = Evaporación-transpiración real.

E_{tp} = Evaporación-transpiración potencial.

K_c = Coeficiente del cultivo de acuerdo a las fases de crecimiento del cultivo.

¿Cuánto tiempo regar? El tiempo de riego será determinado por la siguiente fórmula:

$$T = \frac{A \times L}{Q}$$

T = tiempo en segundos.

A = área en metros cuadrados.

L = lámina de riego en mm o litros por metro cuadrado.

Q = caudal en litros por segundo.

¿Cómo regar? está relacionado con el sistema de riego a ser usado; el agricultor deberá adoptar el sistema que más concuerde con las necesidades del cultivo, generalmente si se trabaja con cultivos extensivos. Para cultivos de papa y fréjol se utilizará el riego por inundación; si se cultivan pastos o cereales (trigo, cebada, avena) se utilizará el riego por aspersión. Para cultivos intensivos que se realizan generalmente en invernadero se recurrirá al riego localizado.

Bibliografía

Calvache M. Requerimientos hídricos de los cultivos en Tumbaco, Quito. Ed Universidad Central del Ecuador. Quito. 1993.

Domínguez A. Fertirrigación. Ed Mundi Prensa. Madrid. 1993.

Padilla W. La fertirrigación como alternativa de nutrición vegetal. Guayaquil. 1997.

Sociedad Ecuatoriana de la Ciencia del Suelo. Memorias del I Seminario Internacional de Fertigación. Quito. 1998.



Capítulo 9

Cosecha y post cosecha

Conceptos básicos

Los productores, después de invertir recursos materiales y financieros, tiempo y esfuerzo en las labores de cultivo, deben priorizar su atención y recursos a una etapa culminante de todo ese esfuerzo: la cosecha y post cosecha.

La cosecha debe estar enfocada a recolectar los productos con la máxima calidad posible, reduciendo al mínimo las pérdidas a fin de lograr mayor rentabilidad. La cosecha es una importantísima actividad que puede decidir la rentabilidad del proceso productivo; requiere de conocimientos específicos y de una buena experiencia.



El momento del inicio de la cosecha está marcado por el grado de madurez y el destino final que han de tener los productos cosechados. Barrios (2011) define la cosecha como las actividades o acciones que se realizan al recoger y separar el producto (frutas, verduras u hortalizas) de la planta madre. Es crucial determinar el momento preciso de la cosecha, decisión que influirá en la vida post cosecha de los productos y en su comercialización ulterior.

Algunos autores relacionan al momento de la cosecha con el grado de madurez fisiológica del producto, es adecuado relacionarla también con el objetivo final para el cual el producto agrícola ha sido cultivado y por tanto no necesariamente tiene que coincidir con la madurez fisiológica. En tal sentido, la cosecha puede ser definida como el proceso de recolección de

los productos agrícolas cuando han culminado de su ciclo fisiológico que los hacen aptos para el destino final para el cual fueron cultivados, por tanto resulta adecuado dominar los conceptos de madurez fisiológica y madurez comercial.

Madurez fisiológica y comercial

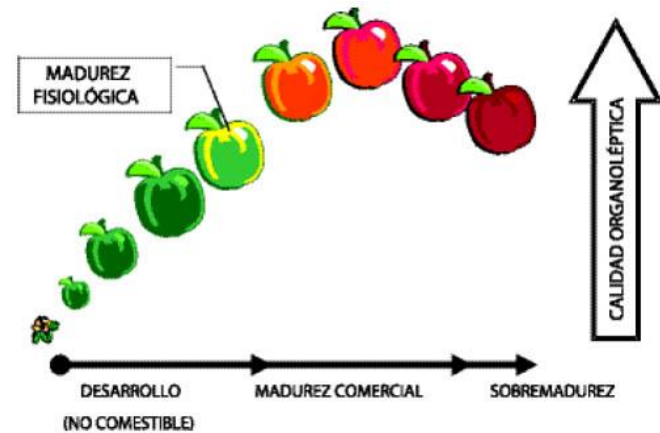
Es la etapa en la que los cultivos llegan al límite de su ciclo biológico para comenzar la fase de envejecimiento y posterior muerte; está relacionada con el máximo crecimiento y maduración de los productos, dando paso al envejecimiento. Las tres fases generales del desarrollo de los cultivos (crecimiento, madurez y envejecimiento) por lo general, se encuentran ligeramente diferenciadas en relación al paso de una etapa a otra, por resultar transiciones muy lentas.

