

***SISTEMAS DE
PRODUCCIÓN VEGETAL II***



SISTEMAS DE PRODUCCIÓN VEGETAL II

α LFA



EUROPEAID
CO-OPERATION OFFICE



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE HIDALGO



Università degli Studi
Guglielmo Marconi
TELEMATICA



Universidad Nacional
Autónoma de Nicaragua



Universidad de Valladolid

Módulo:

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN VEGETAL II

Primera Edición - 2011

Diseño e Impresión:

Espacio Gráfico Comunicaciones S.A.

Calle 3 Carrera 10 Esquina Zona Industrial Villamaría - Caldas - Colombia

Tel. (57) (6) 877 0384 / Fax: (57) (6) 877 0385

www.espaciograficosa.com

Las opiniones que esta publicación expresa no reflejan necesariamente las opiniones de la Comisión Europea.

COLABORADORES:

COORDINADORES LOCALES DEL PROYECTO UNIVERSIDAD EN EL CAMPO

Ing. César Andrés Pereira Morales
Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Managua - Nicaragua

Dr. Carlos César Maycotte Morales
Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo - México

MsC. Beatriz Elena Restrepo
Universidad de Caldas - Colombia

Dr. Francesco Mauro
Universidad Guglielmo Marconi - Italia

Dr. Abel Calle Montes
Universidad de Valladolid - España

Lic. María José Esther Velarde
Universidad Mayor San Andrés - Bolivia

COORDINADOR INTERNACIONAL PROYECTO UNIVERSIDAD EN EL CAMPO

Esp. Guillermo León Marín Serna
Universidad de Caldas - Colombia

EXPERTOS EN EDUCACIÓN, PEDAGOGÍA Y CURRÍCULUM

Ms.C. María Luisa Álvarez Mejía
Docente Ocasional Universidad de Caldas - Departamento de Estudios Educativos

Ph. D. Henry Portela Guarín
Profesor Titular Universidad de Caldas - Departamento de Estudios Educativos

EVALUACIÓN DE MÓDULOS BAJO EL MODELO PEDAGÓGICO ESCUELA NUEVA

Equipo de Educación Comité Departamental de Cafeteros de Caldas



PRESENTACIÓN

La Universidad de Caldas, en asocio con la Universidad Mayor de San Andrés (Bolivia), la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (México), la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (Managua), la Universidad de Valladolid (España) y la Università degli Studi Guglielmo Marconi (Italia), han convenido desarrollar el proyecto, la Universidad en el Campo UNICA, el cual tiene como objeto estructurar e implementar un programa de educación superior en los niveles técnico, tecnológico y profesional enfocado en el sector agropecuario, en articulación con la educación secundaria, que permita el ingreso a la universidad de jóvenes rurales en los 4 países latinoamericanos.

Este proyecto nace desde la propuesta que se viene desarrollando en Colombia desde el año 2008, donde se pretende articular la educación superior con la educación media y más específicamente en el departamento de Caldas, donde gracias a las alianzas realizadas entre el sector público y el sector privado, representados por la Secretaría de Educación del Departamento, el Comité Departamental de Cafeteros de Caldas, la Central Hidroeléctrica de Caldas - Chec y la Universidad de Caldas, se ha podido ofrecer educación a jóvenes rurales, que dadas a sus condiciones socioeconómicas y geográficas, ven limitado su acceso a la educación superior bajo los esquemas en que tradicionalmente han sido ofertados los programas académicos.

Ahora bien el proyecto UNICA se hace posible a los aportes económicos realizados por el programa ALFA III, de la oficina de Cooperación de la Comisión Europea, que promueve la cooperación entre instituciones de educación superior de la Unión Europea y América Latina y que gracias a este, cerca de 500 jóvenes de México, Bolivia, Nicaragua y Colombia podrán acceder a estos programas de una manera gratuita y en condiciones de calidad y pertinencia.

América Latina es un continente marcado por la ruralidad y al mismo tiempo ha sido una región rezagada en términos educativos y formación del recurso humano. Con este proyecto se pretende entonces formar nuevos profesionales que aporten al desarrollo del sector agropecuario latinoamericano en el marco de la sostenibilidad, buscando que las producciones agropecuarias desarrolladas en las localidades de estos cuatro países sean económicamente viables, ambientalmente sanas y socialmente justas.

Esperemos pues que los contenidos presentados en este módulo aporten a la construcción del conocimiento y que favorezcan el desarrollo económico de las poblaciones más vulnerables de América Latina.

Es importante aclarar que este material es una primera versión que debe considerarse como material de evaluación y que estará sujeto a las modificaciones que se requieran.

Igualmente agradecer a los autores de los módulos, a los expertos en pedagogía y currículo a los coordinadores locales y a todas las personas que de una u otra manera han dedicado su tiempo y esfuerzo a que este proyecto sea una realidad.

GUILLERMO LEÓN MARÍN SERNA

Coordinador Internacional

Proyecto UNICA “Universidad en el Campo”

Universidad de Caldas - Unión Europea

JUSTIFICACIÓN

El presente módulo “Sistemas de Producción Vegetal II” busca desarrollar habilidades y destrezas en el mercado laboral, conocer el contexto económico de la producción, mantenimiento y sostenimiento de los cultivos en los diferentes pisos térmicos y/o diferentes condiciones medioambientales, de igual manera poder caracterizar diversos sistemas productivos con base en los criterios de política, sostenibilidad, competitividad, productividad y equidad propios en el manejo de las diferentes explotaciones vinculando de manera real y efectiva al futuro técnico profesional en desarrollo sostenible. El sector rural y activo de los países de América Latina muestran ser los más marginados, pero son los sectores que representan la principal fuente de seguridad alimentaria. Muchas veces el mal manejo técnico de los recursos naturales y de las herramientas apropiadas nos llevan a grandes pérdidas de eficiencia, agudizando los niveles de pobreza de nuestros campesinos. Por lo anterior, es importante formar técnicos con las suficientes destrezas, habilidades y conocimiento para hacer de las zonas rurales un capital económico rentable, productivo, integral y sostenible.

OBJETIVO GENERAL

Apoyar los procesos de producción agrícola y propender por una mejora en la productividad y la calidad de la producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Reconocer los aspectos básicos de nutrición vegetal para lograr un buen desarrollo de la plantación.
2. Explicar alternativas de control fitosanitario y el manejo seguro de los pesticidas.
3. Reconocer las principales labores que deben realizarse durante la cosecha y postcosecha para garantizar una buena calidad del producto.

COMPETENCIAS GENÉRICAS *

• COMPETENCIAS INSTRUMENTALES:

- Capacidad para organizar y planificar el tiempo.
- Capacidad para tomar decisiones.

* Competencias adoptadas del Proyecto Tuning América Latina.

- **COMPETENCIAS INTERPERSONALES:**

- Capacidad de trabajo en equipo.
- Compromiso ético.

- **COMPETENCIAS SISTÉMICAS:**

- Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.
- Capacidad de investigación.
- Compromiso con la calidad.

- **COMPETENCIAS ESPECÍFICAS:**

- Propone sistemas de fertilización integrada que garanticen el equilibrio con el ambiente y un óptimo de producción.
- Realiza un control integrado de plagas y enfermedades de manera efectiva y segura.
- Realiza las labores de cosecha, poscosecha y almacenamiento de productos de origen agrícola respetando las buenas prácticas agrícolas.

| Contenidos cognoscitivos (resultado del conocer y el saber) | Contenidos procedimentales (procesos, procedimientos, demostraciones y acciones relativas al conocer y al saber aplicado) | Contenidos actitudinales (acciones frente al proceder, conocer y saber) |
|---|---|---|
| Reconoce los principales elementos involucrados en la nutrición vegetal y las fuentes tanto orgánicas como inorgánicas, comúnmente empleadas en la agricultura. | Realiza un cuadro comparativo entre los macro y micronutrientes | Valora el medio ambiente y evalúa el impacto de la fertilización en él. |
| Identifica los productos empleados para el control de plagas y enfermedades en los sistemas de producción vegetal. | Realiza un manejo adecuado de los productos para el control fitosanitario, de acuerdo a las especificaciones dadas por los organismos encargados de reglamentar su uso. | Procura realizar un control integrado de plagas y enfermedades respetando la salud del medio ambiente y del consumidor. |
| Explica las principales labores a realizar durante la cosecha y poscosecha de los productos de origen agrícola. | Cosecha y almacena de manera correcta y segura los productos agrícolas. | Procura mantener la inocuidad y calidad de los productos agrícolas una vez cosechados. |



BEATRIZ MAMANI SÁNCHEZ

RESUMEN DE VIDA

Licenciada en Ingeniería Agronómica, Maestría en Ecología y Conservación “Especialidad Conservación y Manejo de la Biodiversidad de la Universidad Mayor de San Andrés, Diplomado en Tecnología de Semillas en el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) - (UFPEL - Brasil), Diplomado en Educación Superior Organización y Administración Pedagógica del Aula en Educación Superior” en el Centro Psicopedagógico y de Investigación en Educación Superior (CEPIES) dependiente de la Universidad Mayor de San Andrés, actualmente es investigadora asociada en diferentes proyectos de la UMSA, ha ejecutado proyectos de investigación en diferentes facultades de la UMSA, docente de varias asignaturas entre ellas Biotecnología Vegetal, Genética Cuantitativa y Manejo y Conservación de Suelos, ha recibido varias distinciones por la Facultad de Agronomía de la UMSA como Diploma de Honor en Mérito como estudiante destacada y memorándums como miembro del tribunal calificador en diferentes concursos de méritos, ha realizado 9 exposiciones de diferentes investigaciones en congresos, reuniones y encuentros nacionales; ha recibido 4 membrecías entre ellas como “Mejor Investigadora Agrónoma de la Carrera de Ingeniería Agronómica - UMSA”, tiene 28 publicaciones de producción intelectual y científica, ha sido organizadora de los eventos “V Reunión Nacional de Biotecnología, la Biotecnología como herramienta para el desarrollo del país. Realizada en la Casa de la Agricultura. La Paz, Bolivia y El Nuevo Perfil del Ingeniero Agrónomo”, ha asistido a diferentes cursos y seminarios, entre ellos: Tópicos en Conservación Biológica, Introducción a la Ética de la Investigación, Construcción de la Sustentabilidad desde la Visión de los Pueblos Indígenas de Latinoamérica, Economía Ambiental y Desarrollo Sostenible, Avances en las Áreas de Biotecnología y Genotoxicología Vegetal.



Tabla de Contenido

UNIDAD 1

| | |
|---|-----------|
| Nutrición Vegetal..... | 15 |
| 1. Generalidades | 18 |
| 2. Principales productos para la fertilización inorgánica | 28 |
| 3. Principales productos para fertilización orgánica | 35 |
| 4. Fertilización e impacto en el ambiente | 38 |

UNIDAD 2

| | |
|--|-----------|
| Aspectos Básicos del Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades..... | 51 |
| 1. Introducción..... | 54 |
| 2. ¿Qué es un plaguicida?..... | 57 |
| 3. Generalidades de los fungicidas | 63 |
| 4. Generalidades de los insecticidas | 70 |
| 5. Generalidades de los herbicidas | 76 |
| 6. Manejo seguro de pesticidas..... | 81 |
| 7. Manejo integrado de plagas..... | 87 |
| 8. Reflexiones finales..... | 89 |

UNIDAD 3

| | |
|--|-----------|
| Manejo de Pre Cosecha y Pos Cosecha | 97 |
| 1. Aspectos generales de los productos hortofrutícolas | 100 |
| 2. Factores de pre cosecha que influyen en la calidad | 104 |
| 3. Cosecha | 113 |
| 4. Factores de pos cosecha que inciden en el manejo y calidad..... | 130 |



UNIDAD 1

NUTRICIÓN VEGETAL

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Reconocer los aspectos básicos de nutrición vegetal para lograr un buen desarrollo de la plantación.

COMPETENCIA ESPECÍFICA

- Propone sistemas de fertilización integrada que garantice el equilibrio con el ambiente y un óptimo de producción.



FUENTE: **a)** jardinplantas.com, **b)** lifeinearthitsgood.blogspot.com,
c) adoos.com.co y **d)** produfinanzas.blogspot.com

A Vivencias

El incremento de la población humana en los últimos años, ha ocasionado la ampliación de la frontera agrícola intensiva por la creciente demanda de productos agrícolas. Esta situación, ha ocasionado en países en vías de desarrollo el agotamiento de la capa fértil de los suelos y un uso excesivo o inapropiado de los fertilizantes, causando en muchos casos la desertificación de suelos y problemas ambientales.

Actualmente, el incremento de la producción agrícola se constituye en un gran reto; tanto en calidad como en cantidad pero de manera sostenible. Esto se logra a través de un manejo adecuado de la condición nutrimental de los cultivos y otros factores de producción. Sabiendo que los nutrientes de las plantas son esenciales para que éstas puedan sobrevivir y crecer, ya que ellas toman nutrientes del aire, el suelo y el agua, con la finalidad de completar su ciclo de vida y consecuentemente alcanzar una producción suficiente de alimentos saludables.

Para llegar a alcanzar rendimientos cercanos a los máximos posibles se logra mediante la formulación y aplicación de un plan nutrimental particular para cada cultivo. Para estimar la formulación de los nutrientes es importante conocer aspectos de nutrición y regulación de crecimiento de los cultivos. Para la aplicación, es necesario conocer aspectos referentes al uso de fertilizantes y agua. Ambos requisitos son indispensables para generar exitosamente un plan nutrimental de los cultivos. Todo esto se logra a través de un uso eficiente y razonable de los fertilizantes edáficos y foliares, químicos y orgánicos y otros que están involucrados en la producción.

TRABAJO EN EQUIPO

1. Nos asignamos los roles de administrador del tiempo, relator, ayudante, investigador y utilero.
2. Desarrollamos las siguientes actividades:
 - a. Realizamos un dibujo de la interacción que se da entre la planta, el suelo y el agua, con respecto al movimiento de los nutrientes.
 - b. Escribimos cuáles son las funciones de los nutrientes en la planta.
 - c. Realizamos un dibujo comparativo entre una planta saludable y una planta con síntomas de deficiencia de nutrientes.
 - d. Mencionamos los diferentes tipos de fertilizantes que conocemos.

- e. Elaboramos un listado de las ventajas y desventajas del uso de fertilizantes inorgánicos y orgánicos.

EN PLENARIA

- Socializamos ante el grupo el producto resultante del trabajo en equipo.
- Identificamos las generalidades y las agrupamos en el siguiente cuadro:

| CARACTERÍSTICAS | DESCRIPCIÓN |
|---|-------------|
| Descripción esquemática (dibujo) interacción planta-suelo-agua. | |
| Funciones de los nutrientes en la planta. | |
| Síntomas de deficiencia de nutrientes en el cultivo. | |
| Tipos de fertilizantes usados ventajas y desventajas. | |

- Pedimos al profesor que acompañe y valore el trabajo realizado.

B *Fundamentación Científica*

TRABAJO EN EQUIPO

- Solicitamos al ayudante de subgrupo haga lectura del siguiente texto:
- Registramos en nuestra libreta de apuntes las ideas más relevantes y complementarias del texto.

1. GENERALIDADES

1.1 NUTRICIÓN MINERAL DE LAS PLANTAS

Las plantas elaboran su biomasa usando agua, dióxido de carbono el cual es obtenido del aire, energía solar y los nutrientes que son extraídos del suelo y del agua a través de las raíces o las hojas (como se aprecia en la **Figura 1**). Estos nutrientes, son aquellos elementos químicos que en mayor o menor proporción son necesarios para el desarrollo de las plantas, ya que los nutrientes minerales tienen funciones específicas y esenciales en el metabolismo de la planta. A simple vista no se pueden ver. Los nutrientes son gases incoloros o se asemejan a polvo disuelto en agua, o están adheridos a cada fragmento o terrón del suelo.

Las plantas a través de los pelos radiculares (son prolongaciones epidérmicas, tienen vida efímera de 1 a 3 días) absorben los nutrientes disponibles del suelo. Todos los nutrientes que son absorbidos por las plantas son en forma de iones (Piaggese, 2004). Para la asimilación, los iones deben estar disueltos en el agua del suelo, es decir, en una solución del suelo para que las plantas puedan absorberlos.

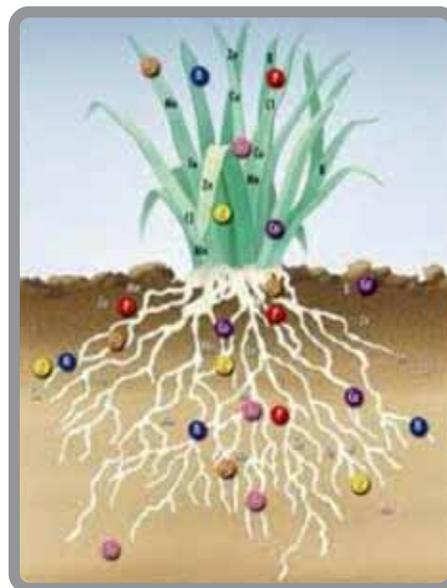


Figura 1. Absorción de los nutrientes a través de las raíces y/o hojas.
Fuente: produfinanzas.blogspot.com

El fósforo, el azufre, el cloro, el boro y el molibdeno son absorbidos respectivamente como fosfatos, sulfatos, cloruros, boratos y molibdatos. Los otros nutrientes son absorbidos bajo la forma de cationes de K^{+1} , Mg^{+2} , Ca^{+2} , Fe^{+2} o Fe^{+3} , Mn^{+2} , Zn^{+2} y Cu^{+2} . El nitrógeno es absorbido bajo forma de NO^{-3} , NO^{-2} o NH_4 . Estos iones están disueltos en la solución del suelo en concentraciones variables cada suelo tiene su composición típica (Piaggese, 2004).

1.2 MOVIMIENTO DE LOS NUTRIENTES

Los iones pasan desde la solución del suelo hasta el centro vascular de las raíces a través de la membrana celular, cuyo movimiento puede ser pasivo o activo. Se entiende por movimiento pasivo cuando los nutrientes ingresan a la planta con flujo masivo a través de la membrana por diferencia de concentraciones a favor del gradiente de concentraciones. Sin embargo, el movimiento activo se da a través de la membrana en contra del gradiente de concentraciones y requiere energía para bombear a los iones hacia dentro de la célula (Ramos, 2011).

El movimiento del agua y los nutrientes adentro de la raíz ocurre mediante dos vías, la primera vía es denominada ruta intracelular o simplasto; el agua y los solutos seleccionados

pasan a través de las membranas celulares de las células que forman la epidermis de los pelos de la raíz y, a través de los plasmodesmos a cada célula hasta llegar al xilema. La segunda vía, es denominada extracelular o apoplasto, el agua y los solutos penetran a través de la pared celular de las células de los pelos de la raíz y pasan entre la pared celular y la membrana plasmática hasta que encuentran la endodermis, la misma es una capa de células que deben atravesar hasta llegar al xilema, tal como se aprecia en la siguiente **Figura 2**.

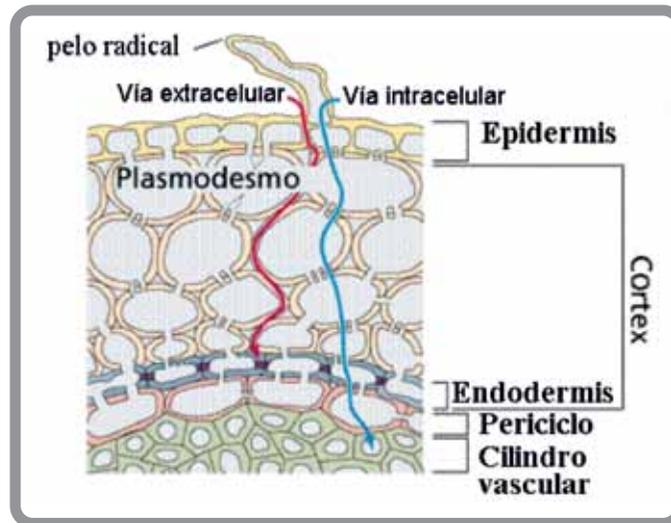


Figura 2. Vías de ingreso de los nutrientes en las plantas.
Fuente: <http://www.whfreeman.com/life/update/>.

Con relación al movimiento interno de los nutrientes en la planta, desde que son transportados de las raíces hacia las hojas a través del xilema se da como consecuencia de la transpiración (pasiva). De la misma manera los nutrientes pueden ser transportados (redistribuidos y translocados) desde las hojas viejas hacia las hojas jóvenes y raíces a través del floema por efecto del gradiente de presión hidrostática (activo) el cual requiere energía (Ver **Figura 3**).

Aunque se han identificado veinte elementos químicos en la mayor parte de las plantas, se ha visto que solamente dieciséis son realmente necesarios para un adecuado crecimiento y una completa maduración de las plantas. A estos 16 elementos se les considera como los nutrientes esenciales. En investigaciones anteriores han determinado la composición química aproximada de un tejido vegetal. Donde el carbono y oxígeno, constituyen la mayor parte del peso seco de las plantas (45% en ambos casos) y en menor proporción el hidrógeno (6%); estos elementos

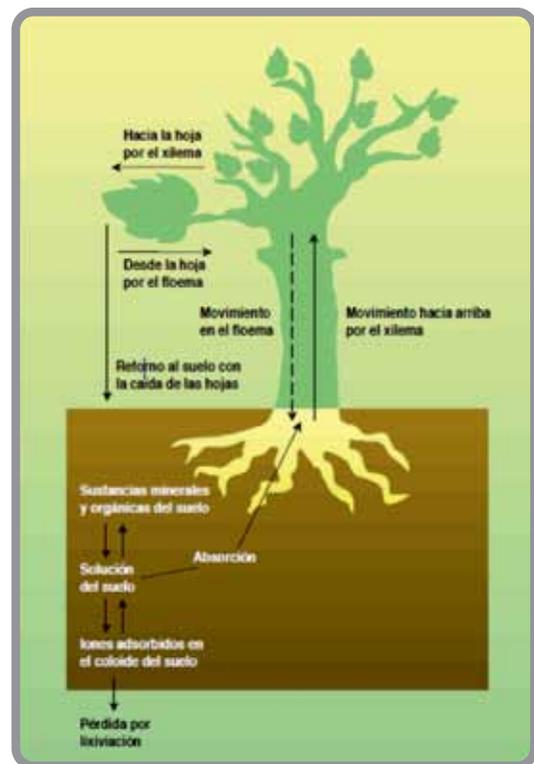


Figura 3. Movimiento de los nutrientes minerales en la planta.
Fuente: Piaggese (2004)

proviene del CO₂ atmosférico y del agua. Seguido de los elementos nitrógeno, potasio, calcio, magnesio, fósforo y azufre los cuales son absorbidos del suelo (Baerga, 2011) ver **Tabla 1**.

Tabla 1. Composición elemental aproximada de un tejido vegetal.

| Elemento nutritivo | Símbolo | % de peso seco | Elemento nutritivo | Símbolo | % de peso seco |
|--------------------|---------|----------------|--------------------|---------|----------------|
| Carbono | C | 45,0 | Azufre | S | 0,1 |
| Oxígeno | O | 45,0 | Cloro | Cl | 0,01 |
| Hidrógeno | H | 6,0 | Hierro | Fe | 0,01 |
| Nitrógeno | N | 1,5 | Manganeso | Mn | 0,005 |
| Potasio | K | 1,0 | Zinc | Zn | 0,002 |
| Calcio | Ca | 0,5 | Boro | B | 0,002 |
| Magnesio | Mg | 0,2 | Cobre | Cu | 0,0006 |
| Fósforo | P | 0,2 | Molibdeno | Mo | 0,00001 |

Fuente: Ramos (2011)

Los elementos nutritivos más importantes para el crecimiento de las plantas se clasifican, según su concentración en: macronutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) y micronutrientes (calcio, magnesio, azufre, hierro, manganeso, boro, zinc, cobre y molibdeno) Kyrby y Rómbeld (2011). Los macronutrientes son requeridos en grandes cantidades. Sin embargo, los micronutrientes se necesitan en pequeñas cantidades (ver **Figura 4**). No obstante, se debe siempre recordar que a pesar que los micronutrientes están presentes en bajas concentraciones tienen la misma importancia que los macronutrientes en el crecimiento de los cultivos, a la falta de uno estos micronutrientes por más reducido que se sea puede afectar el desarrollo de las plantas (ley del mínimo).

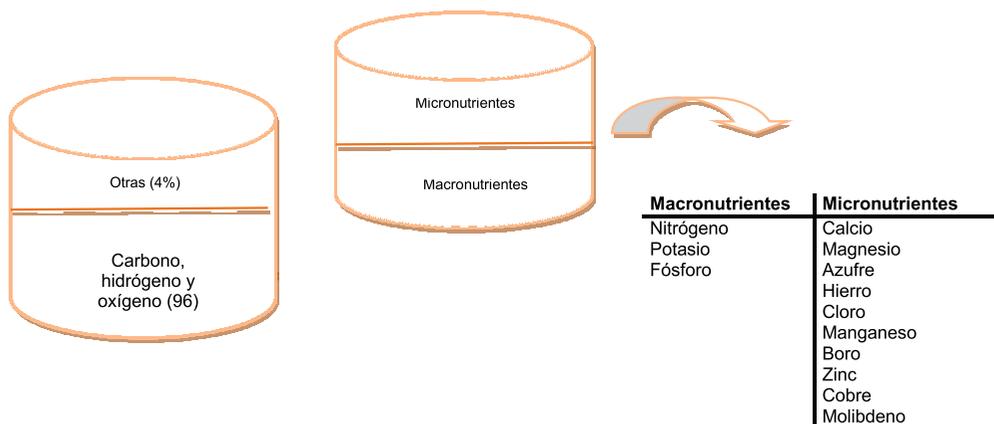


Figura 4. Porcentaje de nutrientes requeridos por las plantas.

1.3 IMPORTANCIA DE LOS NUTRIENTES EN LAS PLANTAS

Las plantas viven en un ambiente iónico muy diluido donde logran nutrirse y por lo tanto sobrevivir y completar su ciclo de vida, en virtud de la capacidad que tienen de acumular en su interior iones a concentraciones aún 10.000 veces superiores a las extremas (Piaggese, 2004).

Según Gutiérrez (1997) y Piaggese (2004) los nutrientes minerales esenciales para las plantas son aquellos que son:

- a) Necesarios para que la planta complete su ciclo de vida.
- b) Que están involucrados en funciones metabólicas o estructurales en las cuales no pueden ser sustituidos. Ya que, además de ser constituyentes de la estructura orgánica también actúan como activador de la reacción enzimática, transportador de carga u osmo-regulador.
- c) La falta de uno de los nutrientes produce una serie de síntomas de deficiencia. Si, no son corregidas a tiempo pueden conllevar a que el crecimiento de la planta se detenga y en casos extremos causar la muerte.

Cada planta posee su mínimo, óptimo y máximo de tolerancia para cada uno de los elementos nutritivos, por ello su disponibilidad puede ser anormal o por defecto causar una deficiencia o carencia nutricional, o por exceso, causando fitotoxicidad (intoxicación) **Figura 5.**

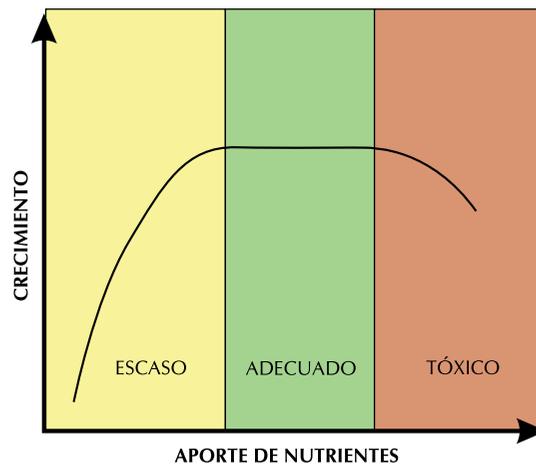


Figura 5. Curva del crecimiento de las plantas con respecto a la disponibilidad de nutrientes. Fuente: Piaggese (2004)

1.4 DIAGNÓSTICO DE DEFICIENCIA DE LOS NUTRIENTES

Según (Piaggese, 2004) a nivel visual se puede verificar la deficiencia o exceso de los nutrientes en las plantas; requiere para ser realmente efectiva que la observación sea realizada cuando apenas están empezando a aparecer los síntomas. Los inconvenientes del método visual son principalmente:

- Un frecuente y estrecho parecido de los síntomas de cada una de las deficiencias nutricionales entre sí con aquellos de algunas enfermedades.
- Diferencia entre los síntomas de la misma deficiencia dentro de las diversas especies y variedades.
- Aparición tardía de los síntomas.

Además para este tipo de diagnóstico, es importante conocer cómo se encuentran distribuidos los nutrientes dentro de la planta. Los nutrientes que pueden traslocarse en la planta son denominados móviles, entre los que tienen al nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y molibdeno. No obstante, los nutrientes que son fijados luego de su uso son azufre, calcio, hierro, cobre, manganeso, zinc y boro son considerados como inmóviles. En el caso, de los nutrientes móviles los síntomas se muestran en las hojas más viejas ya que la planta trasloca los nutrientes hacia las zonas de nuevo crecimiento. Contrariamente, sucede con los nutrientes inmóviles, los síntomas se muestran en las hojas más nuevas ya que la planta no puede mover dichos nutrientes (Ramos, 2011) tal como se puede apreciar en la **Figura 6**.

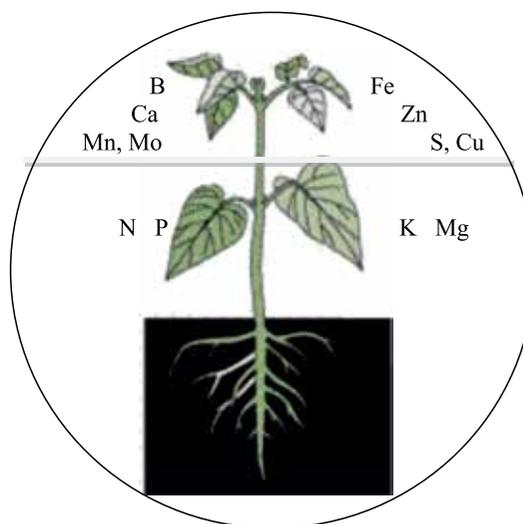


Figura 6. Movimiento interno de los nutrientes.

De acuerdo a la deficiencia de un elemento nutritivo presente en la planta se puede diagnosticar (**Tabla 2**):

Tabla 2. Sintomatología ocasionada por la deficiencia de los elementos nutritivos.

| Segmentos de la planta | Deficiencia de nutrientes | Síntomas |
|-------------------------------------|---------------------------|--|
| Hojas maduras (N, P, K, Mg y Mo) | K y Mo | Manchas necróticas |
| | N, P y Mg | Sin manchas necróticas |
| | Mg | Nervaduras verdes |
| | N y S | Clorosis uniforme |
| | Mg y Mn | Clorosis y necrosis internerval |
| | K | Necrosis de los márgenes y de la punta |
| Hojas nuevas (S, Fe, Mn y Cu) | N | Nervaduras amarillas |
| | Fe y Mn | Nervaduras verdes |
| | S | Clorosis uniforme |
| | Fe, Zn y Mn | Clorosis internerval |
| | Ca, B y Cu | Necrosis |
| | Ca, B y Cu | Deformaciones |
| S y Cu | Nervaduras amarillas | |

Fuente: Piagggesi (2004) y Ramos (2011)

Para corroborar de forma exacta que, el cultivo presenta alguna deficiencia de nutrientes o simplemente para conocer el estado nutricional del cultivo se deben realizar pruebas de segmentos de tejidos en un laboratorio mediante el análisis de los órganos (hojas, tallos y pétalos). Para que este análisis sea comparativo se recomienda, además de analizar órganos afectados por la deficiencia y otro sano sin muestra de ningún síntoma (testigo), o en caso contrario, que ya se cuente con esta información y que corresponda a la misma etapa de desarrollo de cultivo en estudio.