La madurez comercial es la etapa del ciclo biológico en la que los cultivos agrícolas se encuentran en su punto óptimo para el consumo o procesamiento. Se puede citar, como ejemplo al pepinillo, que su fase óptima de consumo está cuando ha alcanzado su mejor talla, pero sus semillas se encuentran tiernas. Por el contrario, este cultivo alcanza su madurez fisiológica cuando las semillas han madurado lo suficiente y el color amarillo predomina sobre el verde en los frutos, este es el momento adecuado para la cosecha con fines de obtención de semillas.

La madurez comercial se relaciona con las condiciones de los productos agrícolas requeridas por el mercado hacia el cual están destinados, por lo que su relación con la madurez fisiológica es escasa, mientras que con respecto a las necesidades del mercado esta relación es directa.

Post cosecha

Las actividades de cosecha van acompañadas y precedidas por actividades propias de la post cosecha, que comprenden todas las labores que se realizan a los productos cosechados desde el momento de su recolección, cuando alcanzan su madurez comercial, hasta que llegan a su destino final para ser consumidos en estado fresco, procesados (de forma artesanal o industrial) o bien para almacenamiento y posterior distribución.



Se define a la post cosecha como el período transcurrido desde el momento en que un producto es recolectado cuando llega a su madurez fisiológica hasta cuando es consumido en estado fresco, preparado o transformado industrialmente (Martínez, Lee, Chaparro & Páramo, 2003).

La post cosecha es un período de tiempo que varía según el producto agrícola; depende de factores intrínsecos como la fisiología de las plantas, edad, especie o variedad, grado de madurez, contenido de agua, tamaño e integridad del producto. Los factores extrínsecos incluyen temperatura ambiente, humedad relativa, almacenamiento y transporte (Bohórquez, 2005).

El beneficio forma parte de las actividades propias de la post cosecha y pretende incorporar a los productos un valor agregado al someterlos a procesos de limpieza, clasificación, lavado, desinfección, empaque y almacenamiento. Todas las actividades complementarias que se aplican al producto tienen como objetivo potenciar las características positivas de los productos.

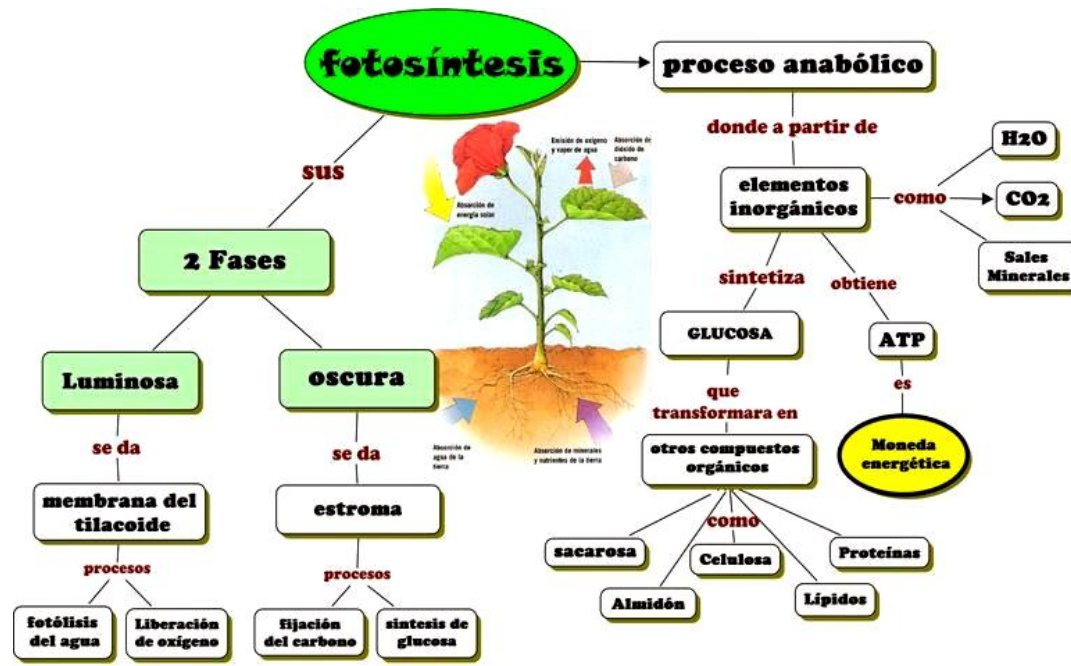
La comprensión de aspectos fisiológicos inherentes a la madurez fisiológica, madurez comercial y post cosecha, es necesario para efectuar con criterio científico, todos los ajustes necesarios respecto al tiempo de almacenamiento y la calidad de los productos cuando maduran.

Aspectos fisiológicos de interés

El proceso de nutrición y formación de tejidos en las plantas se inicia con la absorción, a través del sistema radicular o aéreo, de todos los elementos inorgánicos básicos necesarios para la vida y agua suficiente como medio fundamental de transporte y componente del tejido celular. Luego de la absorción sigue el proceso de circulación que permite a los elementos absorbidos llegar a todas las estructuras de la planta, donde, por medio de la energía que libera la respiración, son transformados en sacarosa, celulosa, almidones y otros componentes. Para que la respiración se efectúe, se necesita de la materia orgánica como fuente de energía y esta materia orgánica es producida por el proceso de la fotosíntesis. Bajo la premisa que en la fase de cosecha y actividades posteriores (post cosecha), los procesos respiratorios desempeñan un importante papel, se describirá brevemente la fotosíntesis y la relación de esta con la actividad respiratoria.

Fotosíntesis: complejo proceso característico de las especies vegetales que contienen clorofila y produce nutrientes a partir de la transformación de la materia inorgánica en materia orgánica por medio de la energía luminosa, la absorción de

dióxido de carbono y la liberación de oxígeno. De un modo esquemático y sencillo se puede afirmar que la fotosíntesis se efectúa en dos fases: luminosa y oscura.



- **Fase luminosa:** esta fase requiere de la luz y en ella se suceden los siguientes procesos:
 - a. **Fotólisis del agua:** se produce la descomposición de la molécula del agua en sus elementos constituyentes.

$$2\text{H}_2\text{O} + \text{LUZ} = \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^-$$
 - b. **Síntesis de nicotinamida-adenin-dinucleótico fosfato (NADPH):** los elementos procedentes de la fotólisis del agua se unen al NADP^+ , coenzima en forma oxidada, capaz de aceptar electrones.

$$\text{NADP}^+ + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{NADPH} + \text{H}^+$$
 El NADPH es necesario para la síntesis del ATP.
 - c. **Síntesis de adenosin-trifosfato (ATP):** el ATP se forma por la fosforilación del adenosin-difosfato (ADP)

$$\text{ADP} + \text{P}_{\text{inorgánico}} = \text{ATP} + \text{H}_2\text{O}$$

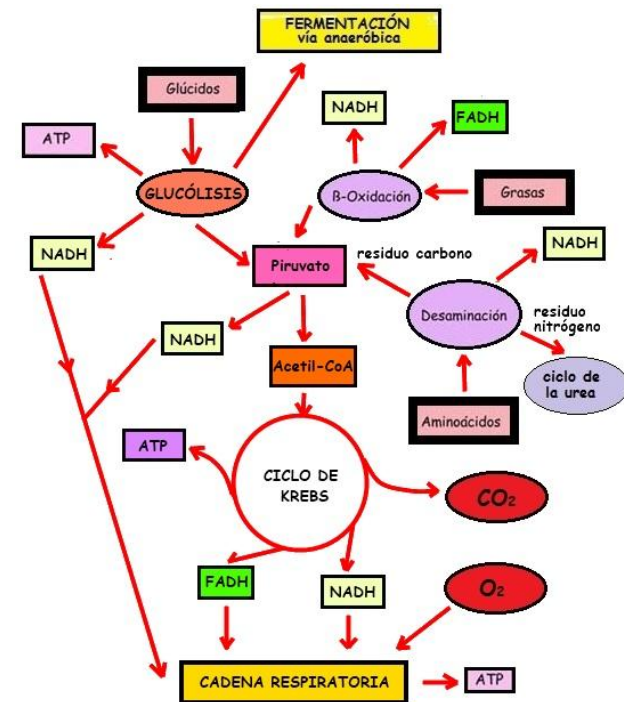
El ATP almacena la energía química, producto de la transformación de la energía luminosa por medio de los cloroplastos, necesaria para transformar la materia inorgánica en orgánica.