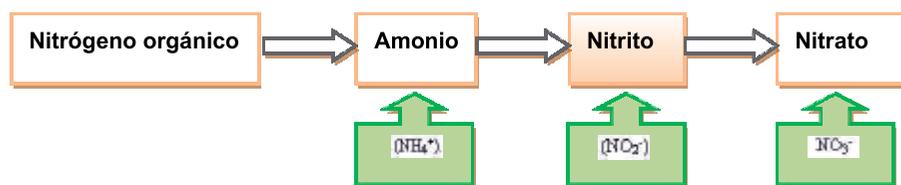
1.5 PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS MACRONUTRIENTES Y SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA EN LAS PLANTAS

NITRÓGENO (N)

Es un elemento no metálico, un gas incoloro, inodoro e insípido, es el elemento más abundante de la atmósfera terrestre, representando el 78% por volumen y es uno de los componentes principales de la materia viva. Representa cerca del 18% del peso de las proteínas. La cantidad de nitrógeno en el suelo es muy bajo desde trazas hasta 0,5% en los suelos superficiales, disminuyendo con la profundidad en contraposición de lo que consumen los cultivos es muy alta Hernández (2001) y Ramos (2011).

El clima juega un papel dominante en la determinación del estado de nitrógeno de los suelos. En regiones de condiciones de humedad uniforme y vegetación comparable, el contenido promedio de nitrógeno y de materia orgánica del suelo decrece exponencialmente a medida que aumenta la temperatura anual (Hernández, 2001).

Las plantas obtienen el nitrógeno principalmente del suelo, donde se encuentra bajo la forma orgánica, la que no es disponible inmediatamente para la planta, sino después de un proceso de mineralización catalizada por los microorganismos del suelo, el cual procede en la dirección siguiente:



La cantidad de nitrato producida finalmente depende de la disponibilidad de material carbonáceo descomponible. Si la relación carbono: nitrógeno (C/N) es alta aparece muy poco o casi nada de nitrógeno como nitrato. El anión nitrato (NO_3^-) es muy móvil en el suelo con tendencia a lixiviarse y aumenta el pH del suelo (Hernández, 2001). Mientras que, el catión amonio (NH_4^+) es menos móvil que los nitratos, causa oxidación microbial al nitrato, acidifica el suelo disminuyendo el pH y puede ser tóxico si se encuentra en altas concentraciones (Ramos, 2011).

El nitrógeno, ya sea absorbido del suelo o fijado del aire, se incorpora a la planta en forma de aminoácidos, primeramente en hojas verdes. A medida que aumenta el suministro de nitrógeno, las proteínas sintetizadas a partir de los aminoácidos, se transforman en crecimiento de las hojas, aumentando la superficie fotosintética.

La aplicación del nitrógeno debe realizarse lo más fraccionadamente posible, e incluso diariamente, sincronizada con las necesidades de las plantas. Así de esta manera, se logra el aprovechamiento del nitrógeno evitando el lavado y la pérdida. En las etapas reproductivas se debe bajar las dosis de nitrógeno para evitar que este nutriente se acumule en las hojas y evitar que se dirija a los frutos y estos sean de baja calidad presentando frutos blandos los cuales son más susceptibles a la incidencia de enfermedades (Ramos, 2011).

Síntomas de deficiencia

Las plantas que crecen a bajos niveles de nitrógeno son de color verde claro y muestran una clorosis general, principalmente en hojas viejas. Las hojas jóvenes permanecen verdes por períodos más largos, ya que reciben nitrógeno soluble de las hojas más viejas, presentan un tronco débil. Algunas plantas como el tomate y el maíz, exhiben una coloración purpúrea en los tallos, pecíolos y cara abaxial de las hojas, debido a la acumulación de antocianinas. La relación vástago/raíz es baja, ya que predomina el crecimiento radicular sobre el foliar. El crecimiento de muchas plantas deficientes en nitrógeno es raquíptico Hernández (2001) y Baerga (2011).

FÓSFORO (P)

Es un elemento no-metálico, comúnmente se presenta como un sólido céreo, incoloro, semitransparente, blando, que brilla en la oscuridad. Es un elemento esencial para plantas y animales, siendo el doceavo en abundancia en la corteza terrestre. El fósforo en los tejidos se encuentra en la forma de ácidos nucleídos puede alcanzar valores entre 17 y 58%, azúcares, ATP (energía), fosfolípidos y coenzimas.

El fósforo orgánico debe ser mineralizado antes de ser absorbido por las plantas la forma asimilable por la planta es en forma de anión fosfato H_2PO_4 (ión ortofosfato, mono) y HPO_4^{2-} (ión ortofosfato, di); el fósforo se caracteriza por ser uno de los más limitantes y poco móviles en el suelo. El fósforo inorgánico se encuentra bajo varias formas y su disponibilidad depende del pH del suelo. En pH mayores a 7 ó 9 los fosfatos tricálcicos no están disponibles, en pH de 5,5, a 7 los fosfatos mono y dicálcicos tienen una máxima disponibilidad y finalmente pH menores a 5,5 los fosfatos de hierro y aluminio no se encuentran disponibles (Ramos, 2011).

Síntomas de deficiencia

Las deficiencias de fósforo se parecen mucho a las de nitrógeno. En cereales se caracteriza por un retardo en el crecimiento, las raíces se desarrollan poco y se produce enanismo en hojas y tallos. Es frecuente la acumulación de antocianina en la base de las hojas y en las hojas próximas a morir, que le dan una coloración púrpura y se reduce el número de tallos. El proceso de maduración de las plantas se retarda, mientras que las que tienen abundante fósforo maduran con más rapidez (Hernández, 2001).

POTASIO (K)

Es un metal alcalino de color blanco, suave de un brillo plateado. El potasio es uno de los elementos esenciales en la nutrición de la planta cuya movilidad es limitada y es otro elemento que se encuentra en pequeñas cantidades en los suelos. Las concentraciones de potasio, se requieren para la conformación activa de muchas enzimas que participan en el metabolismo. Concentraciones abundantes de K^+ son necesarias para neutralizar los aniones solubles y macromoleculares del citoplasma, que tiene pocos cationes orgánicos. De esta manera el K^+ contribuye bastante con el potencial osmótico (Hernández, 2001). Participa durante el proceso de la fotosíntesis y promueve la translocación de fotosintatos, regula la apertura de los estomas y el uso del agua, promueve la absorción de N y la síntesis de las proteínas (Ramos, 2011).

Síntomas de deficiencia

En el campo el suministro de potasio por el suelo, puede ser adecuado para el crecimiento de los cultivos, siempre y cuando el suministro de nitrógeno y fósforo sean bajos; pero es insuficiente si aumentan estos elementos. De tal forma que se observan signos de carencia de K^+ , si se utilizan fertilizantes con nitrógeno y fósforo, produciéndose la muerte prematura de las hojas.

Así como, el nitrógeno y el fósforo, el potasio se traslada de los órganos viejos hacia los jóvenes; de tal forma que la deficiencia de este elemento se observa primero como un amarillamiento ligero en hojas viejas. En las dicotiledóneas las hojas se tornan cloróticas, pero a medida que progresa la deficiencia, aparecen manchas necróticas de color oscuro. También empiezan a aparecer oscurecimiento del borde de las hojas. La deficiencia de K^+ se conoce comúnmente como quemadura. En muchas monocotiledóneas, como es el caso de los cereales, las células de los ápices y bordes foliares mueren primero, propagándose la necrosis hacia la parte más joven de la base foliar. Por ejemplo, en el maíz la deficiente de K^+ presenta tallos débiles y las raíces se hacen susceptibles a infecciones por patógenos que causan su pudrición Hernández (2011) y Baerga (2011).

1.6 PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS MICRONUTRIENTES Y SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA EN LAS PLANTAS

MAGNESIO (Mg)

Es absorbido por las plantas como ión bivalente Mg^{+2} y es, el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 al 20% del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes. El Magnesio participa en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta (FAO, 2002).

El contenido del magnesio está estrechamente correlacionado con la naturaleza física del suelo, es mayor la disponibilidad en suelos arcillosos y mínimo en aquellos arenosos donde el magnesio está sometido a fuertes lavados. La disponibilidad de este elemento está fuertemente limitada en suelos netamente alcalinos o ácidos y en aquellos con bajo contenido de materia orgánica (Piaggese, 2004).

Síntomas de deficiencia

La sintomatología de la deficiencia del magnesio varía de planta a planta y considerando, que este ión al interior de los organismos vegetales presenta una elevada movilidad, los síntomas aparecen primero en las hojas más viejas y después eventualmente en aquellas más jóvenes, manifestándose amarillamientos o clorosis internerval y que en los casos graves de carencia se necrosan (Piaggese, 2004).

AZUFRE (S)

Es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. Es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada (FAO, 2002).

Síntomas de deficiencia

La deficiencia de azufre se caracteriza porque la lámina foliar se torna uniformemente amarilla o clorótica; presentándose la deficiencia primeramente en hojas jóvenes, ya que este elemento no se redistribuye fácilmente de las hojas viejas hacia las maduras, por ser inmóvil.

Debido a que los suelos tienen suficientes cantidades de sulfatos, las deficiencias de S en la naturaleza son raras. Las plantas presentaban hojas jóvenes cloróticas, finalmente se ponen amarillas, los bordes y los ápices foliares se vuelven necróticos y se enrollan hasta producir la muerte del ápice, seguida por una rápida defoliación (Hernández, 2001).

CALCIO (Ca)

Es esencial para el crecimiento de las raíces y como un constituyente del tejido celular de las membranas. Aunque la mayoría de los suelos contienen suficiente disponibilidad de Ca para las plantas, la deficiencia puede darse en los suelos tropicales muy pobres en Ca (FAO, 2002). Desempeña una actividad antagónica al potasio, favoreciendo la reducción del volumen del plasma, incrementando la transpiración y reduciendo la absorción del agua (Piaggese, 2001).

HIERRO (Fe)

Es un microelemento esencial, forma parte de citocromos, proteínas y participa en reacciones de óxido-reducción. En las hojas, casi todo el hierro se encuentra en los cloroplastos, donde juega un papel importante en la síntesis de proteínas cloroplásticas. También forma parte de una gran cantidad de enzimas respiratorias, como la peroxidasa, catalasa, ferredoxina y citocromo-oxidasa. El efecto más característico de la deficiencia de hierro es la incapacidad de las hojas jóvenes para sintetizar clorofila, tornándose cloróticas, y algunas veces de color blanco. El hierro es virtualmente inmóvil en la planta, quizás porque es precipitado como un óxido insoluble o en las formas de fosfatos férricos inorgánicos y orgánicos (Hernández, 2001).

Síntomas de deficiencia

Los primeros síntomas visibles de deficiencia de Fe aparecen como clorosis en las hojas jóvenes. En la mayoría de las especies, la clorosis aparece entre las nervaduras en un reticulado fino. Sin embargo, las nervaduras permanecen verdes en acentuado contraste con el fondo verde más claro o amarillento del resto del tejido. Las hojas más jóvenes pueden carecer completamente de clorofila (Kyrby y Rómheld, 2011).

MANGANESO (Mn)

Está presente en las plantas principalmente en forma divalente Mn (II). Esta forma de Manganeseo se combina rápidamente con ligandos¹ orgánicos, en los cuales puede ser rápidamente oxidado a Mn (III) y Mn (IV). Además, el Mn desempeña un importante papel en los procesos de redox, tales como en el transporte de electrones en la fotosíntesis y en la desintoxicación de radicales de oxígeno libres.

¹ Los ligandos son iones o moléculas que rodean a un metal, formando un complejo metálico. Un ligando enlazado a un ión central se dice que está coordinado al ión.

Síntomas de deficiencia

Una leve deficiencia de Manganeso afecta la fotosíntesis y reduce el nivel de carbohidratos solubles en la planta, pero el suplemento de éste micronutriente reactiva la evolución fotosintética de oxígeno (Kyrby y Rómheld, 2011).

COBRE (Cu)

El Cobre se parece en algo al hierro, debido que forma quelatos altamente estables que permiten la transferencia de electrones ($\text{Cu}^{2+} + e^- \leftrightarrow \text{Cu}^+$). Por esta razón, desempeñan un papel comparable al del Fe en los procesos redox de la fisiología de la planta. Sin embargo, a diferencia de Fe, las enzimas que contienen Cu pueden reaccionar con oxígeno molecular y catalizan preferentemente procesos terminales de oxidación. Varias proteínas que contienen Cu desempeñan un papel fundamental en procesos tales como la fotosíntesis, respiración, desintoxicación de radicales superóxido y lignificación (Kyrby y Rómheld, 2011).

Síntomas de deficiencia

Una deficiencia moderada de cobre dan síntomas visibles que interesan las partes apicales de las plantas, pero que no son tan vistosas como en los otros microelementos. En los cereales, el ápice de las hojas asume un aspecto clorótico y las hojas se presentan enrolladas y una escasa amplitud de la lámina. En casos graves la espiga no se forma (Piaggese, 2004).

ZINC (Zn)

Es absorbido por las raíces de las plantas como ión bivalente (Zn^{2+}). También es muy fácilmente absorbido por la epidermis foliar y por las ramas. Está implicado en las síntesis del triptófano, precursor clave de las auxinas. Estimula diversas actividades enzimáticas en los vegetales, el metabolismo del nitrógeno y la pigmentación de pigmentos flavonoides y del ácido ascórbico. El cobre y el magnesio a menudo hacen sinergias con el zinc (Piaggese, 2004).

Síntomas de deficiencia

La deficiencia del zinc ocasiona una disminución del crecimiento y especialmente la necrosis de hojas viejas en las plantas deficientes de Zn se intensifica con alta intensidad luminosa (Kyrby y Rómheld, 2007).

MOLIBDENO (Mo)

El Molibdeno difiere del Fe, Mn y Cu, en el hecho de que está presente en las plantas como anión, principalmente en la forma más oxidada, Mo (VI), pero también como Mo (V) y Mo (IV). Además, diferente a todas las otras deficiencias de micronutrientes, la deficiencia de Molibdeno está asociada con las condiciones de pH bajo.

Síntomas de deficiencia

Los síntomas de deficiencia de Molibdeno son menos severos, e inclusive ausentes, en las plantas que reciben NH_4 , en comparación con plantas que reciben NO_3 (Kyrby y Rómheld, 2007).

BORO

Es utilizado por las plantas como ácido bórico, forma en el cual se encuentran a pH neutro. En las plantas se encuentra en pequeñas cantidades especialmente en las jóvenes, las cuales contienen cerca del doble con respecto a las partes adultas. Las raíces tienen en menor cantidad que las hojas (Piaggese, 2001).

Síntomas de deficiencia

La deficiencia del boro se manifiesta por la muerte de la yema apical y la sucesiva emisión de yemas secundarias. Las plantas presentan entrenudos cortos un aspecto de arbusto enano. En las hojas causa engrosamiento, fragilidad y puntos cloróticos, reduce la fecundación floral e incrementa la caída de frutos inmaduros y causa además necrosis, agrietamientos y deformación de frutos y raíces (Piaggese, 2001).

A pesar de que, en la mayoría de los cultivos han mostrado un efecto positivo los elementos nutritivos presentados en la **Tabla 1** existen algunas excepciones ya que en algunas especies vegetales parecen ser esenciales en el requerimiento de algunos nutrientes específicos que no están citados en la tabla. Así por ejemplo: los efectos benéficos de la fertilización con sodio (Na) en la producción de remolacha azucarera han sido demostrados con detalle por Marschner (1995, citado en Kyrby y Volker, 2011). Se ha señalado también la importancia del Na para algunas especies de plantas C4 (Brownell, 1979 citado en Kyrby y Volker, 2011) y en caña de azúcar, la reducción de crecimiento y presencia de manchas en las hojas han sido asociadas con plantas cultivadas en suelos altamente intemperizados con bajos niveles de Si (citado en Kyrby y Römheld, 2007).

2. PRINCIPALES PRODUCTOS PARA LA FERTILIZACIÓN INORGÁNICA

La presentación de los fertilizantes minerales es muy variada. Dependiendo del proceso de fabricación, las partículas de los fertilizantes minerales pueden ser de diferentes tamaños y formas: gránulos, píldoras, «perlados», cristales, polvo de grano grueso/compactado o fino. La mayoría de los fertilizantes es provista en forma sólida, existiendo también fertilizantes líquidos y en suspensión.

Además de su contenido nutritivo específico², la calidad física de un fertilizante es determinada por el rango del tamaño de sus partículas (productos tamizados), su densidad/dureza, su resistencia a la humedad y al daño físico, y su libertad de apelmazarse. Los fertilizantes de alta calidad gozan de un tratamiento especial de la superficie/recubrimiento.

Los nutrientes primarios son expresados comúnmente en porcentajes N - P₂O₅ - K₂O (algunas veces con el agregado de microelementos Mg - S). Ellos son dados siempre en esta secuencia. Por ejemplo, en una fórmula 25-5-10, el primer número es el porcentaje de N, el segundo número el porcentaje de P₂O₅³ y el tercero el porcentaje de K₂O. El

² Normalmente el contenido de nutriente es garantizado, sin embargo, esta garantía está dentro de ciertos límites de tolerancia, debido a la producción en gran escala y a los posibles errores al tomar muestras.

etiquetado también indica el peso de la bolsa, a menudo da recomendaciones para su correcto manipuleo y almacenamiento, y el nombre del productor o del comerciante del fertilizante. La mayoría de los fertilizantes también tienen un nombre de marca, el cual es impreso en la bolsa del fertilizante.

Por ejemplo, una bolsa de fertilizantes de 50 kg de grado 17-17-17 contienen 17 kg de N, 17 kg de P_2O_5 y 17 kg de K_2O . Contrariamente al término grado, la *fórmula del nutriente* se refiere a las proporciones relativas de los nutrientes respectivos: el grado 17-17-17 debería tener una razón 1:1:1 de N- P_2O_5 - K_2O , mientras un grado 12-24-12 debería tener una razón 1:2:1. Es importante conocer el análisis del fertilizante o el grado para calcular la cantidad correcta de fertilizante para la dosis necesaria de nutrientes a ser aplicada por hectárea (FAO, 2002).



2.1 GRADOS DE LOS FERTILIZANTES

Los fertilizantes que contienen sólo un nutriente primario se denominan fertilizantes simples. Aquellos que contienen dos o tres nutrientes primarios son llamados fertilizantes multinutrientes, algunas veces también fertilizantes binarios (dos nutrientes) o ternarios (tres nutrientes).

2.2 FERTILIZANTES SIMPLES

Algunos de los fertilizantes simples más utilizados son los siguientes:

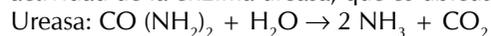
Urea con 46% de N, es la mayor fuente de nitrógeno en el mundo, debido a su alta concentración y a su precio normalmente atractivo por unidad de N. Sin embargo, su aplicación requiere excepcionalmente buenas prácticas agrícolas para evitar, en particular, las pérdidas por evaporación de amoníaco en el aire. La urea debería ser aplicada sólo cuando sea posible incorporarla inmediatamente en el suelo después de esparcida o cuando la lluvia se espera en pocas horas después de la aplicación⁴.



Sulfato amónico con el 21% de N (en forma de amoníaco), no es tan concentrado como la urea. Sin embargo, contiene, además del N, el 23% de azufre, un nutriente que es de creciente importancia. Se usa preferentemente en cultivos irrigados y donde el azufre

³ Los términos « P_2O_5 » y « K_2O » son convencionalmente usados para expresar los nutrientes de los fertilizantes «fosfato o fósforo» y «potasa o potasio». Son los óxidos de los elementos P y K.

⁴ El amido-N (la forma del nitrógeno en urea) es transformado (hidrolizado) relativamente rápido a través de la actividad de la enzima ureasa, que es ubicada en la superficie del suelo, al amoníaco, CO_2 y H_2O :



Aún a temperaturas relativamente bajas la transformación del amido-N a amoníaco-N es completada en uno o tres días, en condiciones tropicales y subtropicales en pocas horas. Donde la urea no es incorporada en el suelo, pero es dejada en la superficie del suelo, las pérdidas sustanciales por evaporación de amoníaco ocurrirán, particularmente en suelos alcalinos (suelos con un alto valor pH). En donde es incorporado – y una incorporación superficial es suficiente – el amoníaco es atraído (absorbido) como NH_4^+ en las partículas de la materia orgánica y arcilla del suelo y de este modo protegido contra las pérdidas por evaporación.

debe ser aplicado. Lo mismo es cierto para el *nitrosulfato amónico* con el 26% de N (alrededor de 2/3 como amoníaco y 1/3 como nitrato) y del 13 al 15% de azufre.

Nitrato amónico cálcico, con por encima del 27% de N (partes iguales de N como amoníaco y como nitrato), es un fertilizante preferido para los cultivos en las regiones semiáridas de los subtrópicos.

Superfosfato simple, con 16 al 20% de P_2O_5 contiene adicionalmente 12% de azufre y más del 20% de calcio (CaO).

Superfosfato triple con una concentración del 46% de P_2O_5 no contiene azufre ni calcio. Ambos tipos de fertilizantes fosfatados contienen el fosfato soluble en agua, en una forma disponible para las plantas. Una cantidad sustancial de fosfato es aplicada en forma de fertilizantes NP (nitrofosfato, fosfato monoamónico (MAP) y fosfato diamónico (DAP) y de fertilizantes NPK.

Cloruro potásico, con hasta 60% de K_2O , es el fertilizante potásico simple líder usado en la mayoría de los cultivos. En cultivos sensibles al cloro o en los cuales el azufre se necesita, se usa el sulfato potásico con el 50% de K_2O y 18% de azufre. Sin embargo, como con los fertilizantes fosfatados, una gran parte de K_2O es aplicada en la forma de fertilizantes NPK y PK (**Tabla 3**).

Tabla 3. Análisis de los fertilizantes comúnmente conocidos.

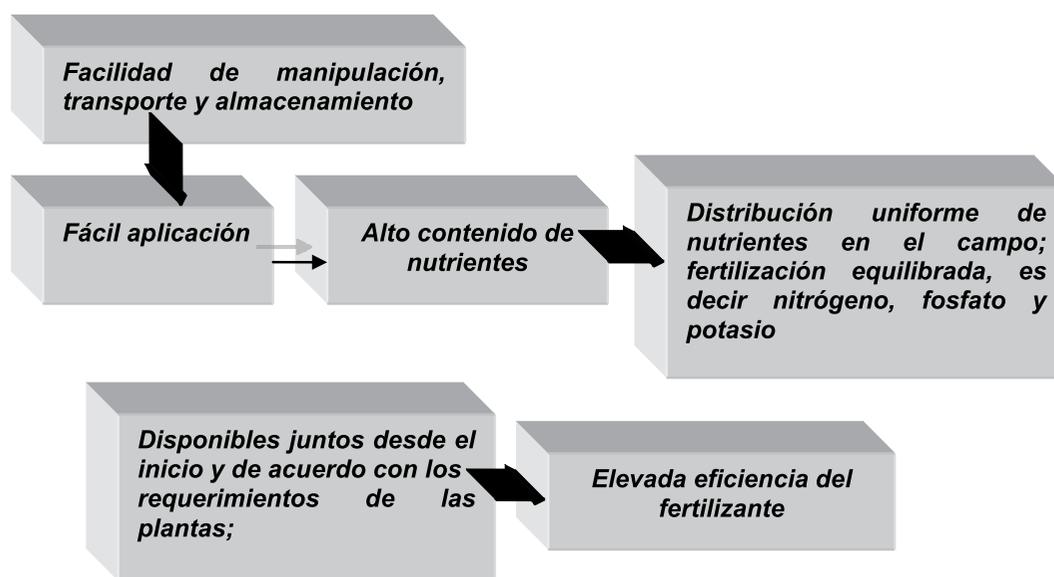
| GRADO O ANÁLISIS EN PORCENTAJE | | | | | |
|--|---------|----------|--------|-----|---------------|
| Nombres comunes (fórmulas) | N | P_2O_5 | K_2O | Mg | S |
| Fertilizantes nitrogenados | | | | | |
| Sulfato amónico $(NH_4)_2SO_4$ | 21 | 0 | 0 | - | 23 |
| Nitrato amónico NH_4NO_3 | 33-34,5 | 0 | 0 | - | - |
| Nitrato amónico-cal $NH_4NO_3 + CaCO_3$ (nitrato amónico-cálcico) | 20,5-26 | 0 | 0 | - | - |
| Urea $CO(NH_2)_2$ | 45-46 | 0 | 0 | - | - |
| Nitrosulfato amónico $NH_4NO_3 \cdot (NH_4)_2SO_4$ | 26 | 0 | 0 | - | 15 |
| Fertilizantes fosfatados | | | | | |
| Superfosfato simple $Ca(H_2PO_4)_2 + CaSO_4$ | 0 | 16-20 | 0 | - | 12 |
| Superfosfato triple o concentrado $Ca(H_2PO_4)_2$ | 0 | 46 | 0 | - | - |
| Fosfato de roca molido (fosfato mineral) | 0 | 20-40 | 0 | - | - |
| Fertilizantes potásicos | | | | | |
| Muriato o cloruro potásico KCl | 0 | 0 | 60 | - | - |
| Sulfato potásico K_2SO_4 | 0 | 0 | 50 | - | 18 |
| Sulfato potásico - magnésico $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ | 0 | 0 | 26-30 | 5-7 | 16-22 |
| Fertilizantes de magnesio | | | | | |
| Kieserita $Mg SO_4 \cdot 7H_2O$ | - | - | - | 16 | 22 |
| Kieserita calcinada $Mg SO_4 \cdot H_2O$ | - | - | - | 20 | 27 |
| Fertilizantes azufrados | | | | | |
| Todos los fertilizantes conteniendo S como anión | - | - | - | - | Según fórmula |
| Yeso $Ca SO_4 \cdot 2H_2O$ | | | | | 16-18 |

2.3 LOS NUTRIENTES SECUNDARIOS

En el pasado los nutrientes secundarios, particularmente el azufre, no eran siempre listados en la bolsa o contenedor. Esto ha cambiado ahora. Además de los fertilizantes simples conteniendo magnesio, azufre y/o calcio mencionados anteriormente, el azufre es también contenido en el yeso (16-18% de S). El sulfato potásico – magnésico o sulfato potásico de magnesio provee fácilmente suministros disponibles de ambos (magnesio, 6% de Mg) y azufre (16–22% de S).

2.4 MULTINUTRIENTES

Un gran número de fertilizantes multinutrientes es ofrecido en el mercado mundial, las ventajas más notables de los fertilizantes son:



En general, hay tres tipos distintos de fertilizantes multinutrientes:

Fertilizantes complejos: fabricados a través de procesos que incluyen una reacción química entre los componentes que contienen los nutrientes primarios (cada gránulo contiene la fórmula declarada de nutrientes).

Fertilizantes compuestos: fertilizantes simples granulados o intermedios, los gránulos contienen los nutrientes en diferentes proporciones.

Fertilizantes mixtos o mezclados: mezclas simples mecánicas de los fertilizantes simples (la mezcla puede no ser homogénea si no se tiene cuidado).

Añadidos a los nutrientes primarios (el nitrógeno, el fósforo y el potasio), diversos tipos de fertilizantes también contienen nutrientes secundarios tales como magnesio, azufre

y calcio. Algunos también contienen micronutrientes tales como hierro, cobre, zinc, manganeso, boro y molibdeno. De este modo, al elegir el grado correcto, el agricultor tiene la posibilidad de aplicar todos los nutrientes necesarios en un fertilizante único.

2.5 MICRONUTRIENTES

Los micronutrientes requieren una atención y cuidado especial porque hay un margen estrecho entre el exceso y la deficiencia en las necesidades de microelementos de las plantas.

Los micronutrientes son necesarios sólo en pequeñas cantidades. Si se aplica demasiado de un microelemento dado (por ejemplo boro), puede tener un efecto dañino en el cultivo y/o en el cultivo subsiguiente. Los fertilizantes compuestos especiales pueden ser preparados conteniendo micronutrientes conjuntamente con los grados NPK para suelos y cultivos en los cuales las deficiencias existentes son conocidas.

En muchos casos, las deficiencias de los microelementos son causadas a través de un pH del suelo o sea demasiado bajo (ácido), o más aún, demasiado alto (de neutral a alcalino), de este modo un cambio en el pH del suelo puede pasar a los microelementos en una forma disponible para las plantas.

Una dosis de aplicación más exacta y normalmente también una eficiencia mayor es posible a través del uso de pulverización o de tratamientos de semillas con micronutrientes (formulados como polvos o líquidos). Los tipos de fertilizantes con micronutrientes se presentan en la **Tabla 4**. El complejo de componentes orgánicos de hierro, zinc, manganeso y cobre - quelatos⁵ - aumentarán significativamente la eficiencia de los micronutrientes aplicados, particularmente del hierro, que es difícilmente absorbido en forma no quelatada (FAO, 2002).

Tabla 4. Ejemplo de fertilizantes con micronutrientes importantes

| Portador de Micronutrientes | Fórmula | Micronutrientes |
|-----------------------------|---|-----------------|
| Sulfato ferroso | FeSO ₄ .7H ₂ O | Hierro (Fe) |
| Sulfato de cobre | CuSO ₄ .5H ₂ O | Cobre (Cu) |
| Sulfato de zinc | ZnSO ₄ .7H ₂ O | Zinc (Zn) |
| Sulfato de manganeso | MnSO ₄ .7H ₂ O | Manganeso (Mn) |
| Bórax | Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O | Boro (B) |
| Molibdato de sodio | Na ₂ MoO ₄ .10H ₂ O | Molibdeno (Mo) |

2.6 ¿CÓMO CALCULAR LAS DOSIS DE LOS FERTILIZANTES QUE SE VAN A APLICAR?

La cantidad de fertilizante a ser aplicada por hectárea o en un campo es determinada

⁵ Los quelatos forman complejos orgánicos de moléculas que protegen los microelementos de la fijación y facilitan una mejor absorción a través de la planta.

a través de la cantidad de nutrientes necesarios y de los tipos y grados de fertilizantes disponibles.

Los fertilizantes minerales normalmente son expedidos en bolsas de 50 kg. De allí que el agricultor tenga que saber la cantidad de nutrientes contenidos en una bolsa de 50 kg. La manera más fácil de calcular el peso de los nutrientes en una bolsa de 50 kg es de dividir el número impreso en la bolsa por dos.

Ejemplo 1: ¿Cuántas bolsas de sulfato amónico (AS) (con 21% de N y 24 % de S) son necesarias para suministrar 60 kg/ha de N? 21 dividido entre 2 resulta 10,5. De este modo aproximadamente seis bolsas de AS se necesitan para proveer (un poco más de) 60 kg/ha N. Además, seis bolsas de AS ofrecerán 72 kg/ha de azufre (S).

Si el área del campo es de sólo 500 m² (metros cuadrados), la cantidad requerida de fertilizantes debería ser un vigésimo de aquella por hectárea; una hectárea: 10 000 m² divididos entre 500 m² = 20, es decir, para un área de 500 m², 300/20 = 15 kg de sulfato amónico son necesarios para aplicar la cantidad de nitrógeno correspondiente a 60 kg/ha de N.

Ejemplo 2: Si la recomendación es 60-60-60, la opción más fácil para el agricultor es comprar un fertilizante multinutriente de grado 15-15-15. Una bolsa de 50 kg contiene 7,5-7,5-7,5. Sesenta dividido entre 7,5 = 8. De este modo ocho bolsas de 50 kg de 15-15-15 se necesitan para aplicar la dosis recomendada de 60 kg/ha de N, 60 kg/ha de P₂O₅ y 60 kg/ha de K₂O.