- **Fase oscura:** se produce la síntesis de la glucosa mediante la participación del NADPH y el ATP, producidos en la fase luminosa, y el CO₂ atmosférico. La producción de la glucosa sucede en los estromas de los cloroplastos por medio de reacciones químicas cíclicas (ciclo de Calvin). Los procesos, de manera sintética, más importantes de este ciclo son:
 - a. Fijación de CO₂
 - b. Síntesis de azúcares
 - c. Regeneración de la ribulosa-1.5-difosfato
$$6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} + \text{ATP (energía)} = \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$$

Respiración: la respiración es el proceso intrínseco más importante desde que los productos agrícolas son cosechados hasta que llegan a los consumidores; la actividad respiratoria se encarga de aportar la energía necesaria para que la actividad celular continúe, aún después de ser separados o fraccionados de las plantas.

La respiración toma oxígeno atmosférico y junto a las moléculas de glucosa producidas en la fotosíntesis las transforma en CO₂, agua y energía. La respiración se efectúa en las mitocondrias, sitio donde se producen reacciones químicas que provocan la degradación de la glucosa en presencia de oxígeno hasta convertirlas en agua, dióxido de carbono y energía. Su resultado final es aportar la energía necesaria para que las células puedan realizar sus funciones. Se puede resumir en tres procesos principales:

- **Glucolisis:** la glucosa producida por fotosíntesis se desdobra dando origen a dos moléculas por cada molécula de glucosa: el ácido pirúvico que se oxida y forma ácido acético que junto con la coenzima A forma el acetil coenzima A.



- **Ciclo de Krebs:** ciclo de reacciones químicas que se produce en las mitocondrias, se liberan dos moléculas de CO_2 por cada molécula de ácido pirúvico. Los dos átomos de carbono junto al ácido acético, que se origina en la glucólisis inician una serie de reacciones químicas:
 - a. El ácido acético (C_2) se combina con el ácido oxalacético (C_4) formando el ácido cítrico (C_6).
 - b. El ácido cítrico (C_6) pierde un CO_2 y se origina el ácido cetoglutarico (C_5)
 - c. El ácido cetoglutarico (C_5) pierde un CO_2 y se transforma en ácido oxalacético (C_4) que se combina nuevamente con el ácido acético (C_2), comenzando el ciclo.
- **Cadena transportadora de electrones:** las transferencias de carbono durante este ciclo directamente no producen energía y es sólo, por medio de la transferencia del hidrógeno que la energía es liberada. Los hidrógenos y los electrones son transferidos durante el ciclo de Krebs, desde el ácido cítrico. Durante la transferencia de electrones se produce la máxima liberación de energía. Por medio de enzimas conocidas como cadena respiratoria, se produce la transferencia de electrones desde los átomos de hidrógeno; aproximadamente la mitad de la energía contenida en una molécula de glucosa es convertida en ATP.

Se concluye que la respiración se efectúa en las mitocondrias; es un proceso que transforma la energía química en calor y energía aprovechables, desintegrando las sustancias orgánicas. Como proceso libera más energía de la que absorbe (exorgénico), es exotérmico, catabólico, requiere de enzimas para que se produzca y de una cadena de transporte de electrones.

Productos climatéricos y no climatéricos

Luego de conocer aspectos básicos relacionados con la actividad respiratoria de los productos agrícolas, es importante examinar las características principales de los productos climatéricos y no climatéricos y cómo se comportan estos después de la cosecha.

El concepto de productos climatéricos y no climatéricos es fundamental en cualquier análisis acerca de los sistemas de cosecha, de la comercialización y de la conservación post cosecha. La categorización de los productos agrícolas en climatéricos y no climatéricos se desarrolló inicialmente sobre la base de la



presencia o ausencia de un incremento de la tasa respiratoria durante la maduración, sin embargo, en la actualidad la presencia o ausencia de un climaterio en los frutos se basa en la evidencia de una producción autocatalítica de etileno antes que en la respiración (Sozzi, 2007).

La clasificación de frutos en climatéricos y no climatéricos facilita también la comprensión de la forma en que mejor se pueden conservar ciertos frutos susceptibles a la presencia de etileno junto a frutos climatéricos que producen y liberan etileno al ambiente. El caso más característico es el Kiwi, extremadamente sensible a la presencia de etileno, que se ablandan hasta la sobremadurez si se almacena junto a frutos climatéricos como las manzanas.