Ejemplo 3: Cuando la recomendación por hectárea es 60-30-30, con ocho bolsas de 50 kg de grado 15-15-15, el agricultor aplicará el doble de la cantidad de fosfato y de potasio necesario. En este caso se aplicarán sólo cuatro bolsas de 50 kg por hectárea, dando la mitad de la dosis recomendada de nitrógeno y la dosis completa de fosfato y de potasio como abono de fondo. Los restantes 30 kg/ha de N deberían ser aplicados en la forma de fertilizante nitrogenado simple con una o dos aplicaciones de cobertura acompañadas de buenas prácticas agrícolas.

2.7 ¿CÓMO APLICAR LOS FERTILIZANTES?

El método de aplicación de los fertilizantes (abono orgánico o fertilizantes inorgánicos) es un componente esencial de las buenas prácticas agrícolas. La cantidad y la regulación de la absorción dependen de varios factores, tales como la variedad del cultivo, la fecha de siembra, la rotación de cultivos, las condiciones del suelo y del tiempo. En las prácticas agrícolas eficientes, el agricultor escoge la cantidad y la oportunidad en el tiempo, de manera que las plantas usen los nutrientes tanto como sea posible. Para un aprovechamiento óptimo del cultivo y un potencial mínimo de contaminación del medio ambiente, el agricultor debe suministrar los nutrientes en el momento preciso que el cultivo los necesita. Esto es de gran relevancia para los nutrientes móviles como el nitrógeno, que pueden ser fácilmente lixiviados del perfil del suelo, si no es absorbido por las raíces de las plantas.

En los casos de aplicación de urea y de fosfato diamónico, las pérdidas pueden darse a través de la emisión de amoníaco en el aire. Ambos fertilizantes deben ser incorporados en el suelo inmediatamente después de la aplicación, si no hay una lluvia inmediata o riego para incorporarlos en el suelo. Es de importancia particular en los suelos alcalinos/calcáreos (FAO, 2002).

Cuidado extremo: Cuando el fertilizante es aplicado a mano, hay que distribuir los nutrientes uniformemente y en las dosis exactas. Donde se usa equipo de aplicación de fertilizantes, éste debería ser ajustado a fin de asegurar un esparcimiento uniforme y en proporciones correctas. El equipo debe ser mantenido en buenas condiciones.

VOLEO

El esparcimiento a voleo del fertilizante (es decir aplicándolo a la superficie de un campo) es usado principalmente en cultivos densos no sembrados en filas o en filas densas (pequeños granos) y en prados. Es también usado cuando los fertilizantes deberían ser incorporados en el suelo después que la aplicación sea efectiva (fertilizantes fosfatados), o para evitar las pérdidas por evaporación de nitrógeno (urea, fosfato diamónico). La incorporación a través de la labranza o arada es también recomendada para aumentar el nivel de fertilidad de la capa arada entera.

Importante: Tomar en cuenta que si el fertilizante es esparcido a voleo a mano o con un equipo de distribución de fertilizante, el esparcimiento debería ser tan uniforme como sea posible.

BANDAS O HILERAS

Cuando la aplicación del fertilizante es localizada (poniendo el fertilizante sólo en lugares seleccionados en el campo), el fertilizante es concentrado en partes específicas del suelo durante la siembra, que puede ser ya sea en bandas o en una franja debajo de la superficie del suelo o al lado de, y debajo de, la semilla.

Este proceso puede ser realizado a mano o por medio de equipos especiales de siembra y/o equipos para la aplicación del fertilizante (*sembradora de semilla y fertilizante*). Es preferible usarlo para cultivos en hileras, que tienen relativamente grandes espacios entre las filas (maíz, algodón y caña de azúcar); o en suelos con una tendencia a la fijación de fosfato y potasio; o donde cantidades relativamente pequeñas de fertilizantes son usadas en suelos con un bajo nivel de fertilidad.

En los lugares en los cuales los cultivos son trabajados a mano y plantados en colinas, el número de gramos de fertilizantes recomendado es ubicado en la hilera o en el hoyo cavado (medido preferiblemente con un tarro o lata), debajo, o al lado de la semilla, y cubierto con tierra.

Cuidado: Que ningún fertilizante sea ubicado demasiado cerca a la semilla o a la plántula para evitar la toxicidad, es decir daño por sal en el sembrado (quemando las raíces).

APLICACIÓN EN COBERTERA

El abono en cobertera (esparciendo el fertilizante a voleo sobre un cultivo en pie) es usado principalmente en cultivos de granos pequeños y grandes y en cultivos tales como forrajes. La aplicación en cobertera es una práctica normal en suelos en los cuales hay necesidad de nitrógeno adicional y en cultivos en los cuales una aplicación simple de la cantidad total de nitrógeno necesario en el momento de la siembra podría llevar a pérdidas a través de la lixiviación, o donde los cultivos muestran una necesidad especial de nitrógeno en ciertas etapas de desarrollo.

APLICACIÓN ENTRE LÍNEAS

Aplicar el fertilizante entre líneas es la práctica de ponerlo al lado de las plantas espaciadas ampliamente en hileras tales como maíz, algodón y caña de azúcar. Los árboles y otros cultivos perennes son también abonados de esta manera.

APLICACIÓN FOLIAR

La aplicación foliar es el método más eficiente de suministro de micronutrientes (pero también de N o NPK en una situación crítica para el cultivo) que son necesarios solamente en pequeñas cantidades.

“Para minimizar el riesgo de quemado de las hojas, la concentración recomendada tiene que ser respetada y propagada preferiblemente en días nublados y en las primeras horas de la mañana o en las últimas del atardecer (para evitar que las gotitas se sequen inmediatamente)”.

3. PRINCIPALES PRODUCTOS PARA FERTILIZACIÓN ORGÁNICA

Los abonos orgánicos son muy variables en sus características físicas y composición química principalmente en el contenido de nutrientes. Son varios los fertilizantes orgánicos que se pueden utilizar.

3.1 TIPOS DE ABONOS ORGÁNICOS

3.1.1 ABONOS VERDES

Toda planta, por insignificante que parezca, capta energía solar y elabora materia orgánica con sus hojas. Sus raíces extraen minerales de las capas profundas de la tierra, éstos se

almacenan en el cuerpo de la planta. Ese conjunto de materiales son fuente de abono si se cortan y se dejan descomponer sobre el suelo, las leguminosas son las más conocidas y utilizadas como abono verde (Picado y Añasco, 2005).

A continuación se presenta en la **Tabla 5** el contenido de algunos nutrimentos de las plantas usadas como abonos verdes (Ruiz, 1996 citado por SAGARPA, 2011).

Tabla 5. Contenido nutricional de algunas especies de leguminosas.

| ESPECIE | CONTENIDO (%) | | | | |
|--|---------------|------|------|------|------|
| | N | P | K | Ca | Mg |
| Cacahuete, <i>Arachis hipogea</i> | 1,72 | 0,15 | 1,38 | 1,23 | 0,49 |
| Chicharo de vaca, <i>Vigna sinensis</i> | 3,10 | 0,35 | 2,26 | 1,40 | 0,45 |
| Fríjol terciopelado, <i>Mucuna deeringiana</i> | 2,49 | 0,13 | 1,40 | 1,17 | 0,27 |
| Guaje, <i>Leucaena glauca</i> | 4,30 | 0,22 | 1,70 | 0,50 | 0,50 |
| Kudzú, <i>Pueraria phaseoloides</i> | 3,68 | 0,29 | 2,14 | 0,41 | 0,41 |
| Lespedeza, <i>Lespedeza estriata</i> | 2,60 | 0,21 | 1,12 | 1,35 | 0,27 |
| Trébol rojo, <i>Trifolium pratense</i> | 3,10 | 0,38 | 2,19 | 2,26 | 0,51 |
| Veza, <i>Vicia sp</i> | 3,32 | 0,32 | 2,32 | 1,18 | 0,25 |

3.2.2 ESTIÉRCOLES DE ANIMALES, UN ABONO NATURAL

Para aprovechar de manera más eficiente los nutrientes que se encuentran en los estiércoles (**Tabla 6**), es conveniente procesarlos en aboneras protegidas de las condiciones ambientales que las puedan afectar. Debe evitarse el estiércol proveniente de animales enfermos, porque sus patógenos pueden afectar la salud humana. Tampoco usar para aboneras el estiércol contaminado con desparasitantes (ivomec, nuván, etc.) o con herbicidas. El estiércol expuesto al sol, la lluvia y el viento, pierde de un 50% a un 60% de su riqueza (Picado y Añasco, 2005).

Tabla 6. Composición típica de estiércol de diferentes especies animales.

| | Estiércol de vacuno | Gallinaza | Estiércol de porcino | Estiércol de ovino |
|----------------|---------------------|-----------|----------------------|--------------------|
| Nitrógeno | 2-8 | 5-8 | 3-5 | 3-5 |
| Fósforo | 0,2-1,0 | 1-2 | 0,5-1,0 | 0,4-0,8 |
| Potasio | 1-3 | 1-2 | 1-2 | 2-3 |
| Magnesio | 1.0-1.5 | 2-3 | 0-0,8 | 0,2 |
| Sodio | 1-3 | 1-2 | 0,05 | 0,05 |
| Sales solubles | 6-15 | 2-5 | 1-2 | 1-2 |

Fuente: Miller y Donahue (1995) citado en Figueroa y Cueto (2011).

3.2.3 COMPOST

La palabra compost significa compuesto. Este abono es el resultado del proceso de descomposición de diferentes clases de materiales orgánicos (restos de cosecha, excrementos de animales y otros residuos), realizado por microorganismos y macroorganismos en presencia de aire (oxígeno y otros gases), lo cual permite obtener como producto el

compost, que es un abono excelente para ser utilizado en la agricultura. Este tipo de abono, requiere de mucha mano de obra para su elaboración, sobretodo porque hay que voltear múltiples veces durante todo el proceso, que dura aproximadamente 3 meses. (Picado y Añasco, 2005).

3.2.4 BOCASHI

El bocashi es un sistema de preparación de abono orgánico de origen japonés que puede requerir no más de 10 ó 15 días para estar listo para su aplicación; sin embargo, es mejor si se aplica después de los 25 días (Picado y Añasco, 2005). Bocashi significa fermento suave (no obstante es un tipo de compost) y se considera provechoso porque sale rápido, utiliza diversos materiales en cantidades adecuadas para obtener un producto equilibrado y se obtiene de un proceso de fermentación.

La elaboración del abono tipo Bocashi se basa en procesos de descomposición aeróbica de los residuos orgánicos y temperaturas controladas, orgánicos a través de poblaciones de microorganismos existentes en los propios residuos, que en condiciones favorables producen un material parcialmente estable de lenta descomposición. La elaboración de este abono fermentado presenta algunas ventajas en comparación con otros abonos orgánicos:

- No se forman gases tóxicos ni malos olores.
- No causa problemas en el almacenamiento y transporte.
- Desactivación de agentes patogénicos, muchos de ellos perjudiciales en los cultivos como causantes de enfermedades.
- El producto se elabora en un periodo relativamente corto (dependiendo del ambiente en 12 a 24 días).
- El producto permite ser utilizado inmediatamente después de la preparación.
- Bajo costo de producción.

3.2.5 LOMBRICULTURA

La lombricultura, conocida como la crianza y manejo de las lombrices de tierra, tiene básicamente la finalidad de obtener dos productos de gran importancia para el hombre; el humus y la harina de lombriz. La lombriz californiana *Eisenia foetida*, es una de las especies más utilizadas en el cultivo intensivo; se puede cultivar en pequeña y en gran escala, bajo techo o a la intemperie con distintos tipos de alimentos y climas.

Los principios de cultivo de la lombriz de tierra, en general, son aplicables a todas las especies; sin embargo, se encuentran diferencias en algunos detalles como el clima y la densidad máxima de población. El uso de lombrices es muy apropiado para acelerar la descomposición de los materiales orgánicos, ya que ellas trabajan día y noche logrando procesar una cantidad igual a su peso por día. Una lombriz promedio pesa un gramo y así no parece gran cosa, pero si se tienen 10.000 lombrices es como estar fabricando 10 kilos por día que en un año equivalen a 3.650 kilos, o sea 3.6 toneladas (Picado y Añasco, 2005).

El abono de lombriz es muy rico en vida microbial, la que es básica para la relación suelo-planta; además las lombrices ayudan a neutralizar el pH del suelo y hacen que los elementos nutritivos se solubilicen. El nitrógeno y el fósforo están siete veces más disponibles, el potasio once veces, el calcio dos veces más disponible y el magnesio seis veces más disponible en el humus de lombriz que en la materia prima (Picado y Añasco, 2005).

3.2.6 ABONOS ORGÁNICOS FOLIARES O BIOFERMENTOS

Estos abonos, a diferencia de los anteriores, son líquidos, requieren mucho menos mano de obra, además se pueden hacer en grandes volúmenes y a su vez, se diluyen para su aplicación en una proporción del 4 al 10%, lo que los hace mucho más baratos. Se obtienen mediante la biofermentación, en un medio líquido, de estiércoles de animales, principalmente vacuno, hojas de plantas y frutas con estimulantes como: leche, suero, melaza, jugo de caña, jugo de frutas o levaduras, dependiendo del tipo de biofermento a elaborar (Picado y Añasco, 2005).

Pueden ser aeróbicos (proceso en presencia de aire) o anaeróbicos (proceso con ausencia de aire). Su aplicación podría hacerse directamente sobre las plantas o sobre los suelos, si éstos tienen cobertura o sobre aboneras. Por el proceso de biofermentación, los abonos orgánicos además de nutrientes aportan vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos y una gran riqueza microbial que contribuye a equilibrar dinámicamente el suelo y la planta, haciéndose ésta resistente a insectos dañinos y a enfermedades (Picado y Añasco, 2005).

4. FERTILIZACIÓN E IMPACTO EN EL AMBIENTE

¿QUÉ IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL USO DE FERTILIZANTES CONOCE?

El incremento en el uso de fertilizantes durante las últimas décadas ha dado origen a procesos de transformación en el ambiente que produjeron alteraciones físico-químicas y biológicas.

En el caso de los *fertilizantes nitrogenados* uno de los problemas ambientales más importante relativo al ciclo del N, es la acumulación de nitratos en el subsuelo que, por lixiviación, pueden incorporarse a las aguas subterráneas o bien ser arrastrados hacia los cauces y reservorios superficiales. En estos medios los nitratos también actúan de fertilizantes de la vegetación acuática, de tal manera que, si se concentran, puede originarse la eutrofización del medio.

En un medio eutrofizado, se produce la proliferación de especies como algas y otras plantas verdes que cubren la superficie. Esto trae como consecuencia un elevado consumo de oxígeno y su reducción en el medio acuático, así mismo dificulta la incidencia

de la radiación solar por debajo de la superficie. Estos dos fenómenos producen una disminución de la capacidad autodepuradora del medio y una merma en la capacidad fotosintética de los organismos acuáticos.

La lixiviación de nitratos hacia el subsuelo puede contaminar los acuíferos subterráneos, creando graves problemas de salud si se consume agua rica en nitratos, debido a su transformación en nitritos por participación de unas bacterias existentes en el estómago y vejiga urinaria. A su vez los nitritos se transforman en ciertos compuestos cancerígenos (Nitrosaminas), que afectan al estómago e hígado.

Los *fertilizantes fosfatados* generan Impactos ambientales relacionados con la aportación de nutrientes, además del fósforo, como el azufre, calcio, magnesio, manganeso y otros; así como sustancias inútiles, desde el punto de vista de la fertilidad, sodio y sílice, aportación de sustancias que mejoran la estructura: cal y yeso, variación del pH del suelo, inmovilización de metales pesados y eutrofización de las aguas.

Los *fertilizantes potásicos* ocasionan salinización de suelos producidos por el aporte de impurezas en forma de cationes y aniones, principalmente los cloruros.

Los efectos secundarios de los *abonos magnésicos*, son de poca importancia. Se debe especialmente evitar que se apliquen grandes cantidades de $MgCl_2$ a las plantas sensibles al cloro.

El *calcio* se utiliza para enmiendas, para mejorar la estructura del suelo, más que como fertilizante y para elevar el pH.

El *azufre* tiene varios efectos: Efecto tóxico del SO_2 sobre las plantas, efecto acidificante del SO_2 en la lluvia ácida. Con lo que se acidifica el suelo, debido fundamentalmente a la liberación de Al^{+++} (soluble hasta $pH < 4,5$) que es un elemento altamente tóxico para las plantas, efectos sobre los suelos que son normalmente deficientes en S, en algunas regiones una alternativa o fuente adicional de la acidez proviene de las minas de carbón y otros minerales que puedan dejar al descubierto cantidades significantes de pirita, que expuesta al aire se oxida y una consecuencia es la liberación de H_2SO_4 en las vías fluviales.

Los *fertilizantes con oligoelementos* a partir de una determinada concentración, una vez superado el rango óptimo, toda cantidad adicional se vuelve tóxica para las plantas incluso llegando a un rango en el que la concentración es letal.

En el caso de fertilizantes orgánicos, el *estiércol líquido*, purines está constituido por orina fermentada de los animales domésticos, mezclada con partículas de excrementos, jugos que fluyen del estiércol y agua de lluvia. Por su importante contenido en sales potásicas el purín es considerado como un abono N-K. Es un abono de efecto rápido, ya que los nutrientes que contiene se encuentran en su mayor parte en forma fácilmente disponible. La aplicación en dosis elevadas de residuos líquidos puede conducir a la salinización del suelo.

¿LA IMPORTANCIA DE LOS FERTILIZANTES EN UNA AGRICULTURA ACTUAL PRODUCTIVA Y SOSTENIBLE?

El reconocimiento de la importante contribución de los fertilizantes en el incremento de las producciones agrícolas, y en consecuencia en la producción de alimentos, fibras e incluso de energía, contrasta severamente con el carácter negativo de las informaciones que se vienen vertiendo actualmente sobre la utilización de fertilizantes en las explotaciones agrarias por parte de amplios sectores de la opinión pública, e incluso desde algunas entidades públicas y privadas.

Se sabe que el hombre comenzó a cultivar las tierras desde hace miles de años, pero la historia de la fertilización se inició cuando los agricultores primitivos descubrieron que determinados suelos dejaban de producir rendimientos aceptables si se cultivaban continuamente, y que al añadir estiércol o residuos vegetales se restauraba la fertilidad. El origen de la industria mundial de fertilizantes se inició a mediados del siglo XIX, periodo en el que se empezaron a comercializar diversos tipos de fertilizantes.

¿POR QUÉ SON NECESARIOS LOS FERTILIZANTES?

El importante incremento de la población mundial en los últimos años viene exigiendo un constante reto a la agricultura para proporcionar un mayor número de alimentos, tanto en cantidad como en calidad. Desde el inicio del siglo XIX, la población mundial se ha incrementado un 550 por cien, habiendo pasado de 1.000 millones a 6.500 millones en la actualidad, con unas previsiones de que se alcancen entre nueve y diez millones de habitantes en el año 2050.

Para alcanzar el reto de poder incrementar la producción agrícola para abastecer el crecimiento de la población, únicamente existen dos factores posibles:

- Aumentar las superficies de cultivo, posibilidad cada vez más limitada sobre todo en los países desarrollados, lo que iría en detrimento de las grandes masas forestales.
- Proporcionar a los suelos fuentes de nutrientes adicionales en formas asimilables por las plantas, para incrementar los rendimientos de los cultivos.

Esta opción es posible mediante la utilización de fertilizantes minerales, con cuya aplicación racional se ha demostrado, en los ensayos de larga duración, el gran efecto que ha tenido en el incremento de los rendimientos de las cosechas, obteniendo a su vez productos con mayor calidad. Los fertilizantes, utilizados de forma racional, contribuyen a reducir la erosión, acelerando la cubierta vegetal del suelo y protegiéndolo de los agentes climáticos.

Los altos niveles de productividad que exige el mercado global, y la carencia natural de nutrientes hace indispensable el uso de los mismos, razón por la cual se debe realizar un uso sustentable de los fertilizantes de modo de minimizar los impactos negativos producidos, tales como la eutrofización de los cuerpos superficiales de agua, degradación

de suelos y contaminación de acuíferos, desarrollando nuevas tecnologías y desarrollando planes de fertilización. Asimismo, la necesidad de obtener actualmente nuevas fuentes de energía abre un nuevo campo para la agricultura, y la aplicación adecuada de fertilizantes debe contribuir a conseguir este objetivo ya que la biomasa es una fuente principal para la obtención de energía renovable.

En definitiva, gracias a los fertilizantes se alcanzan los siguientes retos:

- Asegurar la productividad y calidad nutricional de los cultivos, ofreciendo una seguridad alimenticia e incrementando el contenido de nutrientes de las cosechas.
- Evitar la necesidad de incrementar la superficie agrícola mundial, ya que sin los fertilizantes habría que destinar millones de hectáreas adicionales a la agricultura.
- Conservar el suelo y evitar su degradación y, en definitiva, mejorar la calidad de vida del agricultor y de su entorno.
- Contribuir a la mayor producción de materia prima para la obtención de energías alternativas.

LA APLICACIÓN RACIONAL DE FERTILIZANTES ES BENEFICIOSA PARA EL MEDIO AMBIENTE

Cuando los fertilizantes se utilizan de forma racional, principio intensamente fomentado por la industria de fertilizantes, sus efectos son favorables y esenciales para la fertilidad del suelo, para el rendimiento y calidad de las cosechas, para la salud humana, aportando los elementos esenciales al metabolismo, y el medio ambiente.

En una agricultura moderna, productiva y respetuosa en todas las condiciones medioambientales, no puede cuestionarse una aplicación adecuada de fertilizantes.

A la hora de plantear la fertilización de una explotación es necesario establecer el balance adecuado de nutrientes, analizando las necesidades de la planta, las características del suelo, los restos de la cosecha anterior, el pastoreo, las condiciones agro-climáticas, materia orgánica disponible, deposiciones atmosféricas, etc. Y todo ello para obtener como resultado una dosis óptima de fertilizante mineral que asegure una buena evolución del cultivo. Esta dosis óptima debe asegurar que la planta se nutra adecuadamente, por lo que no habría excesos ni deficiencias de nutrientes en el cultivo y, consecuentemente, se eviten pérdidas por lixiviación y escorrentía.

Los agricultores son cada vez más conscientes de la responsabilidad que tienen en realizar una gestión adecuada de sus explotaciones, viable económicamente y respetuosa con el medio ambiente, tanto en la producción de sus cultivos como en el manejo de su ganadería.

REALIDADES SOBRE LOS FERTILIZANTES

De forma general, se tiende a transmitir a la sociedad, que generalmente desconoce la naturaleza de los abonos inorgánicos, la idea de que la aplicación de fertilizantes conlleva cultivos menos sanos o menos naturales y que su utilización no es necesaria. Este mito debe desecharse, en cuanto que los fertilizantes no agreden al medio ambiente ni a la salud cuando se aplican eficientemente y de forma racional.

En relación con todo lo mencionado, a continuación se enumeran diversas realidades sobre los fertilizantes inorgánicos que pueden ser de interés:

- Los fertilizantes son necesarios y gracias en parte a ellos se obtienen grandes beneficios para la producción alimenticia y la obtención de energías renovables. Sin los fertilizantes se tendrían que cultivar millones de hectáreas adicionales a nivel mundial para poder alimentar a una población en constante crecimiento.
- Los fertilizantes contienen nutrientes de origen natural, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio, que provienen de la propia naturaleza y por tanto no son obtenidos por el hombre. Estos nutrientes son exactamente los mismos que los incluidos en los abonos orgánicos, pero en formas que pueden ser asimiladas por las plantas, lo que sucedería también de forma natural pero en un periodo mayor de tiempo. El origen de los nutrientes que permiten a la planta producir alimentos de calidad es irrelevante, obteniendo las plantas los nutrientes siempre de la misma forma, independientemente del origen primario de los mismos.
- Es necesario aportar nutrientes a los cultivos en forma fácilmente asimilable y de manera equilibrada, lo que se consigue con los fertilizantes minerales propiamente dichos ya que se aportan las cantidades necesarias de nutrientes asimilables en los momentos adecuados.
- No existe ningún soporte ni evidencia científica que demuestre que la agricultura ecológica es nutricionalmente superior a la tradicional, aunque las palabras “natural” y “orgánico” así lo hagan creer a la sociedad. La realidad es que los fertilizantes permiten aportar los nutrientes necesarios a los cultivos y mejorar la calidad de las cosechas.
- El uso eficiente, racional y responsable de los fertilizantes, principio que siempre se ha fomentado desde el sector industrial, no es perjudicial para el medio ambiente, sino, por el contrario, mejora la fertilidad del suelo. Todos los excesos son malos, pero no por ello se debe cuestionar el consumo de un producto que aporta importantes ventajas a la sociedad: una intoxicación de medicamentos puede ser perjudicial para la salud, pero no por ello se cuestiona su consumo ni se fomenta prescindir de ellos.

C Ejercitación

TRABAJO INDIVIDUAL

1. Elaboro un escrito de máximo tres hojas, en el que hago referencia a los siguientes temas tratados en la fundamentación científica:
 - a) Impactos positivos y negativos que se generan en el medio ambiente por el uso de fertilizantes orgánicos e inorgánicos y sus implicaciones en la producción de alimentos.
 - b) ¿Puede la agricultura ecológica superar los rendimientos de agricultura tradicional (con uso de fertilizantes)?
 - c) ¿Cómo plantearías el uso eficiente, racional y responsable de los fertilizantes?

EN PLENARIA

2. Socializamos los escritos, comparamos puntos convergentes y divergentes, unificamos criterios e ideas y solicitamos al profesor aclare inquietudes o profundice en el tema si es necesario.

D Aplicación



TRABAJO EN EQUIPO

1. Realizamos las siguientes prácticas, teniendo en cuenta los pasos que se relacionan, documentamos la experiencia.

Práctica 1.

Aplicación de fertilizantes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*).

Objetivo.

Aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos en la unidad a través de la verificación cuantitativa del efecto con y sin la aplicación de fertilizantes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa*) utilizando la técnica de cultivos hidropónicos.

¿QUÉ SON LOS CULTIVOS HIDROPÓNICOS?

Es una técnica de producción agrícola en la que se cultiva sin suelo y donde los elementos nutritivos son entregados en una solución líquida.

Paso 1.

Preparamos adecuadamente un semillero o germinador para la obtención de plántulas de lechuga.

Paso 2.

Preparación de la solución nutritiva.

La **solución concentrada A**, aporta a las plantas los elementos nutritivos que ellas consumen en mayor proporción o cantidad. **La solución concentrada B**, aporta en cambio, los elementos nutritivos que son requeridos en menor cantidad o proporción, pero que son esenciales para que las plantas logren desarrollar en forma normal los procesos fisiológicos que la harán crecer bien y producir hermosos frutos y abundantes cosechas.

a) Procedimiento para la preparación de 10 litros de la **solución concentrada A**

1. Pesar en la balanza
340 g de fosfato mono amónico
2.080 g de nitrato de calcio
1.100 g de nitrato de potasio



2. Medir y verter 6 litros de agua en un balde de 10 litros de capacidad.



3. Vaciar los elementos ya pesados siguiendo el orden anotado.



4. Disolver usando el agitador hasta que esté completamente disuelto el primer elemento.



5. Verter el segundo elemento, disolviendo completamente como el anterior.



6. Por último verter el tercer elemento agitando para lograr una disolución total de todos los elementos.



7. Completar con agua hasta alcanzar los 10 litros y agitar durante 10 minutos hasta que no queden residuos sólidos.



8. Verter el contenido de la mezcla en un envase de vidrio o plástico, etiquetar y guardar en un lugar fresco.



b) Preparación de 4 litros de **solución concentrada B**

1. Pesar en la balanza por separado y siguiendo el orden:

492 g de sulfato de magnesio
0,48 g de sulfato de cobre
2,48 g de sulfato de manganeso
1,20 g de sulfato de zinc
6,20 g de ácido bórico
0,02 g de molibdato de amonio
50 g de quelato de hierro

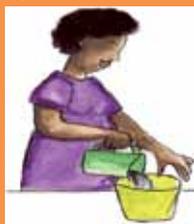
Se colocarán las sales minerales pesadas en bolsas de plástico o de papel.



2. Medir 2 litros de agua y los vertemos en un recipiente plástico.



3. Vaciar el recipiente con agua uno a uno los elementos ya pesados, siguiendo el orden en que se pesaron disolviendo cada uno.



4. Disolver por lo menos 10 minutos más hasta que no queden residuos sólidos de los componentes.



5. Completar al volumen de agua hasta los 4 litros y agitamos. Nuevamente para disolver la solución en forma uniforme.



6. Vaciar el contenido de la solución a un envase de vidrio o plástico, etiquetamos y guardamos en un lugar fresco.



Paso 3.

Tenemos listas las **soluciones concentradas A y B**. Ahora la aplicación de la solución nutritiva al cultivo.



Ensayo.

a). Sistema de raíz flotante aplicado a la siembra de la lechuga.

| | | |
|--|--|---|
| <p>1. Nivelar el contenedor.</p> | <p>2. De acuerdo con la capacidad del contenedor coloca los litros de agua. Ejemplo: un contenedor tiene:</p> <p>Largo: 1,5 m. Ancho: 1,0 m. Altura: 0,1 m. $1,5 \times 1,0 \times 0,1 = 0,15 \text{ m}^3$ $0,15 \times 1.000 = 150 \text{ litros}$</p> | <p>3. Colocar la plancha perforada, tipo balsa, en el contenedor.</p> |
| <p>4. Cortar la esponja en cubitos de 3 cm y luego hacer corte en la mitad.</p> | <p>5. Colocar las esponjas en un recipiente con agua limpia.</p> | <p>6. Desprender las plantas de almácigo sin dañar sus raíces.</p> |
| <p>7. Lavar las raíces en agua. Sostener la planta por el tallo sin dañar las raíces y agitarlas en el agua desprendiendo los residuos de sustrato.</p> | <p>8. Quitar las hojas primarias con cuidado y colocar las plantas en la esponja.</p> | <p>9. Colocar las plantas en la plancha de Plumavit cuidando que las raíces queden rectas y en contacto con el agua.</p> |

10. Levantar la plancha de Plumavit a fin de revisar que las raíces estén bien colocadas.



11. Colocar el nutriente. Primero coloco el nutriente mayor y luego el nutriente menor según la cantidad de agua.



12. Agitar manualmente el agua formando burbujas para oxigenar y redistribuir los nutrientes por lo menos 3 veces al día incluyendo los fines de semana.



Variaciones del ensayo

- a) Aplicación de la solución nutritiva al 50% de su concentración en el cultivo de lechugas.
- b) Aplicación de la solución nutritiva al 100% de su concentración en el cultivo de lechugas.

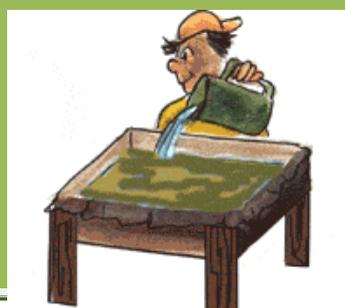
Ensayo.

b). Cultivo de lechuga en sustrato con y sin fertilización⁶.

1. Para sembrar directamente o transplantar se empieza ubicando el contenedor, dándole la pendiente necesaria para el drenaje.



2. Humedecer uniformemente el sustrato con agua limpia y remover.



3. Llenar el contenedor con el sustrato hasta una altura de 2 centímetros por debajo del borde.



4. Retirar las partículas muy grandes y nivelar.



5. Desprender las plantas de la almáciguera y transplantar de acuerdo a las distancias recomendadas. Hacer un hoyo y colocar la planta cuidando que sus raíces estén rectas.



6. Preparación del nutriente. En un litro de agua ponga 5 cc de solución concentrada A y 2 cc de solución concentrada B.



⁶ Para mayor información acerca del cultivo hidropónico consultar a: http://www.ceibal.edu.uy/contenidos/areas_conocimiento/cs_sociales/fao/hidroponia.pdf

Variaciones del ensayo

- a) Sin la aplicación de fertilizantes.
- b) Con la aplicación de fertilizantes (solución nutritiva)

Reporte de resultados del Ensayo a): Sistema de raíz flotante aplicado a la siembra de la lechuga.

2. En la siguiente tabla colocamos los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos aplicados: número de hojas, altura de las hojas, longitud de las raíces y peso de la materia verde de 17 lechugas. Así mismo, interpretamos y explicamos a que se debe la diferencia de resultados.

| RESULTADOS: | | Interpretación: |
|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| 50% de concentración de nutriente | 100% de concentración de nutrientes | |
| | | |

Reporte de resultados de Ensayo b): Cultivo de lechuga en sustrato con y sin fertilización

3. Colocamos en la siguiente tabla los resultados obtenidos de cada uno de los tratamientos aplicados: número de hojas, altura de las hojas, longitud de las raíces y peso de la materia verde de 17 lechugas. Así mismo, interpretamos y explicamos a que se debe la diferencia de resultados.

| RESULTADOS: | | Interpretación: |
|-------------------|-------------------|-----------------|
| Sin fertilización | Con fertilización | |
| | | |

4. Presentamos nuestro trabajo al profesor, para que valore nuestros aprendizajes.

E *Complementación*

TRABAJO INDIVIDUAL

1. Ubico en Internet el siguiente link :
<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/gepnms.pdf> para descargar el documento denominado Guía para el manejo eficiente de la nutrición de las plantas. FAO/ Septiembre 2011.
2. Leo el documento para ampliar las comprensiones sobre el manejo eficiente de la nutrición de plantas y con base a los conocimientos adquiridos de la presente unidad elaboro un plan de manejo nutricional para un cultivo de mi elección.

BIBLIOGRAFÍA

[http://alacima.uprrp.edu/alfa/materiales%20curriculares/Desarrollo%20Profesional/Ciencia/COMPOSTA/Los%20Macronutrientes%20y%20Micronutrientes%20en%20el%20tejido%20vegetal%20\(GE\).doc/](http://alacima.uprrp.edu/alfa/materiales%20curriculares/Desarrollo%20Profesional/Ciencia/COMPOSTA/Los%20Macronutrientes%20y%20Micronutrientes%20en%20el%20tejido%20vegetal%20(GE).doc/) para descargar el documento denominado Los macronutrientes y micronutrientes en el tejido vegetal, Baerga C/ Septiembre 2011.

FAO - (2002). *Los fertilizantes y su uso*. (77 pp). Roma-Italia. Cuarta Edición.

GUTIÉRREZ (1997). Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. *Agronomía Costarricense* 21(1): 127-137.

<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/> para descargar el documento denominado Fisiología Vegetal, Hernández R. Septiembre de 2011.

KYRBY E. y RÓMBELD V. (2007). *Micronutrientes en la fisiología de las plantas: funciones, absorción y movilidad*.

PIAGGESI A. (2004). *Los microelementos en la nutrición vegetal* (10-57 pp). VALAGRO Spa. Italia.

PICADO, J. y AÑASCO, A. (2005). *Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos*: Costa Rica. Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense – CEDECO.

RAMOS F. (2011). *Nutrición vegetal*. Universidad Autónoma de Aguascalientes. Disponible en línea: <http://fernandoramos.net/nutricion/manual.pdf>

Uso sustentable del suelo y abonos orgánicos. Figueroa, U. y Cueto A. (Salazar E., Fortis M., Vázquez A. y Vázquez C.). (2011), *Abonos orgánicos y plasticultura* (3): México. Sociedad Mexicana de la ciencia del suelo.

Secretaría de la Agricultura Ganadera, Desarrollo Rural y Pesca y Alimentación SAGARPA. (2011). *Abonos orgánicos*: México.

UNIDAD 2

ASPECTOS BÁSICOS DEL MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Explicar alternativas de control fitosanitario y el manejo seguro de los pesticidas.

COMPETENCIA ESPECÍFICA

- Identificar productos empleados para el control de plagas y enfermedades en los sistemas de producción vegetal.



Fuente: Calle (2009)

A Vivencias

A consecuencia del crecimiento de la población a nivel mundial paralelamente surgió la demanda alimenticia. Razón por la cual, con la revolución verde se promovió un aumento de la producción agrícola, a través de la implementación de paquetes tecnológicos para los cultivos a gran escala. Los mismos, que sí, bien han logrado un incremento de la producción en su momento también, han provocado varios problemas en cuanto, a la resistencia de enfermedades y plagas debido a la utilización de plaguicidas de origen químico de manera excesiva y sin previa asistencia técnica, en vez de resolver el problema han producido fuertes daños a la productividad de la agricultura, al ser humano y a la naturaleza. Sin importar los costos socio-ambientales que ocasionaría.

Desde el punto de vista preventivo y remedial, el uso de los plaguicidas es uno de los métodos efectivos para el control de plagas, ya que producen beneficios a corto plazo. Sin embargo, este método aplicado indiscriminadamente o por su efecto acumulativo provoca diversos impactos tales como desbalance ecológico, contaminación ambiental, intoxicaciones y daños severos a la salud humana. Por ello es muy importante que estos productos fitosanitarios independientemente del nivel de toxicidad deban ser empleados con manejo adecuado para minimizar cualquier posible daño antes y durante su aplicación.

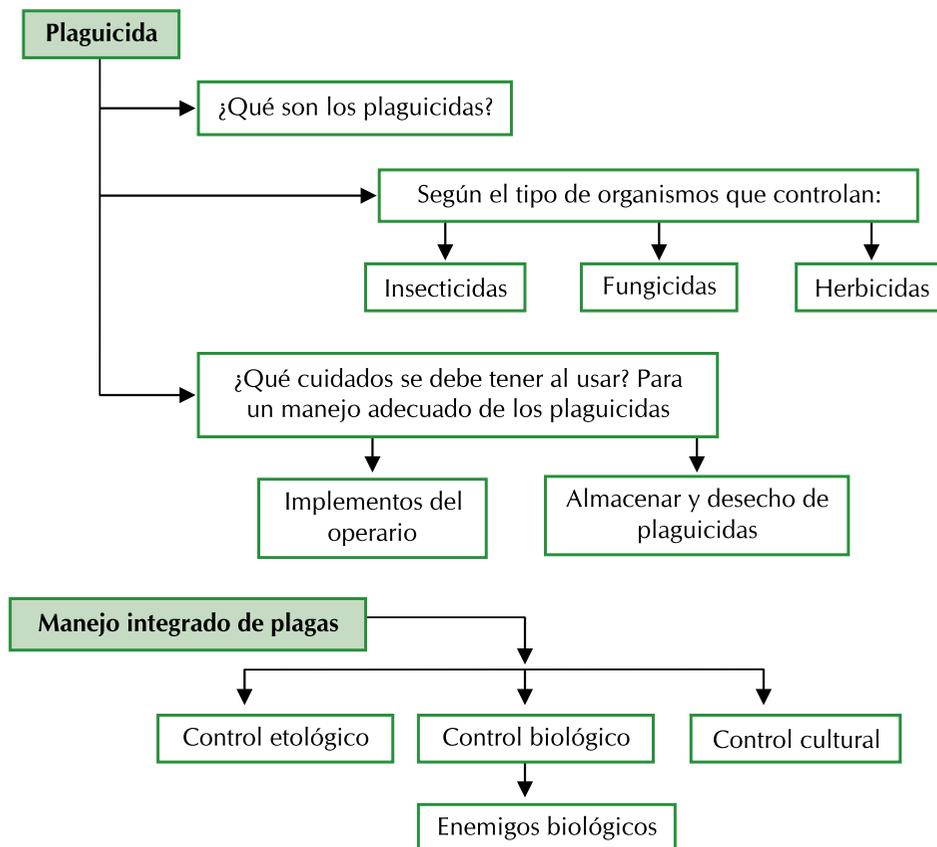
Actualmente se están desarrollando alternativas menos dañinas, aprovechando las defensas naturales de los organismos y reorganizando completamente las técnicas de cultivo tradicional a través del manejo integrado de plagas (MIP) con previo conocimiento del umbral de daño económico.

TRABAJO EN EQUIPO

1. Nos organizamos en equipos de trabajo, asignamos los roles de líder, ayudante, administrador del tiempo, relator, comunicador.
2. Damos respuesta por escrito a los siguientes interrogantes:
 - a. ¿Qué productos cultivamos en nuestras fincas?
 - b. ¿Utilizamos plaguicidas durante la producción?
 - c. ¿Qué tipos de plaguicidas usamos?
 - d. ¿Nos fijamos en el color de la etiqueta de los plaguicidas?
 - e. ¿Utilizamos implementos y/o accesorios adecuados para la aplicación de plaguicidas?
 - f. ¿Conocemos o hemos escuchado hablar acerca del manejo integrado de plagas?

EN PLENARIA

1. Socializamos nuestro trabajo con el resto del grupo.
2. Solicitamos al profesor que con la participación de los estudiantes elaboremos un diagrama de flujo de la información recabada, bajo el siguiente esquema modelo:



3. Pedimos al profesor que valore el trabajo realizado.

B *Fundamentación Científica*

TRABAJO EN EQUIPO

1. Solicitamos al (el) comunicador (a) lea en voz alta la siguiente fundamentación científica.
2. Elaboramos un esquema resumen en el que plasmemos los datos más relevantes de cada tema y subtema.
3. Socializamos con el profesor el resumen realizado, solicitamos nos aclare dudas de ser necesario.

1. INTRODUCCIÓN

Con la expansión de la frontera agrícola principalmente del monocultivo se propició, además, del aumento de la producción, el incremento de las poblaciones de organismos oportunistas los cuales más adelante se convirtieron en plagas, debido a la alta disponibilidad de recursos alimenticios con lo que se ocasionó un incremento de la densidad a niveles anormales. Bajo otras condiciones no representaría un elevado daño económico a la productividad. Ante esta necesidad, con la industrialización surgieron grandes productores de plaguicidas para controlar químicamente las plagas favoreciendo su fabricación y consumo a escala mundial buscando que estos sean lo más efectivos y selectivos con las plagas pero menos tóxicos al ser humano.

Sin embargo, al paso de algunos años se han hecho evidentes los efectos indeseables de los plaguicidas sobre la salud del ser humano y sobre el medio ambiente. Independientemente de sus beneficios, es evidente que los plaguicidas son sustancias químicas deliberadamente tóxicas, creadas para interferir algún sistema biológico en particular y que carecen de selectividad real (Organización Mundial de la Salud, 1993). Actualmente uno de los mayores retos es buscar medidas preventivas o un control integrado de plagas que no generen alto impacto negativo para el medio ambiente.

1.1 ¿QUÉ ES UNA PLAGA?

En la naturaleza, debido a las interacciones inter e intra-específicas entre los organismos y microorganismos ya sean de origen animal o vegetal, a lo del tiempo, por presión de selección y evolución han desarrollado mecanismos de supervivencia y reproducción y que además de alguna manera se ha dado un cierto equilibrio entre ellos. Sin embargo, por la disponibilidad de recursos alimenticios, refugio, estacionalidad entre otros se puede presentar un incremento en la abundancia y/o densidad poblacional; y por los diferentes tipos de interacciones en condiciones naturales pueden ser controlados y no afectar en un mayor grado por lo tanto en la naturaleza no existirían plagas ya que ningún organismo es plaga *per se*.

Se considera **plaga** cuando un animal o una planta o un microorganismo aumenta su densidad poblacional hasta niveles anormales y como consecuencia de ello, afecta directa o indirectamente al hombre ya sea que perjudique en la salud (vectores para la propagación de enfermedades), dañe sus construcciones o bienes, predios agrícolas, forestales o ganaderos. El término plaga es un término artificial. Debido a que un animal y/o vegetal (enfermedades o malezas) que se convierte en plaga cuando aumenta su densidad de tal manera que causa pérdida económica al hombre (Brecht, 2004).

1.2 TIPOS DE PLAGAS

- PLAGA CLAVE

Son plagas que ocurren en forma permanente en altas poblaciones, son persistentes y

muchas veces no pueden ser dominadas por las prácticas de control; si no se aplican medidas de control pueden causar severos daños económicos. Sólo pocas especies adquieren esta categoría dentro de los cultivos, generalmente porque no poseen enemigos naturales eficientes. Sobre esta categoría de plagas se basan las estrategias de control en los cultivos (Brechlt, 2004).

- **PLAGA OCASIONAL**

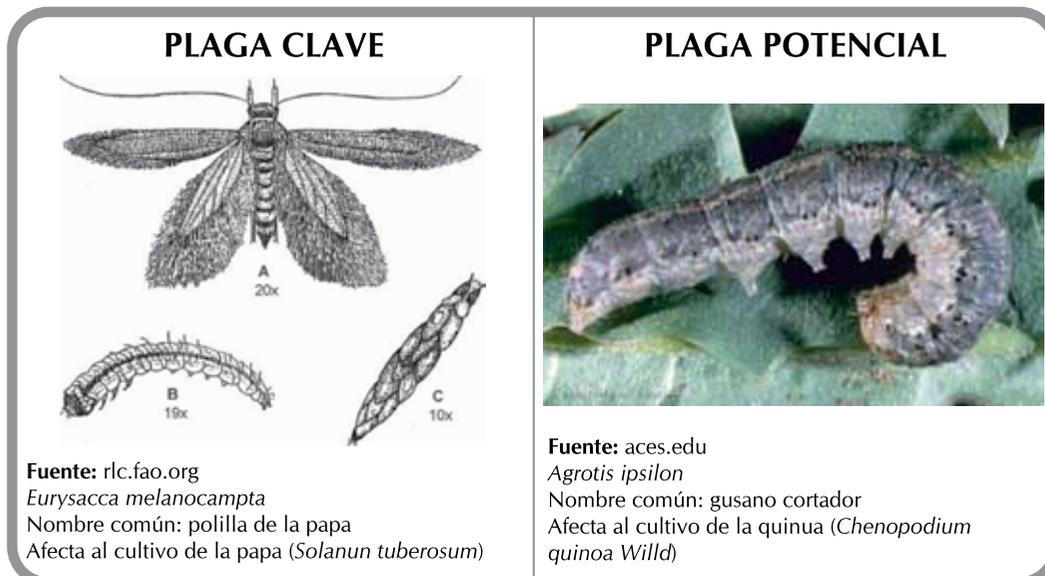
Son especies cuyas poblaciones se presentan en cantidades perjudiciales sólo en ciertas épocas, mientras que en otros períodos carecen de importancia económica. El incremento poblacional por lo general está relacionado con cambios climáticos o desequilibrios causados por el hombre (Brechlt, 2004). Este tipo de plagas se presentan de vez en cuando se establece en el cultivo. Sin embargo, cuando se presenta es capaz de causar daño económico de consideración (Proyecto Alianzas Rurales, 2009).

- **PLAGA POTENCIAL**

La gran mayoría de especies que ocurren dentro de un cultivo, tienen poblaciones bajas sin afectar la cantidad y calidad de las cosechas. Pero, si por alguna circunstancia, desaparecieran los factores de control natural, estas plagas potenciales pueden pasar a las categorías anteriores, por lo que no ocasionarían un daño económico. También, sí hay una aplicación exagerada de insecticidas que matan controladores benéficos y los monocultivos entre otras actividades pueden causar este cambio Brechlt (2004) y Proyecto Alianzas Rurales (2009).

- **PLAGAS MIGRANTES**

Son especies de insectos no residentes en los campos cultivados, pero que pueden llegar a ellos periódicamente debido a sus hábitos migratorios causando severos daños así por ejemplo: migraciones de las langostas (Brechlt, 2004). A continuación mencionaremos algunos ejemplos de acuerdo al tipo de plaga y daño que ocasionan (Figura 1).



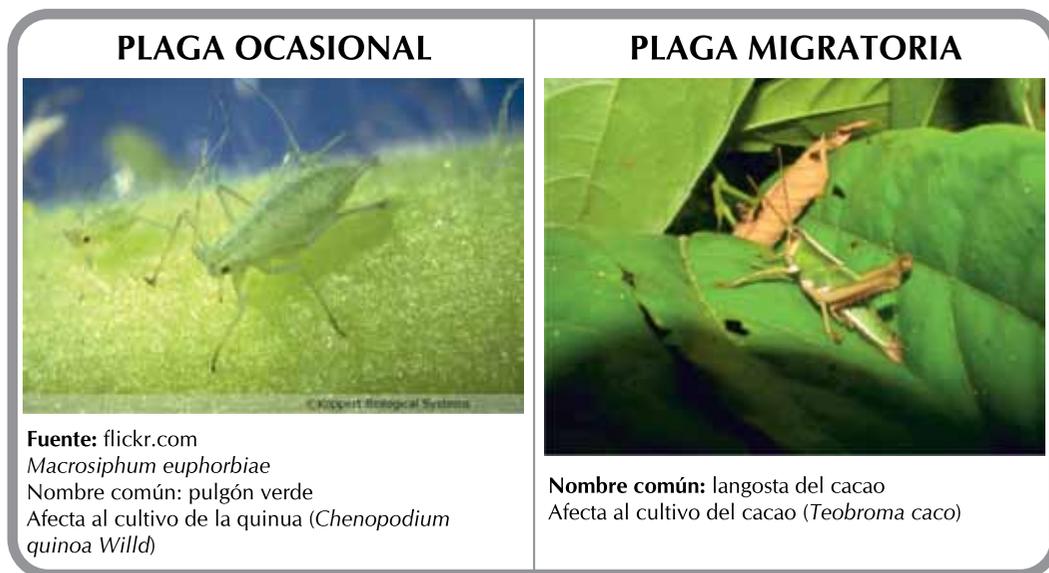


Figura 1. Tipos de plagas que afectan a diferentes cultivos.
 Fuente: Proyecto de Alianzas Rurales (2009).

1.3 ¿CUÁN GRANDE ES LA POBLACIÓN DE LA PLAGA?

El propósito esencial de estimar cuán grande es la población de la plaga es diferenciar entre una **población económicamente dañina** y una **económicamente no dañina**. No existe ningún cultivo que esté completamente libre de plagas. Sin embargo, deben haber suficientes individuos plagas presentes para que valga la pena realizar acciones contra ellos.

Cualquier medida de control, aunque sea simple, incurrirá en costos en términos de dinero y tiempo. De alguna manera, ya sea sistemáticamente o de manera más informal una vez que se haya adquirido experiencia, un productor necesita estimar continuamente cuánta plaga existe en el ambiente productivo a través de un proceso de observación o muestreo. Su sistema de exploración podría consistir de un proceso recetado de contar individuos, o anotar la evidencia del daño que hayan causado, calculando un porcentaje o número total en una hoja y comparando el estimado de densidad de la plaga con un Nivel de Daño Económico (NDE), o tamaño de la población a que se vuelve económicamente dañino (Gladstone y Hruska, 2003).

El **NDE** habrá sido previamente determinado por investigadores en estudios que relacionan pérdidas en rendimiento y el tamaño de la población de la plaga. **Si la población de la plaga está por encima del NDE, lo más probable es que resulte una pérdida económica** y el productor debe intervenir.

El tamaño de una población plaga también puede ser calculado y comparado con el NDE, pero entonces el productor puede modificar su decisión acerca de intervenir de acuerdo a los patrones observados en otros factores bióticos y abióticos. Si la planta se encuentra sufriendo debido a una sequía, el agricultor puede decidir intervenir cuando

se detecte una población más pequeña. Si la plaga está a punto de cambiar de etapa de vida y dejar en paz al cultivo o ha sufrido una metamorfosis que la lleva más allá de la fase dañina de su historia de vida, puede no necesitar intervenir aún si el tamaño de la población es grande (Gladstone y Hruska, 2003).

Si va a llover el día que la muestra es tomada, se puede tolerar una gran población si la lluvia controla en parte esa especie de plaga. Es necesario tomar en cuenta la evidencia de que una población de enemigos naturales está en aumento. Las mejores decisiones, que incorporan estos tipos de observaciones junto a un buen estimado del tamaño de la población, son posibles solamente si el productor posee un buen conocimiento de la biología de la plaga y de sus interacciones con el medio ambiente, incluyendo su planta hospedera.

2. ¿QUÉ ES UN PLAGUICIDA?

Según la (FAO) de las Naciones Unidas establece que un plaguicida «es la sustancia o mezcla de ellas, destinada a prevenir, destruir o controlar plagas, incluyendo los vectores de enfermedad humana o animal; las especies no deseadas de plantas o animales que ocasionan un daño duradero u otras que interfieren con la producción, procesamiento, almacenamiento, transporte y comercialización de alimentos; los artículos agrícolas de consumo, la madera y sus productos, el forraje para animales o los productos que pueden administrarse para el control de insectos, arácnidos u otras plagas corporales» (Ramírez y Lacasaña, 2001).

Algunos de los plaguicidas tienen efecto sobre ciertas plagas, pero son ineficaces contra otras. También, éstos varían en su modo de acción, en la forma en que se aplican, en la toxicidad. Todos estos datos aparecen en la etiqueta y es importante que antes de usarlo previamente hay que leer las instrucciones para prevenir accidentes.

Las consultas por exposición/intoxicación a plaguicidas constituyen el 14% del total de las consultas a los Centros de Información, Asesoramiento y Asistencia Toxicológica, de las cuales aproximadamente el 50% corresponden a niños de 0 a 9 años. Del total de las consultas por plaguicidas, un 30% están relacionadas con piretroides y piretrinas, un 24% con organofosforados y un 14% por derivados cumarínicos (Tolcachier, 2011).

2.1 PRECAUCIONES BÁSICAS DE LOS PLAGUICIDAS

La elección del producto fitosanitario o plaguicida está dada por la adversidad, la performance y el costo. Además de estos criterios se debe considerar el **riesgo** asociado al uso ya que está relacionado con la **toxicidad** y **nivel de exposición** y a la hora de evaluar la toxicidad hay que considerar:

- Peligros asociados al tipo de formulación: los polvos pueden ser fácilmente inhalados y los concentrados emulsionables absorbidos por la piel.
- Concentración del formulado: los concentrados son más tóxicos que las diluciones del mismo producto.
- ¿Cuál es la Clase toxicológica?
- ¿Es un producto de uso restringido?
- ¿Cuáles son los efectos agudos?

Cada producto posee sus respectivas **hojas de seguridad**, en la que se encuentra información acerca de: toxicidad aguda (inmediata) a la exposición del fitosanitario, sobre irritación dermal, ocular y respiratoria. Los equipos de seguridad personal y los problemas de salud relacionados con la exposición crónica.

Para los países de la Región Andina se siguen los lineamientos establecidos en el Manual Técnico Andino para el Registro y Control de Plaguicidas Químicos de Uso Agrícola publicado por la Secretaría de la Comunidad Andina en junio de 2002.

2.2 ETIQUETA Y CONTENIDO DE LOS PLAGUICIDAS

La etiqueta es la información que está impresa y fija en el envase de los plaguicidas. Este documento es muy valioso porque contiene todos los datos que el usuario necesita saber para aplicar correctamente los plaguicidas.

O’Farrill (2004) señala que el contenido de la etiqueta de los plaguicidas está regulado por la Agencia Federal de Protección Ambiental (EPA siglas en inglés). Los datos más importantes que deben contener son:

- **NOMBRE COMERCIAL O MARCA**

Cada fabricante identifica sus plaguicidas con una marca o nombre comercial. El nombre comercial de cada plaguicida aparece bien claro en la parte frontal de la etiqueta. En muchas ocasiones el nombre comercial indica el tipo de formulación y el por ciento de ingrediente activo.

- **LISTA DE INGREDIENTES**

Es requisito que la etiqueta indique con claridad el nombre común o químico del **ingrediente activo** que contiene el plaguicida. El ingrediente activo es el componente que lleva a cabo la acción de matar, repeler o destruir las plagas. Es requisito, además, que la etiqueta especifique el porcentaje de los ingredientes activos e inertes. No es requisito mencionar los nombres de los ingredientes inertes. Así por ejemplo:

Ingredientes Activos:

| | |
|--------------------------|-----|
| Carbaryl..... | 5% |
| Ingrediente inertes..... | 95% |

- **NOMBRE COMÚN**

Es corto y fácil de recordar. Se le asigna a los ingredientes activos o plaguicidas que tienen nombres químicos muy complicados. Generalmente, en la lista de ingredientes activos el nombre común va seguido por el químico. En el mercado existen plaguicidas diferentes con el mismo ingrediente activo. Antes de comprar o usar estos plaguicidas lea detenidamente la etiqueta, puesto que a pesar de tener un mismo ingrediente activo los usos permitidos o las dosis pueden ser diferentes.

Hay plaguicidas con diferente nombre comercial pero tienen la misma sustancia o ingrediente activo y combaten la misma plaga.

- **TIPO DE PLAGUICIDA**

El contenido neto indica la cantidad exacta que contiene el envase. Puede expresarse en galones, pintas, cuartillos, onzas, fluidas, libras u otras unidades.

- **CATEGORÍA DE TOXICOLOGÍA DE LOS PLAGUICIDAS**

Nos indican cuán peligrosos son para los seres humanos. Un producto químico que aparece con banda roja, amarilla, azul y verde son considerados como extremadamente peligrosos, altamente peligrosos, moderadamente peligrosos y ligeramente peligrosos respectivamente. En el caso, del color de la banda verde puede causar efectos graves cuando su uso es prolongado y no se cumplen las indicaciones recomendadas por ello no debe ser considerado como totalmente seguro (**Figura 2**).

| Categoría toxicológica | Símbolo | Color, Frase de advertencia |
|---|---|-----------------------------|
| Ia/1 Extremadamente peligroso |  | MUY TÓXICO |
| Ib/2 Altamente peligroso |  | MUY TÓXICO |
| II/3 Moderadamente peligroso |  | DAÑINO |
| III/4 Ligeramente peligroso | | CUIDADO |
| III/5* | | |

* Apparentemente no representan peligrosidad en condiciones normales de uso

Figura 2. Categoría toxicológica de los plaguicidas.

- **PALABRAS CLAVE O SÍMBOLOS**

Toda etiqueta contiene una palabra clave a indicar cuan peligrosos es ese plaguicida a los humanos. La palabra clave aparece en letras grandes en la parte frontal de la etiqueta (**Figura 3**).

| PALABRA CLAVE | FIGURA | DESCRIPCIÓN |
|---|---|--|
| <p>Peligro-Veneno "Danger-Poison"</p> |  <p>MUY TÓXICO</p> | <p>I – Altamente tóxico Aparecen en las etiquetas de los plaguicidas que sean altamente tóxicos por cualquier ruta de entrada al cuerpo (piel, boca o nariz). El símbolo universal de veneno, una calavera con dos huesos cruzados, acompaña a estas palabras.</p>  |
| <p>Peligro "Danger"</p> |  | <p>II –tóxico Esta palabra clave aparece en las etiquetas de los plaguicidas que causen daños severos a los ojos o a la piel.</p>  |
| <p>Aviso "Warning"</p> |  | <p>III –Levemente tóxico Aparece en las etiquetas de los plaguicidas moderadamente tóxicos por cualquier ruta de entrada al cuerpo (piel, boca o nariz). También, en aquellos plaguicidas que causan daños moderados a la piel o a los ojos.</p>  |
| <p>Precaución "Caution"</p> |  | <p>IV – Relativamente inocuo Los plaguicidas que contienen esta palabra clave son levemente tóxicos por cualquier ruta de entrada al cuerpo o causan daños muy leves a la piel o a los ojos.</p>  |

Figura 3. Descripción de categorías toxicológicas de los plaguicidas.
Fuente: O'Farrill (2004)

Recuerde que es ilegal usar un plaguicida en un cultivo, animal o lugar que no esté especificado en la etiqueta. También, es ilegal usar una dosis mayor a la especificada en la etiqueta. Use los plaguicidas de acuerdo con las instrucciones que indica en la etiqueta.

2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas se pueden clasificar según:

- El tipo de organismo que se desea controlar:** Insecticidas, acaricidas, fungicidas, herbicidas, nematocidas, molusquicidas, rodenticidas, avicidas.
- Grupo químico del principio activo:** Compuestos organofosforados, compuestos carbamatos, compuestos organoclorados, piretroides, derivados del bupiridilo, triazinas, tiocarbamatos, derivados del ácido fenoxiacético, derivados de la cumarina, derivados del cloronitrofenol, compuestos organomercuriales, entre otros (ver **Tabla 1**).

Tabla 1. Clasificación de los plaguicidas, según la familia química.

| FAMILIA QUÍMICA | EJEMPLOS |
|-----------------------------------|---|
| Organoclorados | DDT, aldrín, endosulfán, endrín. |
| Organofosforados | Bromophos, diclorvos, malatión. |
| Carbamatos | Carbaryl, methomyl, propoxur. |
| Tiocarbamatos | Ditiocarbamato, mancozeb, maneb. |
| Piretroides | Cypermethrin, fenvalerato, permetrín. |
| Derivados bupiridilos | Cloromequat, diquat, paraquat. |
| Derivados del ácido fenoxiacético | Dicloroprop, picram, silvex. |
| Derivados cloronitrofenólicos | DNOC, dinoterb, dinocap. |
| Derivados de triazinas | Atrazine, ametryn, desmetryn, simazine. |
| Compuestos orgánicos del estaño | Cyhexatin, dowco, plictrán. |
| Compuestos inorgánicos | Arsénico pentóxido, obpa, fosfito de magnesio, cloruro de mercurio, arsenato de plomo, bromuro de metilo, antimonio, mercurio, selenio, talio y fósforo blanco. |
| Compuestos de origen botánico | Rotenona, nicotina, aceite de canola. |

- c) **Persistencia al medio ambiente:** Persistentes, poco persistentes, no persistentes.
- d) **Su toxicidad aguda (O.M.S.):** Usualmente la dosis se registra como el valor DL_{50} (Dosis Letal Media) que es la dosis requerida para matar al 50% de la población de animales de prueba y se expresa en términos de mg/kg del peso del cuerpo del animal y de acuerdo al grado de toxicidad aguda que puede ocasionarse vía oral y dérmica se clasifican en:

Tabla 2. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad aguda expresada en DL_{50} (mg/kg).

| CLASE | POR VÍA ORAL | | POR VÍA DÉRMICA | |
|-----------------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
| | SÓLIDOS | LÍQUIDOS | SÓLIDOS | LÍQUIDOS |
| Clase IA – Sumamente tóxico | 5 o menos | 20 o menos | 10 o menos | 40 o menos |
| Clase IB – Muy tóxico | 5 - 50 | 20 - 200 | 10 - 100 | 40 - 400 |
| Clase II | 50 - 500 | 200 - 2.000 | 100 - 1.000 | 400 - 4.000 |
| Clase III | Más de 500 | Más de 2.000 | Más de 1.000 | Más de 4.000 |

Según Ramírez y Lacasaña (2001) la toxicidad se mide a través de la dosis letal media (DL_{50}) o de la concentración letal media (CL_{50}).

Ambos parámetros varían conforme a múltiples factores como la presentación del producto (sólido, gel, líquido, gas, polvo, etc.), la vía de entrada (oral, dérmica, respiratoria), la temperatura, la dieta, la edad, el sexo, etc. Al basarse en la observación de especies animales, es importante señalar que estos indicadores no proporcionan información sobre los efectos crónicos, ni sobre la citotoxicidad de algún compuesto (Organización Mundial de la Salud, 1999).