Comportamiento de los productos climatéricos: ante la aplicación de etileno, los productos agrícolas se comportan de la siguiente forma:

1. La aplicación de etileno adelanta el tiempo del climaterio (pico) respiratorio.
2. La producción autocatalítica de etileno continúa luego de retirado el tratamiento con etileno.
3. La magnitud de la tasa respiratoria es independiente de la concentración de etileno aplicado.
4. Existe clara respuesta a la aplicación de etileno en la mayor parte de los índices de madurez propios de cada fruto (firmeza, color, degradación del almidón, etc.) (Watkin, 2002).

Como consecuencia, los frutos climatéricos tienen la capacidad de continuar su maduración aun separados de la planta, siempre que hayan alcanzado un estado fisiológico que asegure la producción de etileno autocatalítico. La producción autocatalítica de etileno, es decir, el aumento en la producción de etileno promovida por el mismo etileno durante la maduración, está invariablemente asociada al incremento respiratorio en frutos climatéricos, aunque puede preceder, acompañar o seguir al incremento respiratorio, dependiendo del fruto en cuestión. Para la conservación de la calidad de un fruto, es aconsejable mantener su tasa respiratoria en niveles bajos, ya que disminuye su consumo de hidratos de carbono. Por lo tanto, el control de la tasa de producción de etileno en frutos climatéricos favorece el control de la maduración.

Entre los frutos que tienen un comportamiento típicamente climatérico, se señalan a las manzanas, algunas variedades de peras, duraznos, papaya, bananas, guayabas, higos, mangos, maracuyá, chirimoya, tomates, etc.

Comportamiento de los productos no climatéricos: ante la aplicación de etileno se comportan de la siguiente forma:

1. No adelantan el climaterio respiratorio.

2. En ausencia de daños fisiológicos o patológicos no existe producción autocatalítica de etileno, ni siquiera después de aplicado un tratamiento con etileno.
3. La magnitud de la tasa respiratoria se incrementa ante dosis crecientes de etileno aplicado.
4. Desde el punto de vista de la maduración organoléptica, no existe respuesta ante tratamientos con etileno, excepto en términos de desverdecimiento (degradación de clorofila) (Sozzi, 2007).

Los frutos no climatéricos carecen de la capacidad de continuar su maduración luego de ser separados de la planta, por lo cual se debe asegurar que hayan alcanzado un estado apropiado para su consumo al momento de la cosecha. Entre los frutos no climatéricos se encuentra la piña, frutos secos, uvas, aceituna, cereza, cítricos, granadilla, etc. (Sozzi, 2007).

Respiración climatérica y no climatérica

En los frutos no climatéricos, el proceso de maduración es gradual y continuo. En los climatéricos, el proceso de maduración es iniciado de acuerdo a cambios en la composición hormonal, por lo que se acepta que su inicio es un proceso bien definido, caracterizado por un rápido aumento en la velocidad de la respiración y el desprendimiento de etileno (respiración climatérica).

Factores que determinan el momento de la cosecha

Las exigencias del mercado determinan las características de los productos para ser cosechados y las labores posteriores de la post cosecha. Para estimar el momento de la cosecha, es necesario observar cambios que indican el inicio o desarrollo del proceso de madurez de los productos y que se reflejan a través de cambios composicionales expresados por una serie de cambios internos en los componentes de los productos y que guardan una estrecha relación con la calidad y otras características de post cosecha, sobre todo en productos hortícolas de fruto (tomate, pimiento, zanahoria, etc) y las frutas propiamente dichas. En estos cultivos se producen cambios relacionados con:

- **Modificaciones del color:** con la maduración, generalmente disminuye el color verde debido a una reducción del contenido de clorofila y al incremento de la síntesis de pigmentos de color amarillo, naranja y rojo (carotenos y antocianina).
- **Desarrollo del sabor y el aroma:** el sabor cambia por la hidrólisis de almidones que se transforman en azúcares, por la desaparición de taninos y otros productos, y por la disminución de la acidez debido a la degradación de los ácidos orgánicos. El aroma se desarrolla por la formación de una serie de compuestos volátiles que le imparten un olor característico a los diferentes productos.

Cambios en firmeza: la textura cambia debido a la hidrólisis de almidones y pectinas, por reducción del contenido de la fibra y por los procesos degradativos de las paredes celulares; los frutos se hacen más susceptibles a ser dañados durante el manejo post cosecha.