Tabla 3. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad expresada en DL_{50} .

| CLASE | TOXICIDAD | EJEMPLOS |
|-----------|---------------------------|--------------------|
| Clase IA | Extremadamente peligrosos | Paratión, dieldrín |
| Clase IB | Altamente peligrosos | Eldrín, diclorvos |
| Clase II | Moderadamente peligrosos | DDT, clordan |
| Clase III | Ligeramente peligrosos | Malatión |

Fuente: Ramírez y Lacasaña (2001).

2.4 USO DE LOS PLAGUICIDAS

Se estima que en la actualidad aproximadamente el 85% de los plaguicidas empleados en el mundo se dedica al sector agropecuario. Los países desarrollados tienen pérdidas de cosechas que van desde 10 - 30%, mientras que en países en vías de desarrollo las pérdidas alcanzan cifras entre 40 - 75%. Los siguientes datos revelan cómo se distribuye el uso de los plaguicidas en los diferentes cultivos a nivel mundial:

Tabla 4. Usos de los plaguicidas en los cultivos.

| CULTIVO | PLAGUICIDA |
|--|--|
| Algodón, arroz, frutas y hortalizas | Mayor uso de insecticidas |
| Cereales, soya y caña de azúcar | Demandan el 70% de los herbicidas |
| Árboles frutales, vid y hortalizas | Demandan el 50% de los fungicidas |
| Cereales de grano pequeño (trigo y cebada), maíz, arroz, algodón | El 50% de los productos fitosanitarios |

3. GENERALIDADES DE LOS FUNGICIDAS

Fungicida es un producto químico, que se emplea para la eliminación de hongos o para prevenir o retardar el desarrollo de infecciones por hongos. El principio activo de estos productos ejerce su acción por inhibición del crecimiento o de la reproducción del hongo (Pérez, 2011).

¿QUÉ ES UN HONGO?

Los hongos son organismos eucariotas típicos. Aunque comparten muchas estructuras, las células de los hongos se diferencian de las de las plantas en la composición de la pared celular y en que carecen de cloroplastos y clorofila, y de las humanas en que tienen pared celular y en la presencia de ergosterol en la membrana citoplásmica.

Los hongos constituyen un grupo muy numeroso de organismos (se han descrito aproximadamente 500.000, pero se estima que pueden existir entre 1 y 1,5 millones de especies) que presentan una amplia distribución en la naturaleza, contribuyendo a la descomposición de la materia orgánica y participando en los ciclos biológicos. Un pequeño número son patógenos de animales y planta (Revista Iberoamericana de Micología, 2002).

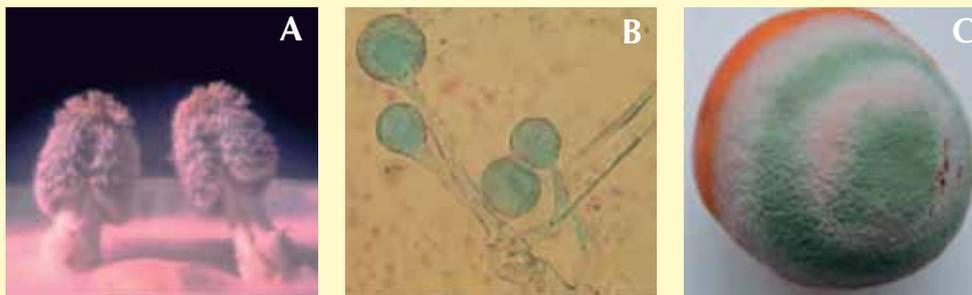


Figura 4. **A)** *Phylum Basidiomycota*. Basidiocarpio de *Coprinus cinereus* en agar patata dextrosa. Reimpreso de Hernández-Molina y García-Martos, 1998, con permiso de la Revista Iberoamericana de Micología. **B)** *Phylum Zygomycota*. Esporangios de *Absidia corymbifera*. Reimpreso de del Palacio et al., 1999, con permiso de la Revista Iberoamericana de Micología. **C)** Crecimiento fúngico sobre una naranja **Fuente:** Revista Iberoamericana de Micología/<http://hongos-alergenicos.reviberoammicol.com/files/001.PDF>.

3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS FUNGICIDAS

A. FUNGICIDAS DE CONTACTO

Los fungicidas de **contacto**, llamados también **protectores**, actúan solamente sobre la superficie de la planta donde el fungicida ha sido depositado y evitan que los esporangios germinen y penetren a las células (**Figura 5A**). Por ello se recomienda cubrir la mayor parte de la planta con este tipo de productos (Pérez, 2011).

B. FUNGICIDAS SISTÉMICOS

Los fungicidas **sistémicos** son absorbidos a través del follaje o de las raíces y se movilizan a toda la planta (**Figura 5B**). Otros productos sistémicos, conocidos como fungicidas translaminares (**Figura 5C**), tienen la capacidad de moverse del lado superior de la hoja al inferior, pero no de hoja a hoja. Los fungicidas sistémicos afectan varias etapas de la vida del hongo (Pérez, 2011).

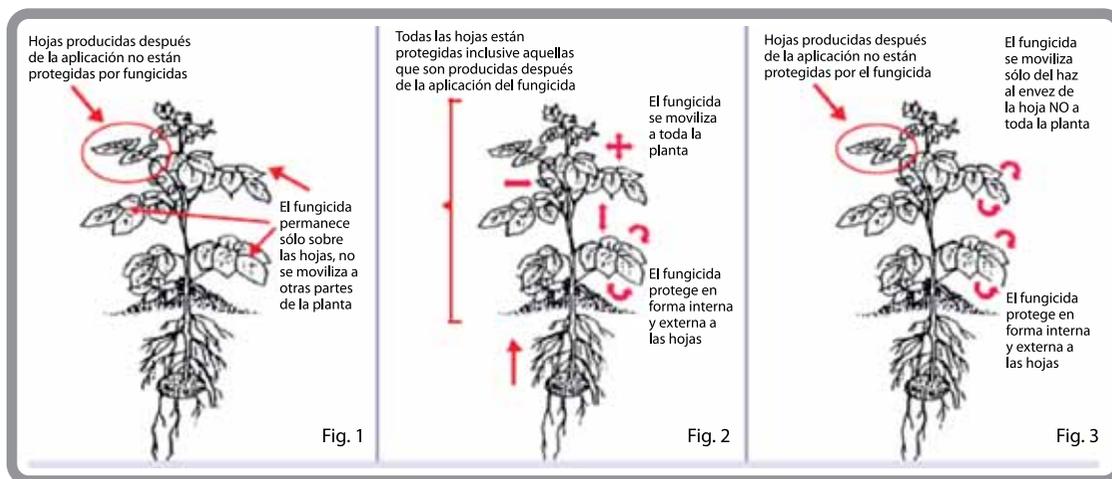


Figura 5. Modo de acción de los fungicidas de contacto y sistémicos.

Fuente: Pérez, W. División de Manejo Integrado de Cultivos. La Molina, Lima - Perú.

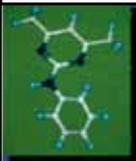
TIPOS DE APLICACIÓN DE LOS FUNGICIDAS

- **Al suelo.** Se aplican a los hongos habitantes del suelo algunos de los géneros de hongos que se encuentran en el suelo son: *Pythium*, *Phytophthora*, *Damping off* y ejemplos de fungicidas que se aplican al suelo están el PCNB, Previcur N, Aliette, Metalaxil.
- **Al follaje.** Son principalmente de carácter erradicante o protector. Por ser la parte preferida de los hongos, se aplican principalmente con equipo terrestre y aéreo. Algunos ejemplos son el Bromuro de metilo, Vapam y el Captan.
- **A la semilla.** Estos fungicidas tienen como finalidad eliminar el patógeno localizado en la semilla externamente. Constituyen ejemplos el PCNB, Raxil Thiram, Metalaxil.
- **A la cosecha.** Dirigidos a enfermedades en post-cosecha. Constituyen ejemplos el Benomyl y Tecto (Orozco, 2008).

MODO DE ACCIÓN DE LOS FUNGICIDAS A NIVEL PATÓGENO

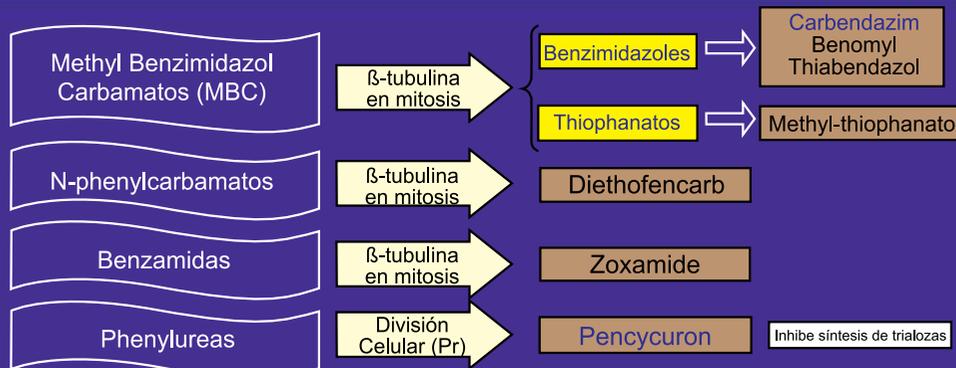
A continuación se muestran cómo actúan los diferentes tipos de fungicidas para la eliminación del hongo-patógeno a nivel celular (Orozco, 2008).

| MODO DE ACCIÓN DEL FUNGICIDA | TIPO DE FUNGICIDA |
|--|--|
| <p>Síntesis de ácidos nucleicos</p>  | <p>Phenylamidas Acylalaninas Benalaxyl Metalaxyl (mefenoxam) Oxazolidinones Oxadixyl Heteroaromáticos Isoxazoles Hymexazoles Ácidos carboxílicos Ácido oxolínico</p> |
| <p>Mitosis y división celular</p>  | <p>Benzimidazoles Benomyl Carbendazim Thiabendazole Thiophanatos Thiophanate Methyl thiophanate Phenylcarbamatos Diethofencarb Benzamidas Zoxamide Phenylureas Pencycuron</p> |

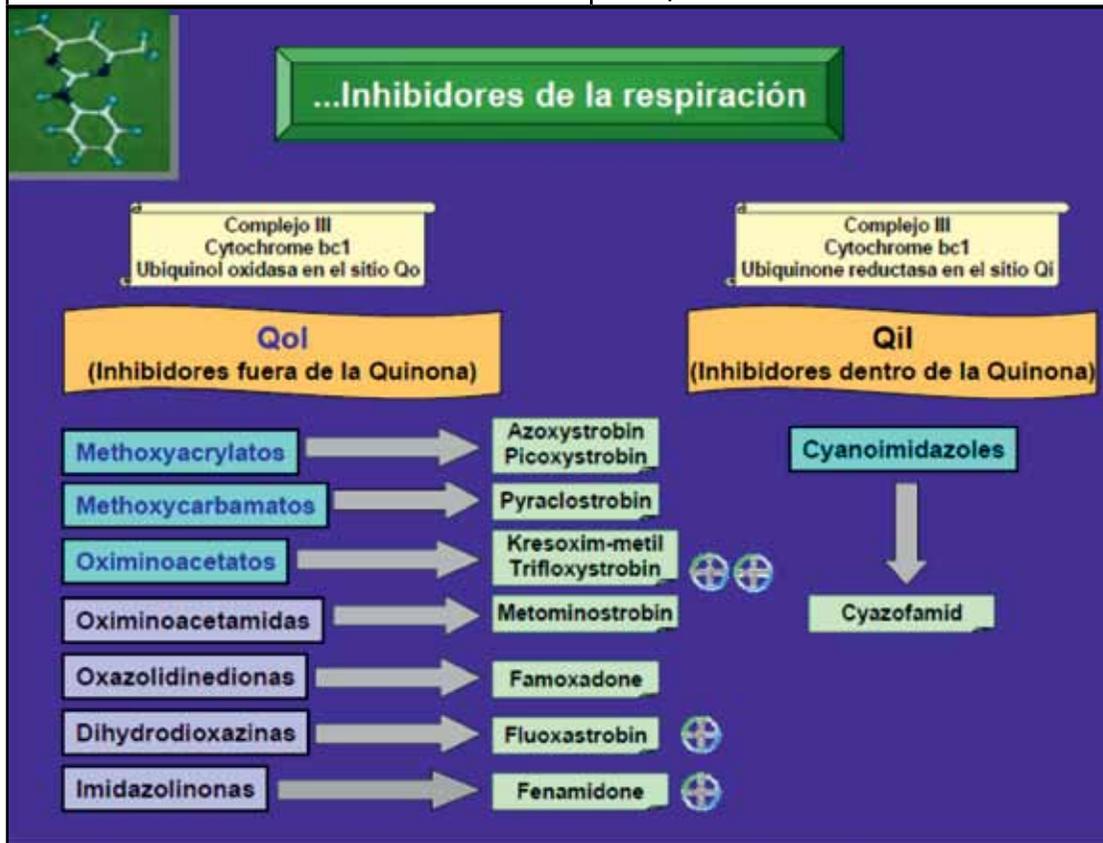


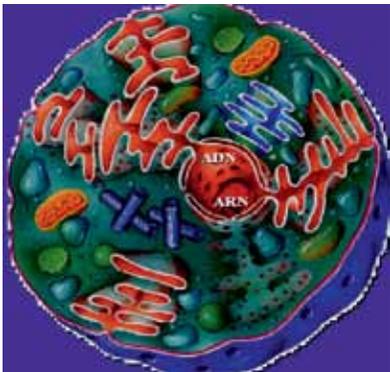
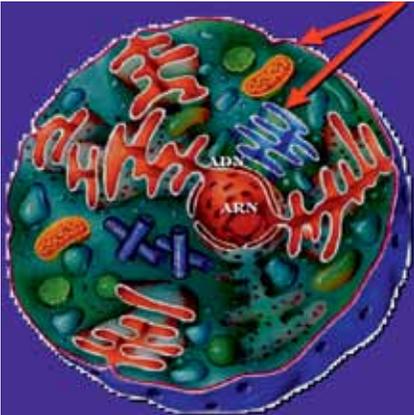
Inhibición de la mitosis y división celular

La tubulina (microtúbulos - cytoesqueleto), es una molécula importante en la formación y segregación de cromosomas en la división celular; la alteración de esta afecta la mitosis a nivel de la metafase (El huso acromático es distorsionado y la separación del núcleo es suspendida, causando la muerte de la célula fungosa).



| MODO DE ACCIÓN DEL FUNGICIDA | TIPO DE FUNGICIDA |
|---|--|
| <p>Respiración</p>  | <p>C1: Pirimidinaminas (Diflumetorim) C2: Carboxamidas (Carboxin) C3: Qols (estrobilurinas) Methoxyacrylates Azoxystrobin, Pycoxystrobin Methoxycarbamatos Pyraclostrobin, Trifloxystrobin C4: Qils Cyanoimidazole (Cyazofamid) C5: Desacople de fosforilación oxidativa (Dinitroanilinas, Fluazinam) C6: Inhibidores de fosforilación oxidativa (Fentim acetate) C7: Producción de ATP (Thiophenecarboxamides)</p> |



| MODO DE ACCIÓN DEL FUNGICIDA | TIPO DE FUNGICIDA |
|---|---|
| <p data-bbox="321 285 776 321">Síntesis de aminoácidos y proteínas</p>  | <p data-bbox="849 321 1065 353">Anilopirimidinas Pyrimethanil Cyprodinil Mepanipyrim Ácido enopyranurónico Blasticidin-S (antibiótico) Hexopyranosyl Kasugamycin (antibiótico) Glucopyranosyl Streptomycin (antibiótico)</p> |
| <p data-bbox="407 717 691 749">Traducción de señales</p>  | <p data-bbox="849 753 995 785">Quinolinas Quinoxifen Phenylpyrroles Fenpiclonil Fludioxonil Dicarbóximides Iprodione Vinclozolin</p> |
| <p data-bbox="350 1185 748 1217">Síntesis de lípidos y membrana</p>  | <p data-bbox="849 1221 1101 1253">Phosphorothiolatos Edifenphos, iprobenfos Pyrazophos Dithiolanos Isoprothiolane Hidrocarbónos aromáticos Biphenyl, Chloroneb Dicloran, Quintozene (PCNB) Heteroaromáticos Etridiazole Carbamatos Iodocarb, Prothiocarb Propamocarb</p> |

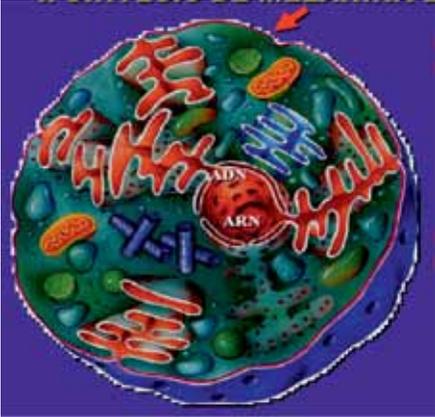
| MODO DE ACCIÓN DEL FUNGICIDA | TIPO DE FUNGICIDA |
|---|---|
| <p>Síntesis de melanina en la pared celular</p>  | <p>Biosíntesis de melanina Inhibidores de reductasa Isobenzofuranonas Fthalide Pyrrroloquinolinonas Pyroquilon Triazolobenzothiazoles Tricyclazole Biosíntesis de melanina Inhibidores de deshidratasa Cyclopropanocarboxamidas Carpropamid Carboxamida Diclocymet Propionamidas Fenoxanil</p> |

Figura 6. Modos de acción de los fungicidas al patógeno a nivel celular.
 Fuente: Orozco, M 2008. INIAP, México. Reunión de Agricultura Protegida.

A continuación los fungicidas agrupados por familias según características comunes.

Tabla 5. Fungicidas agrupados por familias.

| Familia | Nombre común | Nombre comercial |
|--------------------------------------|---|---|
| Benzimidazoles | benomyl thiabendazol thiophanato-methyl | Benlate, Tersan 1991 Mertect 340-F, Arbotect 20-S, Decco Salt No. 19 Topsin M, Cleary's 3336, Fungo, Domain, Cavalier, Regal, SysTec, Halt |
| Dicarboximidas | iprodione vinclozolin | Rovral, Chipco 26019, Epic 30 Ronilan, Vorlan, Touché |
| Fenilpirroles | fludioxonil | Medallion, Maxim |
| Anilino-pirimidinas | cyprodinil | Vanguard |
| Hidroxianilidas | fenhexamida | Elevate, Decree |
| Fenilamidas | metalaxil mefenoxam oxadixyl | Ridomil, Subdue, Apron, Allegence Ridomil Gold, Subdue MAXX Anchor |
| Fosfonatos | fosetyl-Al ácido fosforoso | Aliette Fosphite |
| Desmetilación-Inhibidor (DMI) | | |
| Piperazinas | Triforina | Funginex, Triforine |
| Pyrimidines | fenarimol | Rubigan |
| Imidazole | triflumizole imazalil | Procure, Terraguard Flo-Pro, Nu-Zone |

| Familia | Nombre común | Nombre comercial |
|--|---|--|
| Triazoles | cyproconazol difenoconazol fenbuconazol myclobutanil propiconazol tebuconazol triadimefon tridimenol | Sentinel Dividend Indar, Enable Rally, Nova, Eagle, Systhane, Immunox Tilt, Orbit, Banner, Alamo, Break Elite, Raxil, Folicur, Lynx, Tebuject Bayleton, Strike Baytan |
| Piperidinas | Piperalina | Pipron |
| Strobilurinos | azoxystrobin kresoxim-methyl trifloxystrobin | Abound, Heritage, Quadris Cygnus, Sovran Flint, Compas |
| Compensadores orgánicos | | |
| Cobres | caldo bordelés hidróxido de cobre óxido de cobre sulfato de cobre oxiclorido de cobre carbonato amónico de cobre | - Kocide, Champion, Champ, Nu-Cop Nordox Microcop, many others C-O-C-S, Oxycop Copper Count-N, Kop-R-Spray |
| Sulfuros | Azufre | Microthiol Disperss, Thiolux, many others |
| Sulfuros de calcio | Polisulfatos de calcio | Lime Sulfur, Orthorix, Sulforix, Polysul |
| Etilenbisditiocarbamatos (EBDC) | maneb mancozeb metaram | Maneb Dithane M-45, Fore, Manzate 200, Penncozeb, Protect T/O, Manex Polyram |
| Similares al EBDC | thiram ferbam ziram | Thiram, Spotrete Carbamate, Ferbam Ziram |
| Aromáticos | pentachloronitrobenzene (PCNB) | PCNB, Terraclor, Engage, Defend |
| Chloronitrilo | Chlorothalonil | Bravo, Daconil, Exotherm Termil, Funginil, Terranil, Ensign, Manicure, Echo |
| Chlorophenyl | DCNA or dichloran | Botran, Allisan |
| Ftalimidas | captan | Captan |
| Oxathiin | carboxin oxycarboxin flutolanil | Vitavax Plantvax, Carboject Contrast, ProStar, Moncut |
| Guanidinas | Dodine | Syllit , Cyprex |

Fuente: <http://www.planthogar.net/enciclopedia/documentos/4/vari0s/92/familias-de-fungicidas.html>

4. GENERALIDADES DE LOS INSECTICIDAS

Los insecticidas son agentes de origen químico o biológico que controlan insectos. El control puede resultar de matar el insecto o de alguna manera impedir que tenga un comportamiento considerado como destructivo. Los insecticidas pueden ser naturales o hechos por humanos y son aplicados a las especies objetivo en multitud de formulaciones y sistemas de aplicación (aspersiones, cebos, difusión de liberación lenta, etc.). En años recientes, la ciencia de la biotecnología inclusive ha incorporado códigos para genes bacteriales de proteínas insecticidas en varias plantas de cultivo que causan la muerte a insectos que sin sospecharlo se alimentan de ellas (Ware y Whitacre, 2004).



Fuente:
lleida.evisos.es

4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS INSECTICIDAS

De acuerdo con Ware y Whitacre (2004) los insecticidas se clasifican en:

- **ORGANOCORADOS**

Los organoclorados son insecticidas que contienen carbono (de ahí viene el nombre órgano-), hidrógeno, y cloro. También se los conoce con otros nombres: *hidrocarburos clorados*, *orgánicos clorados*, *insecticidas clorados* y *sintéticos clorados*. Ahora los organoclorados son principalmente de interés histórico ya que sólo unos pocos sobreviven en el arsenal de hoy.

- **ORGANOFOSFATOS**

Organofosfatos (OPs) es el término que incluye todos los insecticidas que contienen fósforo. Se usan otros nombres, pero ya están en desuso y son: *fosfatos orgánicos*, *insecticidas fosforados*, *parientes de los gases nerviosos* y *ésteres del ácido fosfórico*. Todos los organofosfatos son derivados de uno de los ácidos del fósforo, y como clase generalmente son los más tóxicos de todos los pesticidas para los vertebrados.

- **CARBAMATOS**

Los insecticidas carbamatos son derivados del ácido carbámico (de la misma manera que los OPs son derivados del ácido fosfórico). Y de igual manera que los OPs, su modo de acción es la inhibición de la vital enzima *colinesterasa* (ChE). Hay dos cualidades particulares que han hecho de este carbamato el más popular: su toxicidad oral y dermal para mamíferos es muy baja y tiene un espectro de acción excepcionalmente amplio para control de insectos.

- **PIRETROIDES**

El piretro natural rara vez ha sido usado con fines agrícolas debido a su costo y a su inestabilidad en presencia de luz solar. En décadas recientes, muchos materiales sintéticos parecidos a las piretrinas han aparecido en el mercado. Originalmente fueron llamados *piretroides sintéticos*. Actualmente la mejor nomenclatura simplemente es

piretroides. Éstos son estables en presencia de luz solar y generalmente son efectivos contra la mayoría de los insectos plagas de la agricultura y se usan a dosis muy bajas de 0.01 a 0.1 kilogramos por hectárea.

- **NICOTINOIDES**

Los nicotinoideos son una de las más nuevas clases de insecticidas con un nuevo modo de acción. Anteriormente se los ha denominado *nitro-quanidinas*, *neonicotinilos*, *neonicotinoideos*, *cloronicotinas* y más recientemente como *cloronicotinilos*. De la misma manera en que los piretroides sintéticos son similares a, y modelados a partir de, las piretrinas naturales, los nicotinoideos son similares a y modelados a partir de la nicotina natural.

- **SPINOSINAS**

Las spinosinas están entre las más nuevas clases de insecticidas, y están representadas por el spinosad (Success, Tracer, Naturalyte). Spinosad es un metabolito de la fermentación del actinomiceto *Saccharopolyspora spinosa*, un microorganismo que habita el suelo. Tiene una novedosa estructura molecular y también el modo de acción que brinda una excelente protección a los cultivos, que se asocia típicamente con insecticidas sintéticos, su primer registro fue para algodón en 1997.

- **FIPROLES (O FENILPIRAZOLES)**

Fipronil (Regent, Icon, Frontline) es el único insecticida de esta nueva clase, y fue introducido en 1990 y registrado en los EEUU en 1996. Es un material sistémico con actividad de contacto y estomacal. Fipronil se usa para el control de muchos insectos foliares y del suelo, (por ejemplo, el gusano de las raíces del maíz, el escarabajo de las papas de Colorado, y el picudo acuático del arroz) en diversos cultivos, principalmente maíz, prados, y para control de insectos de salud pública.

- **PIRROLES**

Clorfenapir (Alert, Pirate) es el primero y único miembro de este grupo químico único, que es un insecticida y acaricida tanto de contacto como estomacal. Se usan en algodón y de manera experimental en maíz, soya, hortalizas, árboles y cultivos de viñas, y ornamentales para control de mosca blanca, thrips, orugas, ácaros, minadores de la hoja, áfidos, y el escarabajo de las papas de Colorado.

- **PIRAZOLES**

Los pirazoles originales fueron tebufenpirad y fenpiroximato (no ilustrados). Éstos fueron designados principalmente como acaricidas de contacto y estomacales no sistémicos, pero tienen una efectividad limitada en psylla, áfidos, mosca blanca, y thrips.

- **PIRIDAZINONAS**

Piridaben (Nexter, Sanmite) es el único miembro de esta clase. Es un insecticida y acaricida selectivo de contacto, también es efectivo contra trips, áfidos, moscas blancas y saltahojas.

- QUINAZOLINAS

Las quinazolininas ofrecen una configuración química única, y consisten de un solo insecticida, el fenazaquín (Matador). Fenazaquín es un acaricida de contacto y estomacal. Tiene actividad ovicida, acción inmediata, y controla todos los estados de los ácaros.

- BENZOILÚREAS

Las benzoilúreas son una clase de insecticidas enteramente diferente que funciona como regulador del crecimiento de los insectos. En lugar de ser un veneno típico que ataca el sistema nervioso de los insectos, interfieren con la síntesis de la quitina y entran al insecto más por ingestión que por contacto. Su máximo valor está en el control de orugas y larvas de escarabajos.

- BOTÁNICOS

Los insecticidas botánicos son de gran interés para muchas personas, por tratarse de insecticidas *naturales*, productos tóxicos derivados de plantas. Históricamente, los materiales vegetales han sido usados durante más tiempo que cualquier otro grupo, con la posible excepción del azufre. Tabaco, piretro, derris, heleboro, acacia, alcanfor, y trementina son algunos de los más importantes productos vegetales.

- ANTIBIÓTICOS

En esta categoría están las *avermectinas*, que son agentes insecticidas, acaricidas, y antihelmínticos que han sido aislados de los productos de fermentación de *Streptomyces avermitilis*, un miembro de la familia de los actinomicetos. *Abamectina* es el nombre común asignado a las avermectinas, una mezcla que contiene 80% de los homólogos avermectina B1a y 20% de B1b, que tienen casi igual actividad biológica. Clinch® es un cebo contra la hormiga de fuego, y Avid se aplica como acaricida/insecticida. La abamectina tiene ciertas cualidades como sistémico local, permitiéndole matar ácaros en el lado inferior de las hojas cuando sólo se trata el lado superior de las hojas. Los usos más promisorios para estos materiales son el control de ácaros, minadores de la hoja y otras plagas de los invernaderos de difícil control, y parásitos internos de animales domésticos.

- FUMIGANTES

Los fumigantes son moléculas orgánicas pequeñas y volátiles que se gasifican a temperaturas por encima de los 50°C. Usualmente son más pesados que el aire y comúnmente contienen uno o más de los halógenos (Cl, Br, o F). La mayoría son altamente penetrantes, y llegan a lo profundo de grandes masas de material. Se usan para matar insectos, huevos de insectos, nematodos, y ciertos microorganismos en edificios, bodegas, elevadores de granos (silos), suelos, e invernaderos en productos empacados tales como frutas secas, frijoles, granos, y cereales para el desayuno.

- INSECTICIDAS BIORRACIONALES

La EPA de los EEUU identifica los pesticidas biorracionales como inherentemente diferentes de los pesticidas convencionales, que tienen modos de acción

fundamentalmente diferentes, y en consecuencia, reducen los riesgos de efectos adversos como resultado de su uso. Biorracional ha venido a significar cualquier sustancia de origen natural (o también sustancias hechas por los humanos que se parecen a las de origen natural), que tiene un efecto negativo o letal sobre plagas objetivo específicas, por ejemplo, insectos, malezas, enfermedades de las plantas (incluyendo nematodos), y vertebrados plagas, poseen un modo de acción único, no son tóxicos a los humanos ni a sus plantas o animales domésticos, y tienen un efecto que no es adverso, o lo es muy poco, sobre la vida silvestre y el medio ambiente.

Los insecticidas biorracionales son agrupados en tres categorías:

- Pesticidas microbiales (bacterias, hongos, virus o protozoarios).
- Bioquímicos - sustancias naturales que controlan plagas mediante mecanismos no tóxicos. Por ejemplo, las feromonas de los insectos.
- Protectantes incorporados a las plantas principalmente plantas transgénicas, por ejemplo, maíz.

- **FEROMONAS DE LOS INSECTOS**

La mayoría de los insectos parecen comunicarse mediante la liberación de cantidades moleculares de compuestos altamente específicos que se evaporan rápidamente y son detectados por insectos de la misma especie. Estas delicadas moléculas se conocen como feromonas.

Los cinco usos principales de las hormonas sexuales son: (1) captura de machos en trampas, para reducir el potencial reproductivo de una población de insectos; (2) estudios de movimiento, para determinar que tan lejos y adónde van los insectos cuando se mueven de un punto dado; (3) monitoreo de poblaciones, para determinar cuándo hay un pico de emergencia o de aparición; (4) programas de detección, para determinar si una plaga ocurre en una determinada área limitada de trampeo, por ejemplo alrededor de aeropuertos internacionales o áreas en cuarentena; y (5) la técnica de “confusión o alteración del apareamiento”.

- **REGULADORES DEL CRECIMIENTO DE LOS INSECTOS**

Los reguladores del crecimiento de los insectos (RCIs) son compuestos químicos que alteran el crecimiento y desarrollo en los insectos. Los RCIs alteran el crecimiento y el desarrollo del insecto de tres maneras: como hormonas juveniles, como precocenos, y como inhibidores de la síntesis de la quitina. Las hormonas juveniles (HJ) incluyen ecdisona (la hormona de la muda), el imitador de la HJ, el análogo de la HJ (AHJ), y se conocen por sus sinónimos más amplios, juvenoides y juvegenos. Ellos alteran el desarrollo inmaduro y la emergencia como adultos. Los precocenos interfieren con la función normal de las glándulas que producen las hormonas juveniles. Y los inhibidores de la síntesis de la quitina, (benzoilúreas convencionales, buprofezin y ciromazina), afectan la habilidad de los insectos para producir nuevos exoesqueletos durante la muda. <http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/W&WinsectSP.htm>

- **MICROBIALES**

Los insecticidas microbiales obtienen su nombre de los microorganismos que se usan para controlar ciertos insectos. Los microorganismos que causan enfermedades en los insectos no causan daño a otros animales o a las plantas. En el presente hay relativamente pocos producidos comercialmente y aprobados por la EPA¹ (más de 55 naturales, y 16 organismos producidos por bioingeniería) para uso en cultivos para alimento humano y animal. A mediados del 2002, la lista de la EPA de microbiales registrados incluía 35 bacterias, 1 levadura, 17 hongos, 1 protozooario, 6 virus, 8 organismos de bioingeniería y 8 genes de cultivos transgénicos.