Para determinar el momento óptimo de la cosecha se debe utilizar una combinación de criterios subjetivos y objetivos. El **método subjetivo** requiere de experiencia por parte del evaluador y por medio de los sentidos se aprecian las características siguientes: color, tamaño y forma (vista); áspero, suave o blando (tacto); sonido (oído); olor y aroma (olfato) y grado de acidez, dulzura, amargo (gusto). La **evaluación objetiva** considera el tiempo traducido como el ciclo de la plantación; el ambiente traducido en las unidades de calor acumulado durante el período de crecimiento; características físicas como es el caso de los sólidos solubles (grados Brix) para el procesamiento industrial del tomate y el contenido de azúcar en las uvas para el procesamiento de vinos y finalmente las características fisiológicas.

Algunos cultivos como la yuca, ñame, repollo o malanga, son aceptables para el consumo en un amplio rango de desarrollo y selección porque la cosecha depende del mercado; otros cultivos deben ser cosechados cumpliendo con grados específicos de madurez.

La determinación de la madurez comercial de los productos agrícolas depende de numerosos factores, que pueden ser agrupados en dos categorías: factores agronómicos y factores económicos. Estos factores deben ser considerados al planificar estrategias de cosecha y post cosecha y permiten que los productos lleguen en inmejorable calidad a los consumidores. De la adecuada planificación de esta etapa del proceso productivo, dependerá el éxito de la cosecha y posteriores actividades.

El proceso de cosecha y post cosecha debe ser planificado; parte desde el inicio de la cosecha que amerita evaluar la frecuencia de cosecha, las técnicas de cosecha a emplear, las exigencias del mercado, las formas de consumo de los productos, el manejo post cosecha, entre otros.

Cada uno de estos aspectos debe contar con la planificación adecuada, sobre todo lo relacionado con la fuerza de trabajo, transporte y recursos materiales-financieros-logísticos que permitan la ejecución exitosa de la cosecha.

Características de algunos cultivos que determinan el momento óptimo de la cosecha

A continuación, se relacionan algunas características que indican el momento oportuno de la cosecha en algunos productos agrícolas:

Frutas:	Por lo general, demandan agilidad en la colocación en el mercado. La cosecha se realiza lo más próxima posible a su madurez fisiológica, obteniendo frutos completamente desarrollados y que, en los que sea procedente, haya iniciado en cambio de coloración.
Tomates:	Deben ser cosechados cumpliendo los criterios planteados para frutas; la consistencia firme y el color uniforme son criterios deseados para este cultivo.
Pimientos:	Deben cosecharse el momento en que comiencen su cambio de coloración; los frutos estén completamente desarrollados.
Cebolla y ajo:	Deben cosecharse cuando las plantas pierden su follaje y sus hojas están secas.
Cebollas verdes:	Se cosechan cuando sus tallos alcancen 15 cm de alto. Deben disponerse las hojas en pequeños mazos.
Sandías:	Cuando han alcanzado su mayor talla, se produce un cambio de coloración en las guías.
Pepinos:	Se cosechan antes de que las semillas maduren.
Maíz dulce (choclo):	Debe cosecharse en la etapa de leche de los granos.
Brócoli:	Debe cosecharse antes que los brotes de la flor caigan.
Esparrago:	Se cosecha cuando los vástagos miden aproximadamente unos 15 centímetros de alto.

Bibliografía

Barrios F. (2011). Manual de buenas prácticas de manejo post cosecha y transporte (BPPC/T). San Salvador.

FAO (1987). Manual para el mejoramiento del manejo post cosecha de frutas y hortalizas. Oficina Regional de la FAO para América latina y El Caribe. Santiago. Chile 1987.

Martínez A, Lee R, Chaparro D, Páramo S. (2003). Post cosecha y mercado de hortalizas de clima frío, bajo prácticas de producción sostenibles. Ed H. Colmenares. Bogotá, Colombia.

Sozzi GO. (2007). Fisiología de la maduración de las frutas de especies leñosas en Sozzi GO. Árboles frutales. Ecofisiología, cultivo y aprovechamiento. Ed Facultad de Agronomía. Buenos Aires. pp 667-687.

Watkins CB. (2002). Ethylene synthesis, mode of action, consequences and control en Knee M. Fruit quality and its biological basic. Ed Sheffield Academic press. Shaffield. Reino Unido. pp 180-224.