UN NUEVO HORIZONTE: PESTICIDAS TRANSGÉNICOS

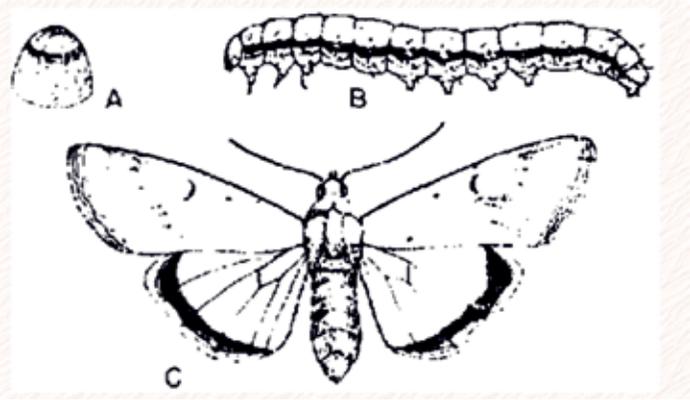
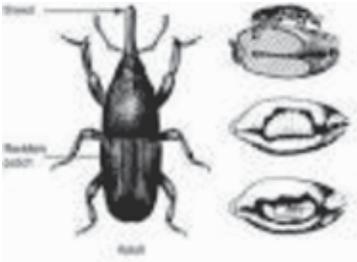
Los organismos *Transgénicos* son alterados genéticamente mediante la introducción artificial de DNA de otro organismo. La secuencia artificial de genes se denomina un transgene. Plantas con tales transgenes también son denominadas *genéticamente modificadas* (GM). Las plantas que emulan insecticidas son aquellas alteradas para inducir - *resistencia a los insectos* (también llamadas *plantas pesticidas* o *plantas a las cuales se les han incorporado protectantes*).

4.2 PLAGAS DE ALGUNOS CULTIVOS IMPORTANTES

Esta lista no es completa pero indica las plagas más comunes de los cultivos de referencia. Los nombres científicos completos o parciales (sólo el género) se dan en paréntesis.

| | |
|--|--|
| <p>Las plagas mayores del maíz</p> <p>Plagas del suelo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gusano manteca (<i>Phyllophaga</i>) - Las Crisomélidas (<i>Diabrotica</i>, otros) - Gusano de Alambre o la Doradilla (<i>Elateridae</i>) - Trazadores (<i>Agrotis</i>, <i>Feltia</i>, <i>Spodoptera</i>) |  <p>La larva de gusano de alambre (<i>Elateridae</i>) a la derecha y a la izquierda el adulto.</p> |
|--|--|

¹ La misión de la Agencia de Protección Ambiental (EPA) de Estados Unidos es la de proteger la salud de los humanos y la del medio ambiente.

| | |
|--|--|
| <p>Comedores del follaje del maíz y los perforadores</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lagarta militar (<i>Spodoptera frugiperda</i>) - Helotero (Bellotero) (<i>Heliothis zea</i>) - Barrenador Sureño del Tallo'' (<i>Diatraea</i>) y el "Barrenador del Maíz" (<i>Zediatraea</i>) - Barrenadores del Tallo (<i>Busseola</i>, <i>Sesamia</i>, <i>Eldana</i>, <i>Chilo</i>) - Saltahojas o chicharritas (<i>Cicadulina</i>, <i>Dalbulus</i>) |  <p>El Helotero (<i>Heliothis zea</i>) a) Huevo, b) Larva madura y c) Adulto.</p> |
| <p>Insectos comunes de granos almacenados</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gorgojo del Maíz (<i>Sitophilus zeamais</i>) - Gorgojo del Arroz (<i>S. oryzae</i>) - Gorgojo Granero (<i>S. granarius</i>) - Polilla del Grano "Angoumis" (<i>Sitotroga cerealella</i>) |  <p>Gorgojo del Maíz (<i>Sitophilus zeamais</i>) Fuente: foodquality.wfp.org</p> |
| <p>Las Plagas mayores del sorgo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ácaro del Sorgo (<i>Contarinia sorghigola</i>) - Mosca del Sorgo (<i>Atherigona soccata</i>) |  <p>Ácaro del Sorgo (<i>Contarinia sorghigola</i>) la hembra y la larva en el capullo.</p> |
| <p>Plagas del cacahuete</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gusano manteca, los gusanos de alambre, y las crisomélidos - Las termitas - Coralillo o barrenador del tallo - Trips - Arañitas o los ácaros (<i>Tetranychus</i> y otras especies) - Heloterios o Belloterios (<i>Heliothis</i> spp.) - Lagartas militares (<i>Spodoptera</i>, <i>Pseudaetia</i>) |  <p>Los trips de las flores, (<i>Frankliniella tritici</i>)</p> |

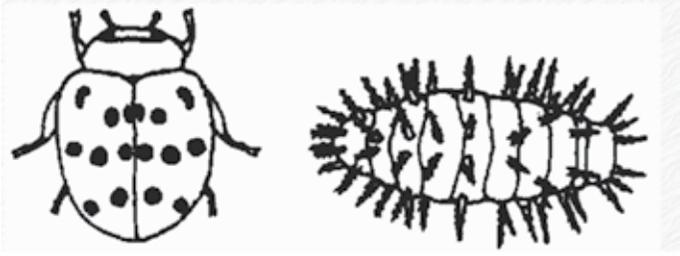
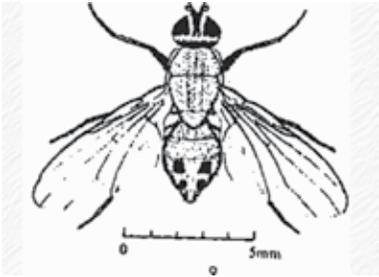
| | |
|--|--|
| <p>Los insectos que se alimentan de las hojas</p> <ul style="list-style-type: none"> - "Escarabajo del pepino" (<i>Diabrotica balteata</i>) - "Escarabajo de la hada del frijol" (<i>Cerotoma</i>) - Altisa (<i>Epitrix</i>) y la conchuela (<i>Epilachna</i>) |  <p>La conchuela (<i>Epilachna</i>) Adulto y larva</p> |
| <p>Las plagas del mijo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mosca del sorgo (<i>Atherigona soccata</i>) - Ácaro del grano de mijo (<i>Geromyia penniseti</i>) - Cruga (<i>Masalia</i> spp.) |  <p>Mosca del sorgo (<i>Atherigona soccata</i>)</p> |

Figura 7. Algunas plagas de cultivos principales.

Fuente: http://www.cd3wd.com/cd3wd_40/hlthes/pc/m0035s/es/M0035S00.HTM

5. GENERALIDADES DE LOS HERBICIDAS

Los herbicidas son sustancias que se utilizan para eliminar las malezas que pueden competir con los cultivos. En general, los que se utilizan tienen cierta especificidad para determinado grupo de plantas. Existen herbicidas residuales, que quedan en el suelo. Éstos pueden ser los más riesgosos, pues no se conocen los efectos luego de varios años de usarlos (Fundación Ambiente y Desarrollo, 2011).

5.1 CLASIFICACIÓN DE LOS HERBICIDAS

Según Gómez (1995) los herbicidas se agrupan en las categorías de: contacto, reguladores de crecimiento (herbicidas hormonales) y esterilizadores del suelo:

- HERBICIDAS DE CONTACTO

Actúan únicamente sobre aquellas partes de la planta con las cuales entran en contacto. Pueden ser selectivos o de acción general; los primeros matan sólo a ciertas plantas, dejando las demás instancias, mientras que los segundos causan daño a la vegetación en general.

- REGULADORES DE CRECIMIENTO

Se conocen también como modificaciones de crecimiento, sustancias de crecimiento, herbicidas de traslocación y herbicidas sistémicos. Una vez que se aplican a la planta,

se traslocan por el xilema y el floema y de esta forma, afectan órganos como raíces y los puntos de crecimiento activo.

MODO DE ACCIÓN DE LOS HERBICIDAS HORMONALES

Según Puricelli y Leguizamón (2005) el herbicida se acopla a la membrana celular, produciendo relajación de la misma. A continuación se libera un factor (citocromo) que se traslada al núcleo donde activa a la enzima de la transcripción (ARN polimerasa). Al aumentar en forma desmedida la producción de ARN, se incrementa la división celular. Los meristemas se desarrollan en forma desordenada. Por un tiempo exhiben crecimiento, después del cual hay una total inhibición. Los tejidos del tallo proliferan en forma descontrolada. La tendencia general es la producción de nuevas fuentes de consumo de nutrientes a costa de tejidos establecidos y productivos. La planta deja de producir tejido foliar y no contribuye más a los procesos fotosintéticos de modo que comienza una movilización de nutrientes por senescencia de tejidos.

El crecimiento de las raíces primero aumenta y luego es inhibido y la absorción de nutrientes disminuye. El crecimiento anormal ocurre principalmente en el tallo y la raíz pivotante. La planta muere por autoconsumo de nutrientes. Se pueden observar epi e hiponastias, encorvamiento del tallo, formación de callos y agallas y alteraciones en el crecimiento de las raíces.

Los herbicidas hormonales están agrupados en 3 familias: a) fenólicos, b) benzoicos y c) picolínicos

A. FENÓLICOS

Su estructura química deriva del fenoxiacético y afectan el crecimiento de las plantas en forma similar y en los mismos órganos que compuestos auxínicos. La translocación ocurre vía simplasto-floema (principalmente) o apoplasto-xilema. Son de acción sistémica.

En el suelo son bastante móviles y poco persistentes, con la excepción del Picloram, 2,4,5-T y 2,4,5-TP. La toxicidad hacia mamíferos (DL_{50}) es de baja a media. Cuando el 2,4,5-T es sintetizado a temperaturas elevadas puede estar contaminado con dioxina un compuesto potencialmente carcinogénico y teratogénico. A través de un adecuado proceso de fabricación se logra que no contenga más de 0,1 ppm de dioxina, sin embargo su uso está prohibido en muchos países. Se aplican en postemergencia. La sequía disminuye la acción. Requieren un periodo exento de lluvias de unas cuatro a seis horas (según la formulación) después de la aplicación para ser absorbidos.

B. BENZOICOS

Son derivados clorados del ácido benzoico. Sus propiedades como reguladores del crecimiento son similares a las de los fenoxi. El herbicida más importante de este grupo es el dicamba (2-metoxi-3,6 diclorobenzoico). El nombre comercial más común es Banvel.

El **Dicamba** es un herbicida poco volátil, de mayor residualidad que los Fenólicos pero menor que Picolínico, efectivo sobre malezas de hoja ancha, sobre todo Polygonáceas. Las Crucíferas son resistentes, de toxicidad baja. Se utiliza para control de malezas de hoja ancha en cultivos de gramíneas (trigo, maíz, caña de azúcar, potreros).

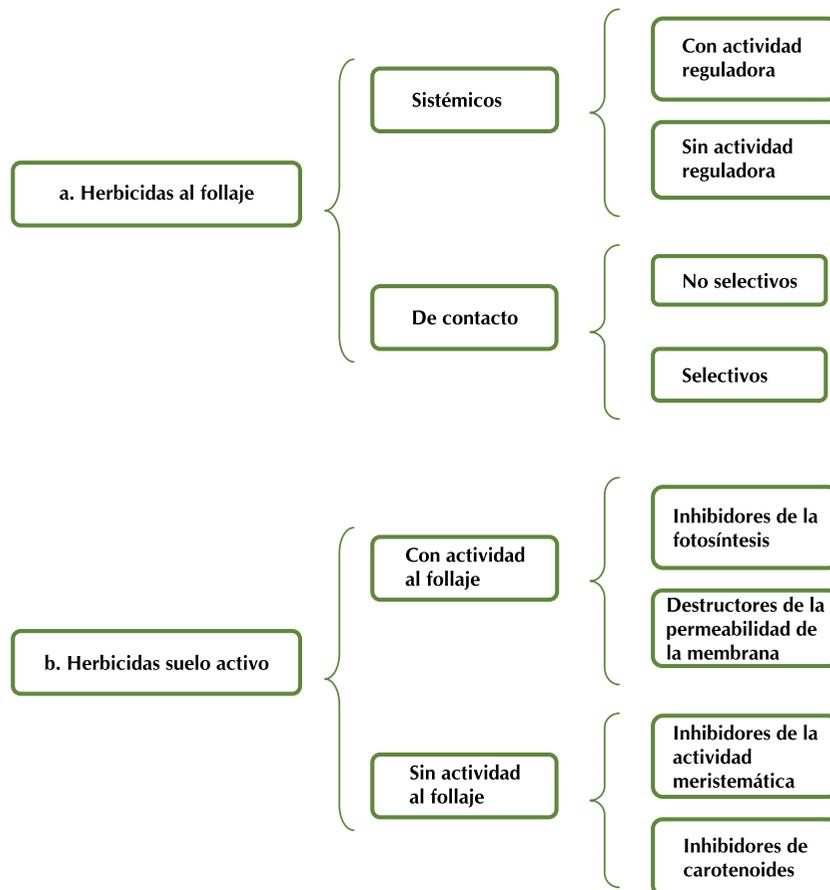
C. PICOLÍNICOS

Son derivados del ácido Picolínico. Cabe mencionar en este grupo al triclopyr, clorpiralid y Picloram. Este último es el más utilizado y el nombre comercial más común es Tordon.

El **Picloran** puede ser aplicado al follaje o la parte basal de tallos o estructuras de rebrote. Posee larga residualidad, lo cual obliga a manejarlo con precisión, a los efectos de no generar inconvenientes para los cultivos que suceden en la rotación. Resulta efectivo sobre malezas de hoja ancha, sobre todo Polygonáceas, aunque las Crucíferas son resistentes. Su toxicidad es baja.

Se suele utilizar para control de malezas de hoja ancha en cereales y de malezas perennes o leñosas. En este último caso, las aplicaciones van dirigidas a la parte aérea, a la base del tronco o son inyectadas en los árboles: la formulación Picloram (17,6%) + Triclopyr (33,4%) (Togar) mejora el control de leñosas.

Según Rodríguez (2011) de acuerdo a la funcionalidad de los herbicidas se clasifican en: a) herbicidas de follaje y b) herbicidas de suelo-activo:



Los herbicidas sistémicos son aquellos que se aplican en las hojas, se absorben y la sabia lo trasloca a las raíces envenenando de esta forma a la planta ejemplo: glifosato o sulfosato. Los herbicidas no selectivos matan a todo tipo de plantas. Mientras que un herbicida selectivo es aquel que mata un tipo de plantas por ejemplo: herbicidas para malezas de hoja ancha u hoja estrecha (gramíneas).

Uno de los herbicidas más ampliamente utilizados para el control de malezas es el **GLIFOSATO**.

Glifosato es un herbicida no selectivo de acción sistémica, de amplio espectro, y adecuado para el control de muchas especies de malezas, en tratamientos de post emergencia al follaje. No actúa sobre las semillas que existieran por debajo del suelo y tampoco es absorbido por las raíces. En igualdad de condiciones también se puede decir que no es de acción residual prolongada y que no es ni actúa como herbicida esterilizante del suelo.

La casi totalidad de las formulaciones comerciales del Glifosato son fáciles de manejar, muy solubles en agua y químicamente muy estables en cualquier proporción. A lo anterior se adiciona la baja tensión de vapor, lo cual significa que las formulaciones de uso en el campo no sean volátiles.

A continuación mencionaremos algunos ejemplos con su respectivo grupo químico que pertenecen, principio activo y nombre comercial:

Tabla 6. Listado de diferentes tipos de herbicidas.

| Herbicidas al follaje, sistémicos con actividad reguladores de crecimiento | | |
|---|---|---|
| Grupo químico | Principio activo | Nombre comercial |
| Derivados del ácido clorofenoxiacético | 2-4 D MCPA | Varios Varios |
| Derivados del ácido picolínico | PICLORAN TRICLOPIR CLOPIRALID | TORDON GARLON LOMTREL |
| Herbicidas al follaje, sistémicos sin actividad reguladores de crecimiento | | |
| Misceláneos | AMINOTRIAZOL | AZOLAM |
| FOSFONATOS | GLIFOSATO | Varios |
| | SULFOSATO | TUCH DOWN |
| GSPE (Graminidas selectivos de post-emergencia): | | |
| Selectivos para cultivos de gramíneas | DICLOROFOP-METIL CLOCLINAFOP FENOXIPROP-METIL | ILLOXAN TOPIK PUMA SUPER |
| No selectivos para cultivos de gramíneas | FLUAZIFOP-METIL FLUAZIFOP-BUTIL SETOXIDIM PROPAQUIZAFOP HALOXIFOP-METIL | H1 SUPER H1 2000 NABU POST AGIL VERDICT |

| Herbicidas al follaje, de contacto no selectivo | | |
|---|---------------------------------------|--|
| BIPIRIDILICOS | PARAQUAT PARAQUAT DIQUAT DIQUAT | GRAMOXONE REGLONE FARMONT |
| GLUFOSINATO | GLUFOSINATO | BASTA |
| Herbicidas al follaje, de contacto Selectivo | | |
| Grupo químico | Principio activo | Nombre comercial |
| TIADIZINAS | BENTAZON | BASAGRAN |
| NITRILOS | BROMIXINIL IOXINIL | BUCTRIL, CIMBRA TOTRIL |
| Suelos activos con actividad al follaje, inhibidores de la fotosíntesis | | |
| TRIAZINAS | | |
| a-Clorotriazinas | Simazina Atrazina Terbutilazina | Varios Atranex, etc Terbutex |
| b-metiltiotriazinas | Prometrina Aziprotrina Ametrina | Gesagard Mesoranil Gesapax |
| c-Triazinas | Metamitrón Metribuzin | Goltix Sencor, Lexone |
| UREA SUSTITUIDAS | Diuron Metabenziazuron Linuron | Karmex, Di-on Linurex, afalon Tribunil |
| URACILOS | Terbacil Lenacil Bromacil | Symbar Venzar Hyvar |
| Suelos activos con actividad al follaje, destructores de la permeabilidad de la membrana, inhibidores de la síntesis de los carotenoides | | |
| DIFENIL-ETER | Oxifluorfen Oxadiazón Aclonifen | Goal, Galigan Ronstar Prodigio |
| ISOXAZOLES | Isoxaflutole | Merlin |
| Suelos activos, sin o escasa actividad del follaje, inhibidores de la actividad enzimática | | |
| IMIDAZOLINONAS | Imazapir Imazetapir Imaziquin | Arsenal Pívor Scepter |
| TIOCARBAMATOS | EPTC CIPC | Eptan, Erradicans Varios |
| CLOROACETAMIDAS | Acetacloro Alacloro Metacloro | Guardian, Surpass Lasso, Alanex, Esporo Dual |
| DINITROANILINAS | Pendimetalin Trifluralina | Herbadox Premerlin, Ipersan |

| Suelos activos, sin o escasa actividades del follaje, inhibidores de la síntesis de aminoácidos | | |
|---|--|----------------------------------|
| SULFONILUREAS | Halosulfuron Metsufuron-metil Nicosulfuron | Sempra Ally Accent, Sanson |
| SULFONAMIDAS | Flumestsulan Diclosulam | Preside Spider |

Fuente: Rodríguez (2011)

6. MANEJO SEGURO DEL USO DE LOS PESTICIDAS

Desafortunadamente, muchos pesticidas pueden también ser dañinos para las personas, mascotas, otros animales y para el medio ambiente si no se usan con cuidado y de acuerdo a las indicaciones presentadas en la etiqueta.

Existen leyes a nivel internacional, las cuales exigen que las personas que manejan plaguicidas reciban información y entrenamiento para el uso seguro de éstos, por lo que es necesario aprender todo lo que se pueda acerca de estos productos y de los equipos y medidas de protección sobre todo si se está trabajando en actividades agrícolas, forestales entre otros.

6.1 PRECAUCIONES AL MANEJAR Y USAR LOS PLAGUICIDAS

6.1.1 DURANTE EL TRANSPORTE DE LOS PLAGUICIDAS

Debe llevarse en la parte trasera de un camión o camioneta. **Nunca deben transportarse en la cabina** o compartimiento para pasajeros, debido a que puede haber escapes de vapores peligrosos o derrames que causen daño y sean imposibles de remover de los asientos o las alfombras.

Según O'Farrill (2001) señala que antes y durante el transporte deben considerar las siguientes recomendaciones:

- Inspeccione los envases antes de subirlos al vehículo y verifique que estén bien tapados y en buenas condiciones.
- Mantenga los comestibles, alimentos para animales, fertilizantes, semillas y otros artículos separados de los plaguicidas para evitar que se contaminen con vapores, emanaciones o derrames.
- Asegure y amarre bien los envases para evitar roturas y derrames.
- Proteja los plaguicidas envasados en bolsas de papel o cajas de cartón para evitar que se mojen o humedezcan.

- Proteja los plaguicidas de las altas temperaturas; no estacione su vehículo donde reciba directamente la luz solar.
- Si se derrama un plaguicida dentro o fuera del vehículo, limpie rápidamente el área. Siga los procedimientos adecuados para limpiar el derrame.
- No deje su vehículo sin atención para evitar que niños o intrusos con los plaguicidas que usted esté transportando.

6.2.2 MANEJO Y USO DE PLAGUICIDA

Antes de la aplicación se deben seguir estrictamente las siguientes **recomendaciones**:

- Señalizar el área donde se aplicará el producto e impedir el ingreso al perímetro. El área se debe señalar un tiempo antes de la aplicación para que la población esté al tanto de la fecha, hora y lugar de aplicación. La señalización debe mantenerse en el área hasta que se haya cumplido el tiempo de reingreso establecido en la etiqueta del producto.
- Mantener alejadas del área a personas, niños, animales ajenos a la faena durante la aplicación y en cultivos recientemente tratados hasta que se cumpla estrictamente el tiempo de reingreso al área tratada recomendado en la etiqueta.
- Seguir cuidadosamente las recomendaciones señaladas en la etiqueta respecto de dosis, ropa protectora, momento de aplicación, período de carencia, tiempo de reingreso.
- Observar las condiciones atmosféricas, particularmente el viento que puede ser causa de deriva del producto. El viento puede hacer que los tratamientos sean ineficaces al arrastrar el producto fuera de su objetivo y puede además ser peligroso si la deriva los lleva sobre el aplicador, otros cultivos, cursos de agua, animales o viviendas.
- No aplicar Productos Fitosanitarios con vientos superiores a 8Km/h (cuando los árboles agitan sus ramas). No aplique contra el viento.

Fuente: *Comisión Nacional del Medio Ambiente - Regional Metropolitana (1998).*

¿Qué precauciones debemos tener antes de la preparación de su mezcla?

- Revise su equipo de aplicación (bomba de mochila manual), si el filtro grande está en su sitio y en buen estado y si todos los tornillos están ajustados.
- Agréguele agua y compruebe su funcionamiento, si gotea, si la boquilla aplica correctamente, si la palanca de presión está buena y si no presenta otros escapes.
- Si presenta problemas su equipo, inicie la reparación inmediatamente y si necesita repuestos consígalos o use otra bomba buena.

- Calibre su equipo para determinar qué cantidad de mezcla o número de bombas que necesitará para el área a tratar y qué cantidad de producto necesitará para agregar a cada bomba (Centro de Inversión Desarrollo y Exportación de Agronegocios, 2011).

¿Qué precauciones debemos tener durante la preparación de la mezcla?

- Las personas y animales deben estar fuera del área de aplicación.
- Preparar las mezclas de plaguicidas al aire libre y utilizando el equipo de protección recomendado en la etiqueta de los envases del producto (guantes, lentes, máscaras, botas, u otros implementos como se aprecia en la **Figura 8**).



Figura 8. Materiales y equipos de protección para el personal.

- No revolver la mezcla con la mano.



Figura 9. De izquierda a derecha: A) Uso incorrecto, B y C) modo correcto de mezclar los plaguicidas.

- No trabajar solo.
- Medir o pesar exactamente las cantidades de plaguicidas que va a utilizar.

- Los elementos usados en las mediciones no deben utilizarse para otros usos.
- No utilizar utensilios domésticos en las mediciones y preparaciones.
- Cerrar bien los envases y empaques que aún contengan plaguicidas.

6.2.3 EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD PERSONAL

Durante la manipulación se deberán utilizar los elementos de protección personal recomendados en el marbete del producto: guantes de nitrilo, máscara con filtro para vapores orgánicos, mameluco y botas. Se recomienda tener en cuenta que los barbijos no sirven para filtrar plaguicidas (incluyendo herbicidas).

Los agroquímicos sólo deben ser manipulados por personas mayores y debidamente capacitadas respecto a los cuidados de su utilización. El tipo de producto, la dosis y el momento de aplicación deben ser los recomendados por el técnico asesor.

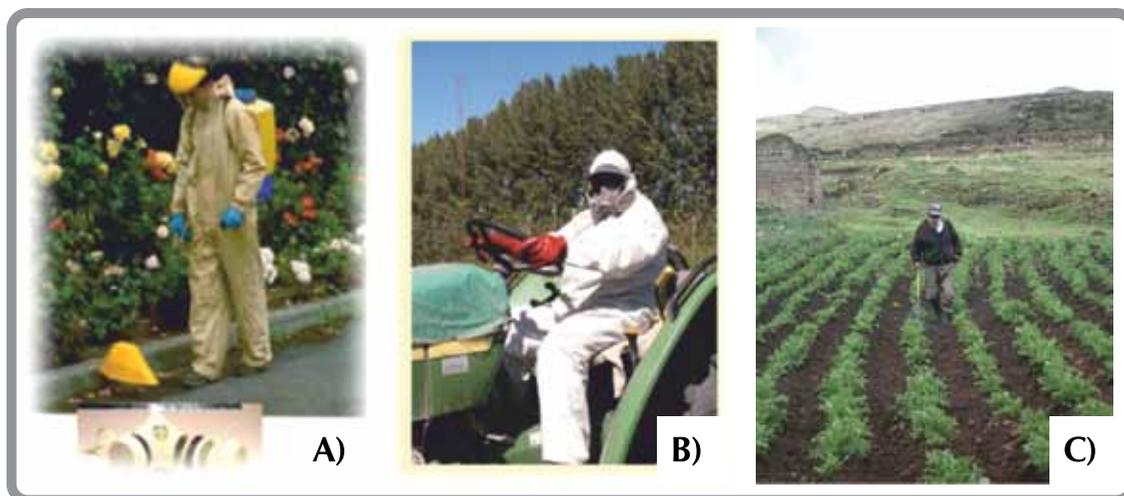


Figura 10. A) y B) Uso correcto, C) uso incorrecto durante la aplicación de plaguicidas.

¿Qué precauciones debemos tener después de la aplicación?

- Lavar los equipos de aplicación, sin contaminar fuentes de agua. Pueden lavarse directamente en el sitio de trabajo y echar el agua del lavado al cultivo.
- Los empaques o envases con sobrantes deben guardarse bien cerrados, en la bodega destinada a los plaguicidas.
- Los envases que vayan quedando vacíos deben descontaminarse, mediante un triple enjuague en la siguiente forma: llenarlos con agua a una tercera o cuarta parte; taparlos y agitarlos vigorosamente; echar el enjuague a la fumigadora o al tanque donde se está preparando la mezcla; repetir el procedimiento dos veces más (**Figura 11**). Esta práctica, además de descontaminar el envase, permite aprovechar la totalidad del plaguicida.

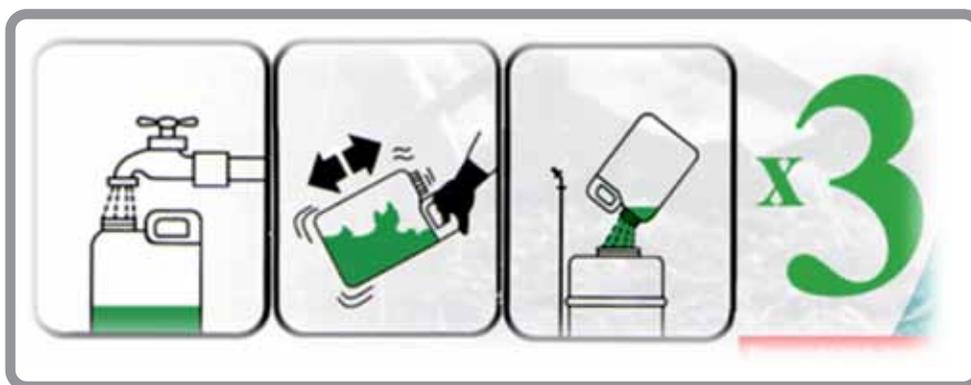


Figura 11. Lavado de envases después del uso de los plaguicidas.
Fuente: Pérez (2005).

- Los envases vacíos no deben ser utilizados para almacenar alimentos ni agua.
- La ropa usada para la aplicación de plaguicidas debe lavarse separada de la ropa de la familia y la persona que realiza esta actividad doméstica debe usar guantes de caucho para evitar intoxicaciones.
- Bañarse el cuerpo con agua y jabón.
- Almacenamiento temporal de envases y empaques en sitios determinados para este fin.

6.2.4 ALMACENAMIENTO DE LOS PLAGUICIDAS

- Almacene los plaguicidas fuera del alcance de los niños, los animales y los curiosos. Siempre manténgalos bajo llave.
- El almacén debe localizarse lejos de residencias y donde no haya ninguna amenaza de contaminación para los pozos, las quebradas, los ríos, los sumideros, las aguas subterráneas y cualquier otro cuerpo de agua.
- El almacén tiene que ser fresco, seco y ventilado para evitar la degradación de los plaguicidas y la acumulación de vapores, emanaciones o gases peligrosos. Hay que evitar que los plaguicidas reciban directamente la luz solar.
- El almacén debe tener buena iluminación y no puede estar construido de madera u otros materiales que lleven a cabo combustión. El piso debe ser de cemento y no de madera o tierra.
- Rotule las puertas y las ventanas del almacén indicando que ahí hay plaguicidas y no se puede fumar. No almacene comestibles, alimentos para animales, semillas, cosméticos, medicamentos, productos para la limpieza, abonos, cal y ácidos cerca de los plaguicidas.
- Los herbicidas en particular tienen que mantenerse alejados de los otros plaguicidas.

- Coloque los plaguicidas sobre tablillas de metal u otros materiales no absorbentes que sean fáciles de limpiar.
- Almacene los plaguicidas en sus envases originales. No almacene los plaguicidas en envases sin rotulación.
- Mantenga los envases bien tapados para evitar derrames y el escape de gases.
- Compre los plaguicidas para usarlos lo más pronto posible.
- Cerca del almacén mantenga disponible en todo momento jabón, agua limpia, un extintor para fuegos químicos, equipo de primeros auxilios y los números telefónicos de los bomberos, la policía y los Centros de Control de Envenenamientos.

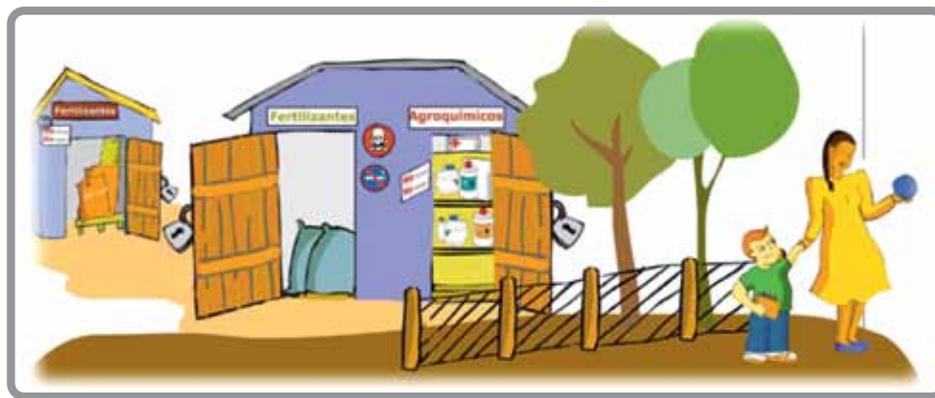


Figura 12. Almacenamiento de los plaguicidas.

6.3 ¿QUÉ HACER EN CASO DE INTOXICACIONES?

Si se siente mareado o con dificultad para **respirar**:

- Llevar al afectado al aire fresco
- Desajustar la camisa y el cinturón

En caso de **ingesta** o tragar el producto:

- Llevar al afectado a un centro hospitalario llevando la etiqueta del producto
- NO dar a beber y NO inducir al vómito

Ante contacto en la **piel**:

- Quitarse la ropa contaminada
- Enjuagar inmediatamente con agua
- Lávese con agua con jabón neutro inmediatamente
- Lave la ropa contaminada antes de usarlo
- Ante síntomas de intoxicación acudir al médico

Ante contacto con los **ojos**:

- Abrir los párpados y limpiar con agua limpia
- Mantener por 15 minutos abriendo los párpados alternadamente
- Evitar la contaminación al otro ojo
- En caso de irritación grave acudir al médico

7. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

7.1 ¿QUÉ ES EL MIP?

Es la utilización de todos los recursos necesarios, por medio de procedimientos operativos estandarizados, para minimizar los peligros ocasionados por la presencia de plagas. A diferencia del control de plagas tradicional (sistema reactivo), el MIP es un sistema proactivo que se adelanta a la incidencia del impacto de las plagas en los procesos productivos.

Según la definición de la FAO “El **Manejo Integrado de Plagas** es una metodología que emplea todos los procedimientos aceptables desde el punto económico, ecológico y toxicológico para mantener las poblaciones de organismos nocivos por debajo del umbral económico, aprovechando, en la mayor medida posible, los factores naturales que limitan la propagación de dichos organismos.” De acuerdo a esta definición, el objetivo del manejo integrado de plagas es minimizar el uso de productos químicos y dar prioridad a medidas biológicas, biotécnicas y de fitomejoramiento, así como a técnicas de cultivo. Si se aplicase de esta manera, estaríamos en la mitad del camino hacia un manejo ecológico de plagas. Pero a pesar de que el medio ambiente y las medidas ecológicas ya juegan un rol importante en esta estrategia, la economía sin duda tiene prioridad.

Aun así, muchas de las características del MIP también son importantes para el **Manejo Ecológico de Plagas** (MEP).

7.2 IMPORTANCIA DEL MIP

Para garantizar la inocuidad de los alimentos, es fundamental protegerlos de la incidencia de las plagas mediante un adecuado manejo de las mismas. El MIP es un sistema que permite una importante interrelación con otros sistemas de gestión y constituye un prerequisite fundamental para la implementación del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP, según su sigla en inglés).

7.3 CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL MIP

Según Brecht (2004) menciona que las características básicas del MIP son:

- El control se basa en conocimientos sobre los organismos nocivos y benéficos.
- La meta es, establecer las poblaciones de organismos dañinos a bajo nivel de densidad no eliminarlos.
- La combinación de varias medidas de control.
- La inclusión del ecosistema en la estrategia del control para lograr manejar.
- La aplicación de estrictas reglas de rentabilidad. Quiere decir, sólo se implementen medidas de control cuando el perjuicio esperado es mayor que los costos de dicha medida. Esto nos lleva al concepto del umbral de intervención.
- Realización de las aplicaciones de las medidas a su debido tiempo, con esto se renuncia al “calendario de aplicaciones”, por ser éste un método que induce a un empleo excesivo e indiscriminado de plaguicidas.

7.4 ¿QUÉ MÉTODOS EXISTEN?

Junto con la evolución de la agricultura, a través del tiempo se han ido desarrollando y aplicando diferentes métodos para enfrentar las plagas y las enfermedades que atacan a los cultivos. En términos generales los métodos existentes pueden agruparse en:

- **Método de Control Preventivo**, también llamado de **Control Cultural**, es uno de los métodos más económicos. Propone realizar las labores propias del manejo agrícola de manera efectiva y oportuna, para dificultar la aparición y supervivencia de plagas y enfermedades. De esa manera, el control preventivo supone realizar a tiempo y adecuadamente el riego de machaco², la preparación del suelo, los riegos posteriores, los deshierbos, los cambios de surco o aporques, la cosecha y los tratamientos propios de la post-cosecha.
- **Método de Control Manual o Mecánico**, consiste en el recojo a mano de insectos, en estado de huevo, larvas o adultos. Asimismo, en retirar del campo de cultivo a las plantas enfermas o las partes de algunas de ellas que estén afectadas por la plaga o enfermedad. Por ejemplo, en el caso del algodón se busca retirar las masas de huevos del arrebiado, *Dysdercus peruvianus*.
- **Método de Control Físico**, es el que busca destruir la plaga usando medios como el calor y el agua. Un ejemplo es el riego de machaco utilizado para ahogar larvas o pupas en el suelo.
- **Método de Control Biológico**, es el que enfrenta plagas y enfermedades usando organismos vivos, sean estos animales, insectos, bacterias, hongos o virus. Se sustenta

² Machaco: Riego pesado al inicio de la preparación del terreno (antes de la aradura). Fuente: Programa de Hortalizas, UNA La Molina, 2000 [http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/pdf/16-p195%20a%20p202%20\(Glosario%20y%20Bibliografia\).pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hortalizas/pdf/16-p195%20a%20p202%20(Glosario%20y%20Bibliografia).pdf).

en el hecho de que muchas especies de organismos se alimentan o completan su ciclo de vida a costa de otros. Puede mencionarse que, en el caso de los insectos benéficos, éstos pueden dividirse en predadores y parasitoides.

Los insectos benéficos-predadores son los que se alimentan de otros insectos, como las mariquitas que comen pulgones. Los insectos benéficos-parasitoides, son aquellos que se alojan en otro insecto alimentándose de él hasta matarlo, como las avispas *Aphydius sp.* que parasitan pulgones.

- **Método de Control Etológico**, es el que se basa en el estudio del comportamiento y las preferencias de cada plaga en sus diferentes estados. Este método en realidad constituye un enfoque que enriquece los anteriores, al considerar las horas de desplazamiento de los insectos, sus hábitos alimenticios, su preferencia por determinados colores, las condiciones que requieren para aparearse, etc. Además, el control etológico incorpora las llamadas “trampas” para enfrentar a plagas y enfermedades, entre las que se destacan las trampas de luz, de color, de feromonas, alimenticias, entre otras.
- **Método de Control Químico**, que como su nombre lo indica consiste en el uso de productos sintéticos o químicos, y que se recomienda sólo para los casos en que la plaga o enfermedad ha alcanzado mayores niveles de gravedad. Cabe señalar que éstos productos, entre los que se encuentran los insecticidas, fungicidas, bactericidas, han evolucionado notablemente haciéndose más específicos para el insecto, hongo o bacteria que buscan combatir.

Todos estos métodos cuentan además con un conjunto de normas y reglamentos de alcance nacional, que regulan las épocas de siembra y cosecha, el uso de semillas, el ingreso de determinados productos a zonas libres de plagas, entre otras prácticas, a fin de establecer períodos de campo limpio y cuidar la actividad agrícola. A este conjunto de normas se le conoce como **Método de Control Legal**.

8. REFLEXIONES FINALES

Son muchas las reflexiones que se pueden realizar a partir de la problemática del manejo de plagas, especialmente cuando se enfoca el uso indiscriminado de plaguicidas; pero también son muchas las reflexiones cuando se trata de decidirse cual es el camino correcto para que un sistema alternativo al convencional pueda ser implementado.

El Manejo Ecológico de Plagas es la consecuencia de un enfoque agroecológico que proviene de la agricultura orgánica, biológica, ecológica, biodinámica, natural, sostenible o sustentable; coincidentes en la visión holística del entorno del ecosistema y donde la intervención del hombre ha generado los agroecosistemas. Además hay que tener en cuenta las habilidades desarrolladas históricamente, producto de éxitos y fracasos acumulados en el esfuerzo por controlar las poblaciones de plagas que atacan a los cultivos. Todo esto

ha constituido un valioso potencial cultural y tecnológico insuficientemente estudiado y valorado.

El control biológico natural, constituye una parte importante en el desarrollo de estrategias ecológicas de manejo de los problemas fitosanitarios. El control biológico clásico jugará un rol complementario de optimización del control natural, siendo una condición indispensable para su viabilización práctica, la de un trabajo previo de estabilización del ecosistema.

C Ejercitación

TRABAJO INDIVIDUAL

1. Elaboro un ensayo de máximo tres hojas, en el que hago referencia al tema que el profesor me entregue, debo integrar los siguientes elementos:
 - a) Impactos positivos y negativos que se generan por el uso y aplicación de los plaguicidas en la agricultura.
 - b) Alternativas del uso de plaguicidas convencional como el MIP (Manejo Integrado de Plagas) y el MAP (Manejo Agroecológico de Plagas).

EN PLENARIA

2. Socializamos los escritos, comparamos puntos convergentes y divergentes, unificamos criterios e ideas y solicitamos al profesor aclare inquietudes o profundice el tema si es necesario.

D Aplicación



TRABAJO EN EQUIPO

1. Realizamos la siguiente práctica, teniendo en cuenta los pasos que se relacionan, documentamos la experiencia.

Práctica 1.

Aplicación de un método de control etológico de la polilla en el cultivo de papa (*Solanun sp*).

Objetivo.

Aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos en la unidad a través del control etológico con feromonas en cultivo de la papa (*Solanun sp*)

¿QUÉ ES EL CONTROL ETOLÓGICO?

Es un método para el control de plagas que se utiliza aprovechando la conducta de algunos insectos, parte de la idea, de que sólo conociendo los aspectos vitales podemos tener las bases para su manejo de una manera racional. Las aplicaciones del control etológico incluyen la utilización de atrayentes en trampas, cebos, repelentes, inhibidores de alimentación y sustancias diversas que tienen efectos similares.

¿QUÉ ES UNA FEROMONA?

Es la sustancia que desprenden las hembras. Las feromonas son productos orgánicos emitidos por los insectos, que son mensajeros químicos, y que provocan una respuesta en otros individuos de su misma especie que les obliga a adoptar un tipo de comportamiento determinado. Las feromonas sexuales son las más interesantes para su aplicación en el manejo de plagas. Estas sustancias, normalmente emitidas por las hembras, se dispersan en el aire a grandes distancias y atraen a los individuos del sexo opuesto de la misma especie para su reproducción.

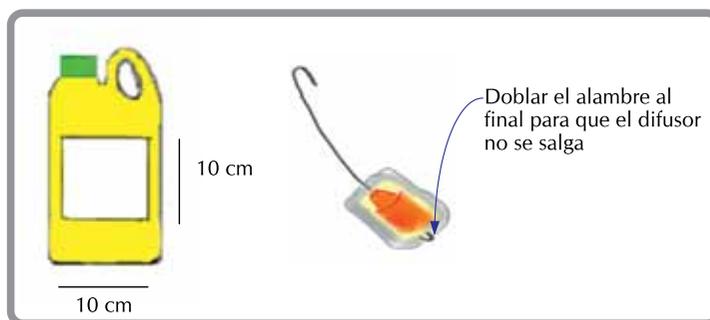
¿PARA QUÉ SIRVEN LAS TRAMPAS?

- ✓ Para estimar la cantidad de insectos presentes y aplicar medidas de control en el momento oportuno.
- ✓ Controlar la población de polillas, atrayendo a los machos adultos evitando que se reproduzcan.

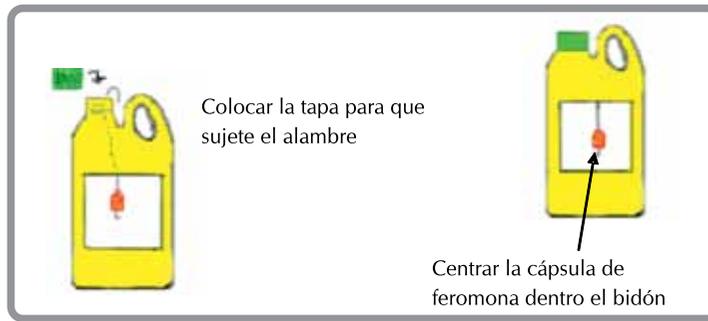
PASO 1.

Construcción de las trampas:

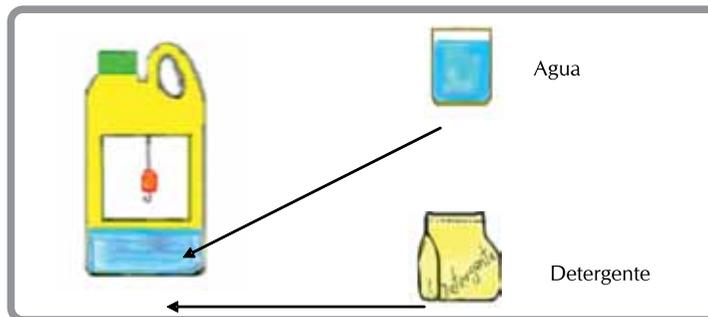
- a) Realizamos dos aberturas, una en cada lateral del bidón, como se observa en la figura. Sujetar la cápsula de feromona con el alambre, es recomendable no sacarla de su empaque original para evitar que se moje y pierda su efectividad.



- b) Sujetar con la tapa el extremo más largo del alambre, procurando que quede en el centro del bidón para evitar que se moje con la lluvia.



c) Añadir agua al bidón hasta un centímetro por debajo del borde de la abertura, poniendo un poco de detergente.

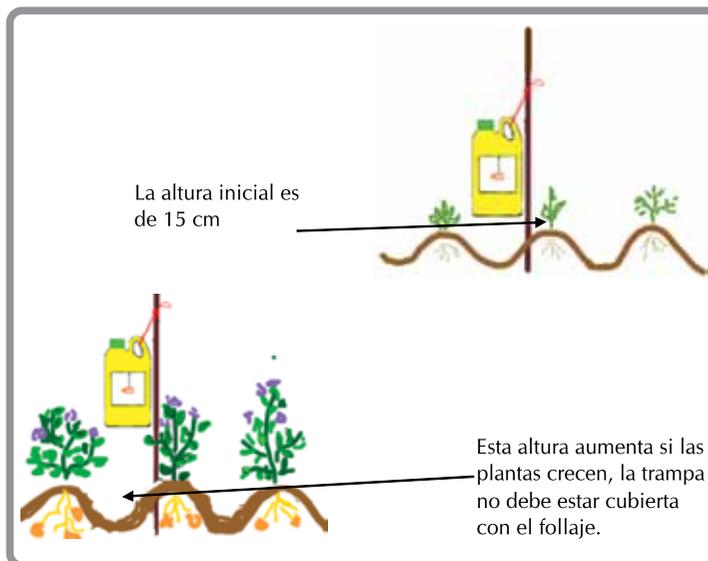


PASO 2.

Colocamos las trampas en la parcela del cultivo de la papa:

Se sugiere que la parcela utilizada para la práctica sea de un vecino para que sirva como parcela demostrativa del control etológico.

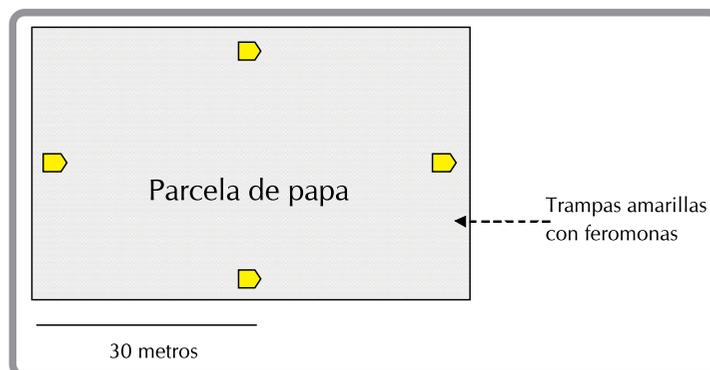
a) Se colocan dentro del cultivo, en los surcos en un principio la altura de la trampa será de 15 cm. por encima del surco, aumentará la altura a medida que el cultivo se desarrolle.



PASO 3.

Distribución de las trampas en la parcela:

En parcela la distribución de las trampas es como se observa en la figura:



La distancia entre trampas debe ser de 30 metros, situarlas preferentemente en el borde de la parcela.

Colocar como máximo una trampa por cada dos sacos de siembra y como mínimo uno por saco dependiendo del tamaño de las parcelas.

En almacén, colocar al ras del suelo una trampa por almacén, realizar el mismo mantenimiento que en campo.

CUIDADO DE LA TRAMPA

NO mojar el difusor de la feromona por que pierde su poder de atracción.

Por ninguna razón la trampa debe quedar sin agua, renovarla semanalmente, esto es para evitar que los insectos escapen de la trampa.

Es conveniente dejar las trampas en el campo con el debido mantenimiento.

La feromona dura aproximadamente 6 meses, una gestión agrícola.

2. En la siguiente tabla reportamos los resultados obtenidos: número de polillas encontradas por unidad experimental (bidón), especie.

| | | |
|---|---------------------------|------------------------|
| Resultados: | | Interpretación: |
|  | | |
| Nro. de polillas encontradas | % de polillas encontradas | |
| | | |

3. Terminada la práctica realizamos un dibujo con los resultados obtenidos con la finalidad de difundir la información a los miembros de la comunidad.
4. Entregamos los resultados de las actividades al docente para que valore nuestros aprendizajes.

E *Complementación*

TRABAJO INDIVIDUAL

1. Ubico en Internet el siguiente link :

http://www.inia.org.uy/estaciones/la_estanzuela/webseminariomalezas/articulos/depradorafael.pdf para descargar el documento denominado Mecanismos de resistencia de las plantas a los herbicidas octubre/ 2011.

2. Leo el documento para ampliar las comprensiones sobre los mecanismos de resistencia de las malezas con respecto a la resistencia cruzada, múltiple y la tolerancia.
3. Realizo un ensayo de la lectura y entrego al profesor, pido valore mi aprendizaje.

BIBLIOGRAFÍA

- ACUDE (2011). Fundación Ambiente, Cultura y Desarrollo - Plaguicidas. (9).
- BRECHLT, A. (2004). El manejo ecológico de las plagas y enfermedades. Fundación Agricultura y Medio ambiente. República Dominicana. Primera edición.
- CALLE, N. (2009). Análisis de la dinámica poblacional de la polilla de papa (*phthorimaea operculella*) en tres comunidades del municipio de Ancoraimes. (118) Bolivia.
- CIDEA, (2011). Centro de Inversión Desarrollo y Exportación de Agronegocios, Guía de manejo seguro de los pesticidas (10).
- CNMA-RM, (1998). Comisión Nacional del Medio Ambiente - Regional Metropolitana. Guía para el control y prevención de la contaminación industrial: almacenamiento, transporte y aplicación de plaguicidas, insecticidas, pesticidas y fungicidas (65). Santiago.
- GLADSTONE, S. y HRUSKA, A. (2003). Una guía para promover el manejo de plagas más seguro y más eficaz con los pequeños agricultores (110). CARE USA Atlanta, Georgia.
- GÓMEZ, J. (1995). Control de malezas (143-152). En CENICAÑA - El cultivo de la caña de azúcar en la zona azucarera de Colombia, Cali.
- O'FARRILL, H. (2004). Aplique plaguicidas correctamente: Manual para agricultores. (66). Universidad de Puerto Rico. Servicio de extensión agrícola.
- OMS (1993) Organización Mundial de la Salud, OPS Organización Panamericana de la Salud. División Salud y Ambiente. Plaguicidas y salud en las Américas, Washington.
- OROZCO, M. (2008). Nuevos Mecanismos de acción de los fungicidas en la agricultura. Reunión de Agricultura Protegida - INIAP. México.
- PAR, (2009). Proyecto Alianzas Rurales. Plan de manejo de plagas. Bolivia.
- http://www.produccionbovina.com/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas_combate_de_plagas_y_malezas/51-herbicidas_hormonales.pdf para descargar el documento denominado Herbicidas hormonales, Puricelli E. y Leguizamón E. (2005), /octubre de 2011.
- PÉREZ, W y FORBES, G. (2011). Manejo Integrado del tizón tardío. Hoja Divulgativa 5. (4). Lima - Perú.

RAMÍREZ, A. y LAZASAÑA, M. (2002). Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. Barcelona - España 4 (2): 67-75.

<http://www.pv.fagro.edu.uy/Malezas/Doc/ClasificacionHerbicidas.pdf> para descargar el documento denominado Unidad de malezas. Rodríguez /octubre de 2011.

http://www.intramed.net/sitios/libro_virtual4/8.pdf para descargar el documento denominado Compuestos orgánicos persistentes, Tolcachier /octubre de 2011.

<http://ipmworld.umn.edu/cancelado/Spchapters/W&WinsectSP.htm> para descargar el documento denominado Introducción a los insecticidas. El Texto Mundial de MIP/ Ware, G y Whitacre, D (2004) / octubre de 2011.

<http://hongosalergenicos.reviberoammicol.com/files/001.PDF/> para descargar el documento denominado El reino de los hongos. Revista Iberoamericana de Micología/octubre de 2011.

UNIDAD 3

MANEJO DE PRE COSECHA Y POS COSECHA

OBJETIVO ESPECÍFICO

- Reconocer las principales labores que deben realizarse durante la cosecha y pos cosecha para garantizar una buena calidad del producto.

COMPETENCIA ESPECÍFICA

- Explica las principales labores durante la cosecha y pos cosecha de productos de origen agrícola.



Fuente: a) Edwin F. de León Barrios b) interempresas.net c) elsolonline.com

A Vivencias

Una de las mayores pérdidas tanto en cantidad como en calidad de productos hortofrutícolas generalmente se presenta entre la cosecha y el consumo. Se estima, que ésta pérdida en países desarrollados se encuentra entre un 5 a 25% y de un 20 a 50% en países en vías de desarrollo, dependiendo del producto. Para reducir éstas pérdidas es importante comprender que los productos agrícolas después de la cosecha están expuestos a factores biológicos y ambientales; las cuales causan que el producto pierda calidad. Este alto porcentaje de pérdida se debe al desconocimiento en el manejo postcosecha del producto, aún cuando no se descartan aquellas pérdidas atribuibles a la fase previa de la cosecha o precosecha.

Por ello, es importante tomar en cuenta que los frutos una vez cosechados estas continúan vivas, es decir, siguen madurando e iniciando procesos de senescencia; lo que conlleva una serie de cambios estructurales, bioquímicos que son específicos para cada fruto. La senescencia es la etapa final del desarrollo de los órganos vegetales (raíces, tallos, hojas, flores, frutos); estos procesos irreversibles que conducen a la muerte de las células y además están en constante pérdida de agua debido a la transpiración. A esto se suma el ataque de fitopatógenos y plagas por daños mecánicos.

Para minimizar estas pérdidas económicas de los productos agrícolas y retardar la senescencia y mantener el producto en buena calidad se logra a través de buenas prácticas y el uso adecuado de tecnologías de postcosecha particular para cada producto agrícola. Desde la clasificación, lavado, desinfección, etiquetado y transporte al mercado, ya que su comercialización dependerá de la presentación del producto final en: higiene, apariencia, textura y el valor nutritivo que son cualidades que son requeridas por los consumidores ya sea en fresco o para procesamiento.

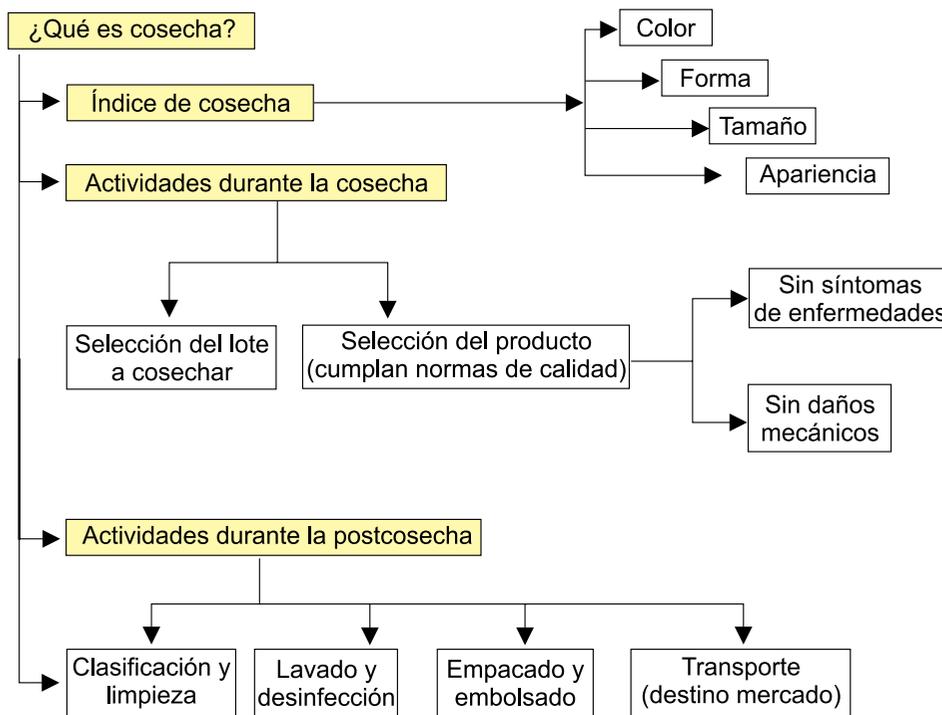
TRABAJO EN EQUIPO

1. Nos organizamos en grupos de trabajo y asignamos los roles de líder, ayudante, administrador del tiempo, relator, comunicador.
2. Damos respuesta por escrito a las siguientes interrogantes:
 - a. Mencionamos ¿qué productos cultivamos en nuestras fincas?
 - b. ¿Realizan un cronograma de cosecha de sus productos agrícolas?
 - c. Mencionamos ¿qué parámetros consideran para saber, el momento oportuno de cosecha de sus productos?
 - d. ¿Qué entendemos por índice de cosecha?
 - e. Mencionamos ¿qué cuidados realizan durante la cosecha?

- f. Mencionamos ¿cuáles son las prácticas y/o actividades de postcosecha que realizan?
- g. ¿Qué parámetros consideramos que son importantes en la determinación de la calidad de los productos agrícolas?

EN PLENARIA

3. Socializamos nuestro trabajo al resto del grupo
4. Solicitamos al profesor que conjuntamente con la participación de los estudiantes elabore un diagrama de flujo de la información recabada, bajo el siguiente modelo:



5. Pedimos al profesor que valore el trabajo realizado.

B *Fundamentación Científica*

TRABAJO EN EQUIPO

1. Solicitamos al ayudante de subgrupo haga lectura del siguiente texto:
2. Registramos en nuestra libreta de apuntes las ideas más relevantes y complementarias del texto.

1. ASPECTOS GENERALES DE LOS PRODUCTOS HORTOFRUTÍCOLAS

Dada la diversidad de las especies vegetales se cuenta con una amplia diversificación de productos hortofrutícolas las cuales agrupan a todas aquellas estructuras vivas u órganos que son comestibles y son conocidas comúnmente como frutas, hortalizas y verduras.

Cuando hablamos de *hortalizas* nos referimos a aquellas plantas comestibles herbáceas producidas en la huerta, de la que una o más partes pueden utilizarse como alimento en su forma natural. Se denominan *verduras* aquellas reservas cuyas partes comestibles son de color verde de las plantas y son aptas para la alimentación. Dentro del grupo de alimentos de hortalizas se encuentran las legumbres frescas y algunos autores incluyen los tubérculos (papa) y raíces tuberosas (yuca o mandioca).

1.1 FRUTOS Y HORTALIZAS

Son estructuras vivas que tras la recolección siguen manteniendo procesos fisiológicos de la respiración, transpiración y producción de etileno características de la maduración (**Figura 1**). Cuando el fruto está unido a la planta las pérdidas producidas se reponen, pero después los procesos fisiológicos se mantienen a expensas de sus reservas. Esta forma de vida no puede ser indefinida; razón por la que, las hortalizas y frutos frescos son considerados como productos perecederos porque tienen una tendencia a deteriorarse por motivos fisiológicos y por la invasión de plagas y enfermedades aumentando así las pérdidas durante la postcosecha (CAMAGRO, 2011). Al respecto Picha (2004) señala que debido a la naturaleza delicada de la cáscara de los vegetales y la pulpa interna siempre deben tenerse en cuenta cuando se cosecha y se maneja el producto. Las heridas, magullones y daños físicos infringidos al producto por las prácticas de cosechas rudas y agresivas resultarán en una pérdida de calidad significativa del producto y un aumento en el deterioro postcosecha. Las áreas dañadas sirven como punto de entrada a las bacterias y hongos patógenos que estén presentes en el medio ambiente.

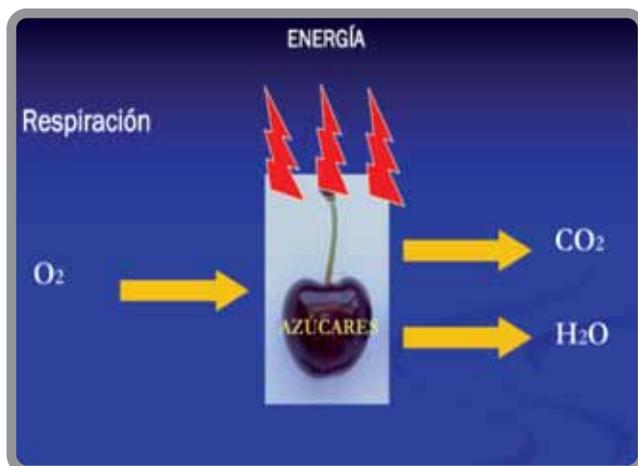


Figura 1. Procesos fisiológicos de respiración, transpiración de los frutos.

1.2 VIDA DE LOS FRUTOS Y HORTALIZAS

Según Pérez (2011) y el Programa de Postcosecha (2011) la vida de los frutos y hortalizas se presentan las siguientes etapas:

- **Crecimiento:** Esta etapa implica división celular y por lo tanto el desarrollo de las células quedan por resultado el tamaño final alcanzado por el producto.
- **Maduración:** Durante la maduración se presentan cambios de color, sabor y textura y los cambios asociados con la maduración implican una pérdida de clorofila, aparición de otros pigmentos, cambios en la acidez, astringencia e incremento en azúcares, cambios en ácidos, fenoles y componentes volátiles y por último cambios en la textura del fruto por el rompimiento de la protopectina en ácidos pépticos que son moléculas pequeñas (**Figura 2**).

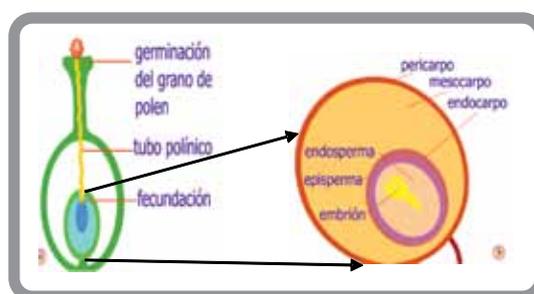


Figura 2. Proceso de formación y maduración del fruto.

La madurez fisiológica se inicia antes y el crecimiento se presenta solo en frutos unidos a la planta. Por lo que el

Crecimiento + maduración fisiológica = Desarrollo del fruto

- **Senescencia:** Esta etapa definida como supermadurez, es una fase en que los procesos bioquímicos sintéticos, dan paso a la degeneración conduciendo al envejecimiento y posteriormente a la muerte. Esto trae como consecuencia que los frutos se vuelvan insípidos y de textura blanda. También es importante tener en cuenta que en esta etapa los frutos son susceptibles al ataque de microorganismos.

La forma de crecimiento de los frutos es tipo *sigmoideal simple* (ver **Figura 3**). Este tipo de crecimiento se caracteriza por un crecimiento inicial lento, uno exponencial rápido y posteriormente una reducción de la velocidad del mismo, característica de las frutas sin semilla dura como: manzana, fresa, naranja, jitomate, plátano, melón, papaya y piña.

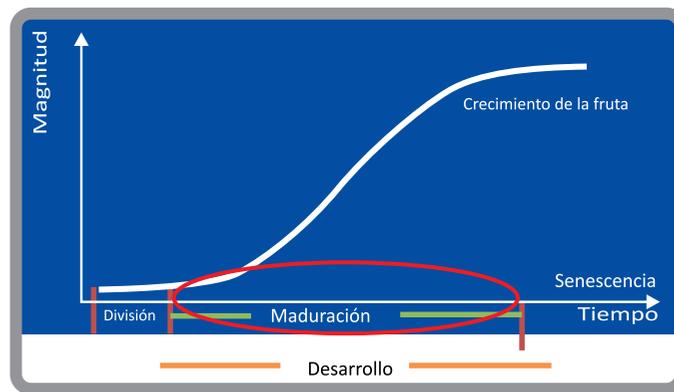


Figura 3. Etapas fisiológicas de los frutos

Sin embargo, en frutos con semilla dura (durazno, ciruela) y otras como la uva y el higo se caracterizan por presentar un crecimiento cíclico o *doble curva de sigmoide*. Las cuales se caracterizan por tener dos etapas de crecimiento rápido separadas de una etapa de crecimiento lento (Figura 4).

La primera etapa se caracteriza por que el pericarpio y la semilla aumentan de tamaño y peso por división y alargamiento celular. El endocarpio y la semilla, excepto el embrión casi alcanzan su tamaño por completo y el embrión casi no desarrolla. En la segunda etapa ocurre el endurecimiento del endocarpo y desarrollo del embrión, hasta casi alcanzar su tamaño máximo (dependiendo de la especie). La tercera etapa se caracteriza por el aumento en tamaño y peso, puede ser similar a la primera etapa y hay un aumento de los espacios intracelulares.

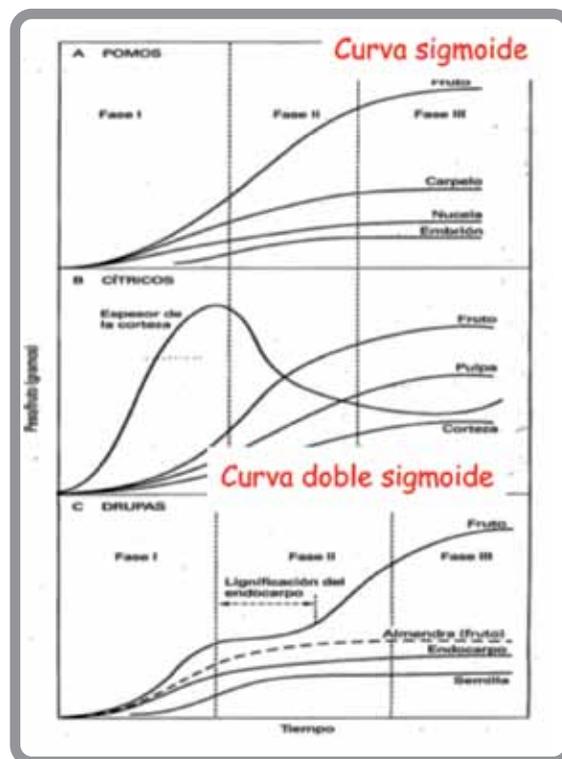


Figura 4. Curvas de crecimiento de los frutos

1.3 PERECIBILIDAD RELATIVA Y VIDA ÚTIL DEL PRODUCTO FRESCO

Clasificación de los productos hortofrutícolas de acuerdo a su perecibilidad relativa y la vida útil del producto con relación al potencial en aire a su temperatura y humedad relativa óptimas se agrupan en:

Tabla 1. Clasificación de los productos agrícolas según su perecibilidad y vida útil.

| Índice de perecibilidad | Vida potencial en semanas | Productos hortícolas |
|-------------------------|---------------------------|---------------------------------------|
| Muy Alto | Menos de 2 semanas | Brócoli, coliflor, espinaca y lechuga |
| Alto | 2 a 4 semanas | Aguacate, repollo, apio y tomate |
| Moderado | 4 a 8 semanas | Remolacha, rábano, zanahoria y papa |
| Bajo | 8 a 16 semanas | Cebolla, camote, ajo y calabaza |
| Muy Bajo | Más de 16 semanas | Nueces y frutas secas |

1.4 CALIDAD FRUTÍCOLA

Para la comercialización de los productos agrícolas se deben cumplir normas y estándares de calidad ya que los consumidores esperan que los productos sean cada vez más seguros y no sufran brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) después de haber consumido un producto hortofrutícola fresco. Por lo que la evaluación de estos productos debe ser controlado en todas las etapas de la producción hasta el consumidor (Galleguillos, 2011). El control de la calidad e inocuidad de frutas y hortalizas frescas se presentan como una buena alternativa para cumplir con las exigencias de los mercados consumidores, ya que incluye todos los aspectos sanitarios y de seguridad en los alimentos y reflejan el deseo de obtener constantemente productos sanos y de calidad, con base en el manejo integrado de plagas, enfermedades y malezas, minimizando el impacto y el deterioro ambiental, reduciendo el uso de agroquímicos, asegurando una actitud responsable frente a la salud y seguridad de los trabajadores agrícolas y manteniendo la confianza del consumidor respecto a la inocuidad y calidad de los alimentos. Todo esto con el fin de garantizar la calidad y seguridad alimenticia y se entiende como:

SEGURIDAD ALIMENTICIA

La garantía de que los alimentos no causarán perjuicios al consumidor cuando sean preparados o ingeridos de acuerdo con su uso previsto.

CALIDAD ALIMENTICIA

La totalidad de las características y rasgos de un producto relacionado con su capacidad para satisfacer necesidades explícitas o implícitas.

Fuente: Silva (2011)

Para definir la **calidad** de los productos frutícolas en sí mismos éstos deben reunir ciertos atributos que han adquirido una especial relevancia en aspectos sensoriales y nutricionales es así que según Pinto y Mozo (2011) señalan que la:

Calidad Frutícola: Es definida como aquellas que reúne las características de tamaño, forma, color, sabor, textura, aroma, ausencia de productos agroquímicos, sin presencia de insectos, bacterias y hongos. Estas características no deben variar en el tiempo.

A medida que pasa el tiempo, los consumidores son cada vez más exigentes y lo mismo sucede con los mercados en los aspectos de calidad. De todos modos, el concepto de calidad varía mucho, dependiendo del agente que lo maneje. Por ejemplo, para el productor el concepto de calidad será diferente al del consumidor y éste al del industrial o procesador (Pinto y Mozo, 2011).

De acuerdo con Pinto y Mozo (2011) la calidad se clasifica según su finalidad en:

CALIDAD COMERCIAL:

Se refiere a la presentación externa del producto como: color, tamaño, forma, ausencia de daños mecánicos y daños causados por plagas y enfermedades. Este factor es el que se tiene en cuenta para la elaboración de las normas de calidad. El grado de madurez es un factor de gran importancia en la calidad comercial.

CALIDAD SENSORIAL (ORGANOLÉPTICA):

Se refiere a aquellas propiedades que afectan los sentidos del consumidor y que hacen que el fruto sea o no consumido. Por ejemplo: con el sentido del gusto, determinamos lo dulce, ácido, sólido, amargo, astringente; con el sentido de la vista, determinamos: el color, forma, tamaño, apariencia; con el sentido del olfato, determinamos: aromas; con el sentido del tacto, determinamos consistencia (firme y/o blanda).

CALIDAD HIGIÉNICA:

Esta calidad representa la sanidad del producto. Se trata de las sustancias que están presentes sobre los frutos y que pueden ser perjudiciales para la salud. Estos agentes perjudiciales pueden ser microorganismos como bacterias, hongos, virus o la contaminación que puede provenir del suelo, las aguas, las excretas tanto humanas como animales, los operarios y los equipos que se utilicen.

2. FACTORES DE PRECOSECHA QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD

Muchos factores de precosecha determinan la composición y la calidad de los productos hortofrutícolas. La influencia de cada uno de estos puede variar en su intensidad o hacerlo de forma individual o por interacción con otros factores. Por lo que la calidad comienza a determinarse mucho antes que la cosecha y es importante conocer la manera en que estos factores afectan el comportamiento posteriormente a su cosecha. Entre estos factores tenemos a factores: agronómicos, genéticos, ambientales y fisiológicos.

2.1 FACTORES AGRONÓMICOS

Una nutrición vegetal adecuada y equilibrada es esencial para el desarrollo de la planta y consecuentemente sobre la calidad del fruto por su característica de órgano sumidero. Tanto el contenido de un nutriente como el equilibrio entre dos o más pueden afectar al crecimiento y estado fisiológico del fruto, pudiendo originar alteraciones tanto por deficiencia como por una dosis excesiva (Romajaro *et al.*, 2011).

Aunque se ha estudiado la incidencia de numerosos macro y microelementos sobre la calidad, los que han despertado un mayor interés ha sido nitrógeno y calcio ya que participan en forma activa en numerosos procesos metabólicos. El contenido de nitrógeno está directamente relacionado con la síntesis de proteínas y carotenoides, pudiendo afectar a la coloración del fruto, tanto a nivel de la piel como de la pulpa. Un exceso del mismo provoca una disminución de la coloración de la pulpa en melocotón y nectarinas, mientras que una deficiencia induce en la pera la aparición de manchas. Con respecto, al aroma se observa un efecto similar, ya que este parámetro sensorial mejora en manzana y pera cuando la dosis de nitrógeno es alta y baja respectivamente (Romajaro *et al.*, 2011).

En general se considera que un contenido excesivo de nitrógeno se traduce por una mayor producción foliar a costa de una menor calidad el fruto. Esto afecta no solo a parámetros nutricionales como vitamina C y aminoácidos esenciales, sino también a la textura en pos recolección, tamaño e incluso provoca retrasos en la maduración en los frutos de hueso.

El calcio es el elemento que con más frecuencia se ha relacionado con la calidad de los productos hortofrutícolas y en especial con la textura, debido a que participa en numerosos procesos del desarrollo y en el mantenimiento de la estructura de la pared celular, por su capacidad para establecer enlaces iónicos con los grupos carboxilatos de las pectinas. (Poovaiah *et al.*, 1988).

Este catión es responsable de un elevado número de alteraciones fisiológicas o fisiopatías que se pueden manifestar durante el crecimiento del fruto en la planta o posteriormente en la pos recolección. Todas ellas tienen una repercusión económica importante, ya que las producciones afectadas no son comercializables (Romajaro *et al.*, 2011). Por lo que la nutrición de cultivo influye de manera directa en: tamaño, peso, contenido de sólidos solubles totales, acidez y contenido de vitaminas entre otros.

Otros factores agronómicos como las características del suelo, textura, drenaje, y disponibilidad de nutrientes afectan sobre todo al tamaño y aspecto externo del fruto.

Uno de los factores que condicionan la calidad en el momento de la recolección y durante la conservación es la cantidad y momento de aplicación del agua de riego. La importancia de la disponibilidad y humedad relativa ambiental están condicionada por los gradientes de potencial hídrico entre el tejido vegetal y el aire, ya que cuando la planta pierde agua se produce un flujo de la misma hacia las hojas, disminuyendo el aporte hídrico y de nutrientes al fruto. Cuando la pérdida de humedad es elevada, del orden del 5%, la turgencia celular puede verse afectado y en consecuencia la textura puede disminuir

sensiblemente, sobre todo en los vegetales de hoja como espinaca y lechuga (Shackel *et al.*, 1991).

Los excesos y las diferencias de nutrientes causan desórdenes fisiológicos y restan calidad al fruto y en casos severos la pérdida total del fruto.

2.2 FACTORES GENÉTICOS

Se considera que el genoma es responsable del funcionamiento de la planta en relación con las condiciones medio-ambientales y que el logro del fruto de calidad depende en definitiva del comportamiento de una variedad en un medio externo determinado. Los trabajos realizados en mejora vegetal clásica han puesto en evidencia que el genoma se expresa de forma muy fragmentada a lo largo de la vida del árbol y parece ser que solo es requerido menos del 10% del mismo. En estas circunstancias parece lógico pensar que en lo que respecta a la calidad del fruto solo estará implicada una parte más limitada del mismo y durante un periodo de tiempo más corto (Audergon *et al.*, 1991).

La variabilidad genética de un cultivar, dentro de una misma especie, es relativamente amplia, por lo que la selección de la más apropiada es de vital importancia para la calidad del producto final. Es importante considerar que inicialmente el genoma nos va a determinar cuantitativa y cualitativamente no solo los parámetros responsables de la calidad organoléptica y nutricional, si no también otros que repercuten sobre la aptitud del fruto a evolucionar tras la recolección y su capacidad de conservación.

Por lo que la selección varietal es esencial, ya que la obtención de un fruto de calidad dependerá de su potencial genético y de las condiciones ambientales y de cultivo. Recientemente, las técnicas de biología molecular se han convertido en una alternativa, complementaria a la genética clásica, para mejorar los atributos de calidad y prolongar la vida comercial útil en postcosecha (Romajaro *et al.*, 2011).

2.3 FACTORES AMBIENTALES

Aunque en el cultivo en campo, la mayoría de los factores ambientales son difíciles de controlar se ha comprobado que tienen una gran influencia en la calidad y valor nutricional de numerosos productos agrícolas, tanto por efecto de la intensidad y calidad de la luz que reciben, como por las temperaturas a las que están expuestos, contenido de CO₂ en el ambiente. A continuación mencionaremos los siguientes:

TEMPERATURA

Uno de los factores climáticos que más afectan a la calidad del fruto son las altas temperaturas en el periodo precosecha. La magnitud del daño depende de la temperatura, tiempo de exposición, estado de desarrollo del fruto, entre otros. Por cada aumento de 10° C. por encima de lo óptimo, la tasa de deterioro aumenta 2 a 3 veces. (Kader, 1992).

Los efectos directos inducen daño en las membranas celulares, proteínas y ácidos

nucleídos y los indirectos inhibición de la síntesis de pigmentos o degradación de los ya existentes, produciéndose una amplia gama de síntomas de escaldado y quemaduras. En manzanas, fresas y peras se ha puesto de manifiesto una relación indirecta entre la temperatura y la firmeza, manteniéndose o aumentando cuando el nivel térmico no es alto (Sams, 1999).

Algunos de estos efectos pueden verse amplificados cuando las altas temperaturas están asociadas a una radiación solar intensa, afectando no solo a las alteraciones de color, pardeamientos. También a las propiedades organolépticas debido a cambios en el contenido en sólidos solubles y acidez valorable. La calidad nutricional también puede sufrir modificaciones, en función al cultivo, del contenido vitamínico, ya que en general temperaturas inferiores a 20 ° C. favorecen el aumento de la vitamina C (Shewfelt, 1990).

Además una alta temperatura es propicia la germinación de esporas y el crecimiento de los patógenos, la misma que puede ocasionar pérdida de calidad y por ende daños económicos.

HUMEDAD RELATIVA

La tasa de pérdida de agua de los productos y hortalizas depende de la diferencia de la presión del vapor entre el producto y el medio ambiente la cual está influenciada por la temperatura y humedad relativa. A una temperatura y una velocidad del movimiento del aire específicas, la tasa de pérdida del producto depende de la humedad relativa dada, la pérdida de agua se incrementa con el aumento en la temperatura (Kader, 1992).

COMPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

La reducción del oxígeno y el aumento de los niveles de dióxido de carbono, los cuales pueden ser intencionales, como modificadas o controladas durante el almacenamiento o no intencionales (ventilación restringida dentro envases y en los vehículos de transporte) puede atrasar o acelerar el deterioro de los productos frescos. La magnitud de éstos depende del tipo de producto, variedad, la edad fisiológica, los niveles de oxígeno y CO₂, temperatura y el período de almacenamiento (Kader, 1992).

2.4 FACTORES FISIOLÓGICOS

Entre los factores fisiológicos involucrados en el deterioro de los frutos están: la respiración, fotosíntesis, transpiración por lo que es importante saber cómo se producen estos procesos (ver **Figura 5**)

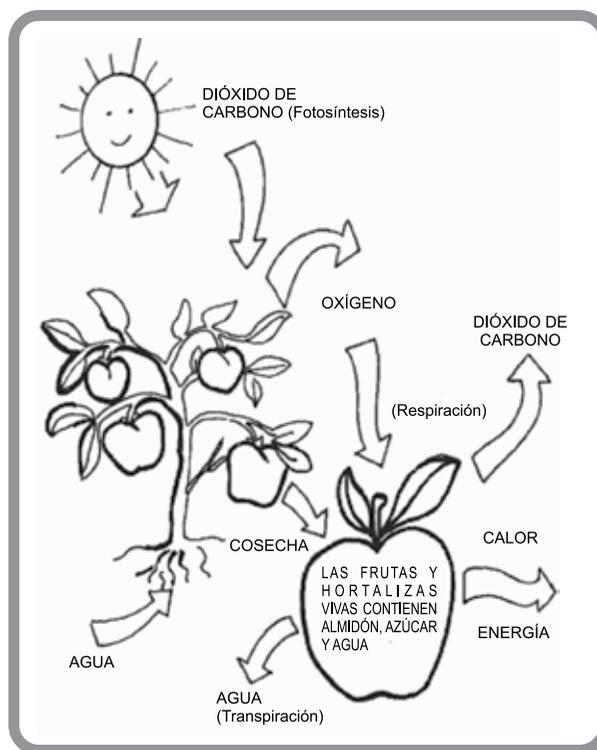
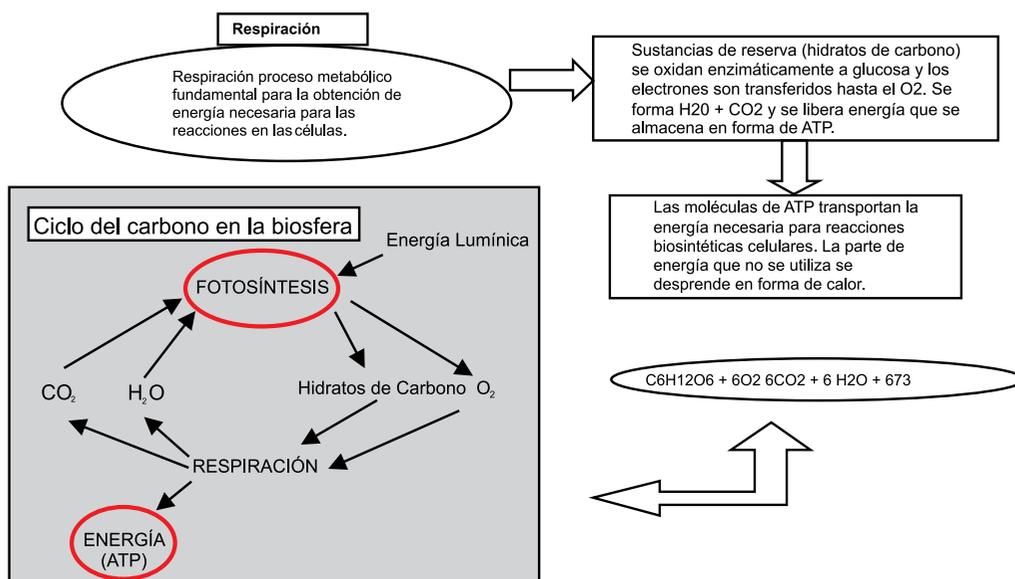


Figura 5. Factores que intervienen en la calidad de los frutos una vez cosechados.

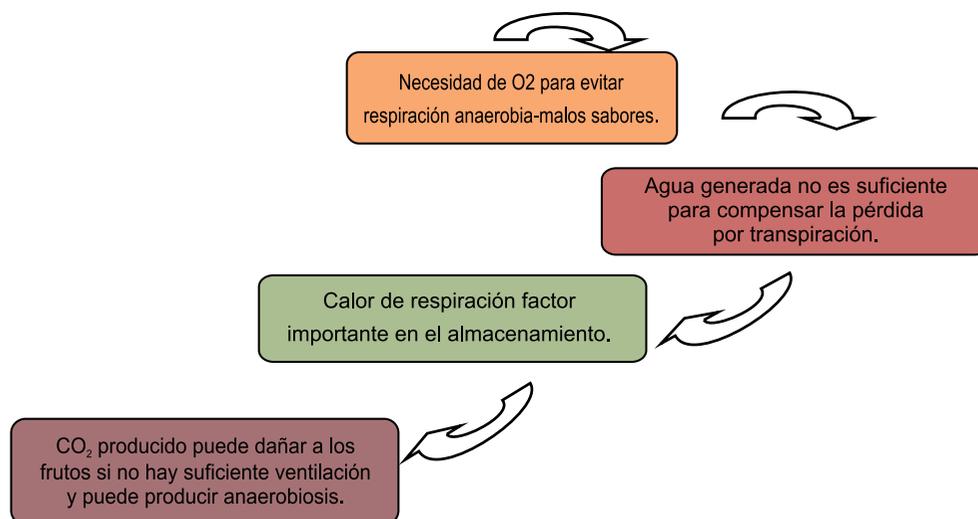
RESPIRACIÓN

La respiración es el proceso mediante el cual reservas (orgánicas, proteínas y grasas) son degradadas a productos finales simples con la liberación de energía. Como se muestra en el siguiente esquema:



Fuente: <http://www.agro.unalmed.edu.co/ivia/docs/Postrecoleccionytransportedefrutas.pdf>. Pérez, B

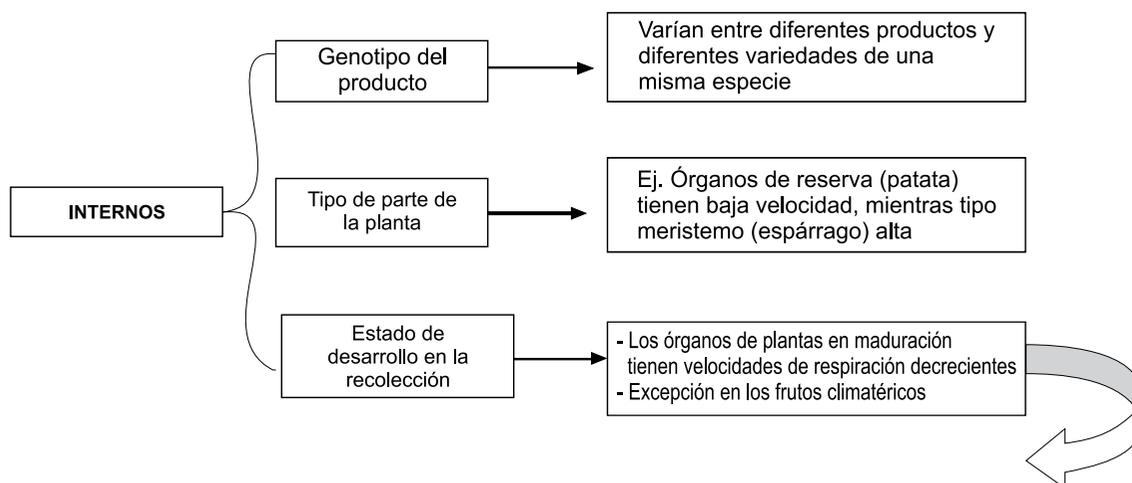
Las consecuencias de la respiración son:

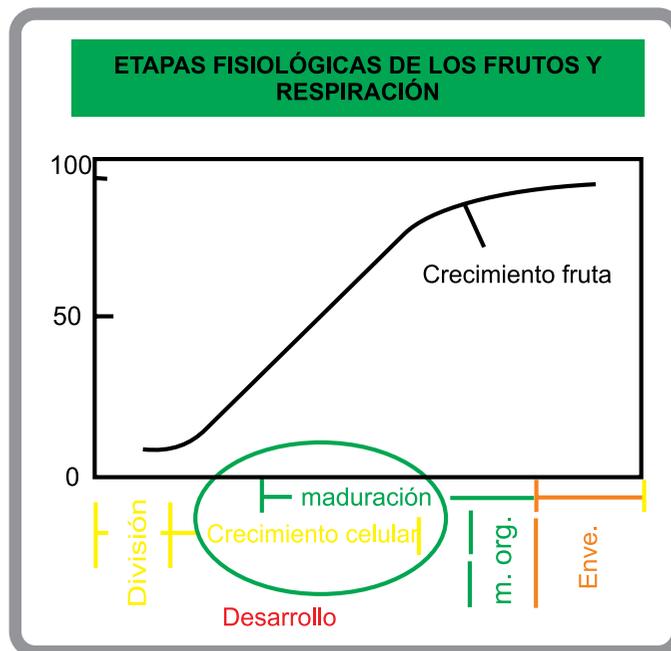


Según Kader (1992) la pérdida de las reservas del material inorgánico en el producto durante la respiración significa:

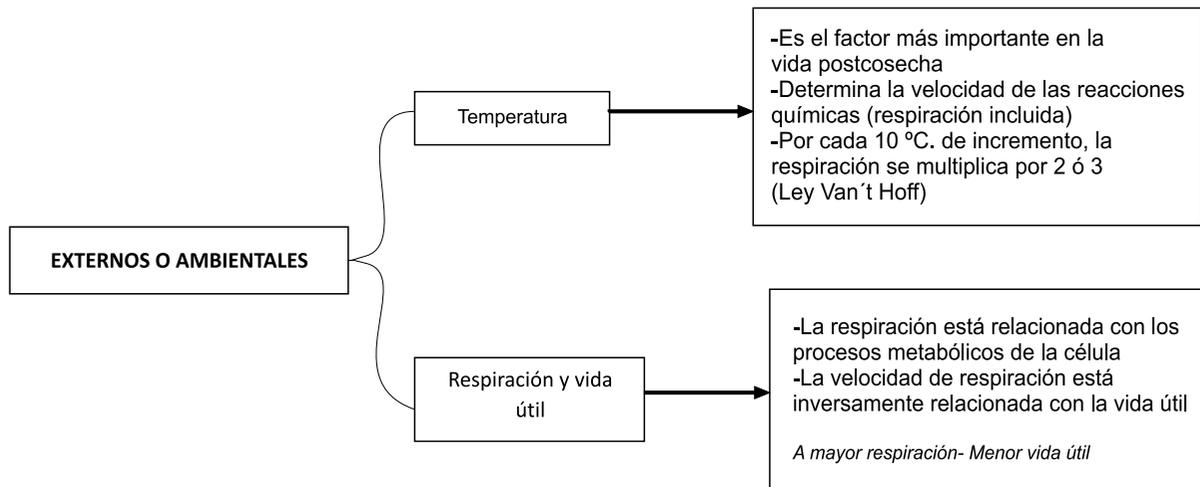
- Una aceleración de la senescencia conforme las reservas que mantiene vivo al producto se agotan.
- Una reducción del valor nutritivo (valor energético para el consumidor).
- Pérdida en la calidad del sabor, especialmente en la dulzura.
- Pérdida del peso seco vendible (especialmente en productos destinados a la deshidratación).

Factores que afectan a la velocidad de transpiración





Fuente: <http://www.agro.unalmed.edu.co/ivia/docs/Postrecoleccionytransportedefrutas.pdf>. Pérez, B



Fuente: <http://www.agro.unalmed.edu.co/ivia/docs/Postrecoleccionytransportedefrutas.pdf>. Pérez, B

La tasa de deterioro (pericibilidad) de los productos cosechados es generalmente proporcional a la tasa respiratoria y de acuerdo a su velocidad de respiración los productos hortícolas son clasificados ver **Tabla 2**.

Tabla 2. Clasificación de los productos hortofrutícolas de acuerdo a su comportamiento respiratorio durante la maduración.

| Clase | Rango a 5°C (41°F) mg CO ₂ /Kg.hr* | Productos |
|---------------------|--|--|
| Muy baja | < 5 | Nueces, dátiles, frutas y hortalizas secas |
| Baja | 5-10 | Manzana, cítricos, uva, kiwi, ajo, cebolla, papa (madura), camote, betabel, apio, arándano, melón, papaya, piña y sandía. |
| Moderada | 10-20 | Chabacano, banana cereza, durazno, nectarine, pera, ciruela, higo, col, zanahoria (sin hojas), lechuga, pimiento, tomate, papa (inmadura), pepino, aceituna, rábano (sin hojas), calabacita, arándano azul, melón y mango. |
| Alta | 20-40 | Fresa, zarzamora, frambuesa, coliflor, zanahoria con hojas, aguacate, lechugas, rábano con hojas. |
| Muy alta | 40-60 | Alcachofa, germinados, brócoli, col de bruselas, flores cortadas, cebollín, ejote, berro, col de hoja. |
| Extremadamente alta | > 60 | Espárragos, champiñones, perejil, chícharo, espinaca y maíz dulce. |

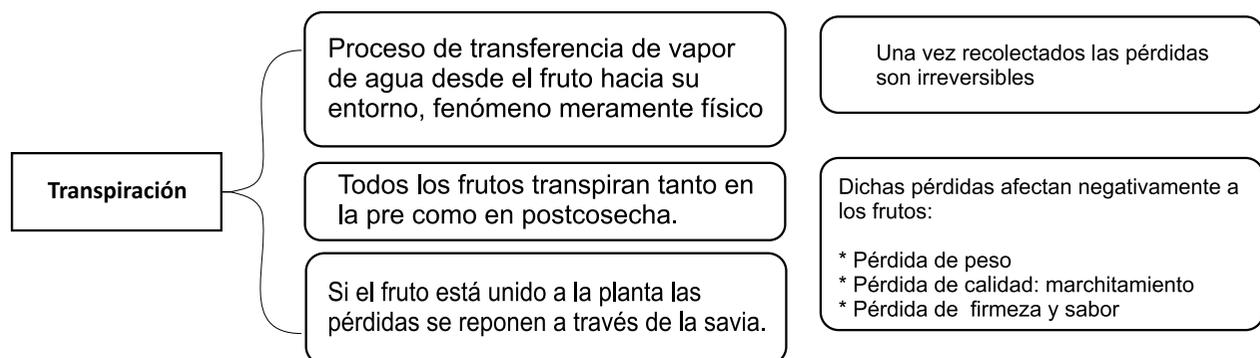
*Calor vital (Btu/ton/24 horas) = mg CO₂/Kg-hr*220
 Calor vital (Kcal/1000 kg/24 horas) = mg CO₂/Kg.hr * 61,2
 Fuente: Kader (1992)

En general, cuanto mayor es el ritmo respiratorio del producto, menor es su vida útil de almacenamiento. Al respecto, los cítricos, la piña y la papaya poseen ritmos respiratorios bajos. Sin embargo, tener presente que la vida útil de la fruta en postcosecha depende de una serie de factores de los que el ritmo respiratorio es tan sólo uno de ellos (Arias y Toledo, 2000).

Debido a que la respiración está relacionada con los procesos metabólicos de la célula. La velocidad de la respiración está inversamente relacionada con la vida útil. Por lo que se puede afirmar que:



TRANSPIRACIÓN



La *transpiración* es debida a la diferencia entre la presión de vapor de agua entre los espacios intercelulares y la del entorno del fruto.

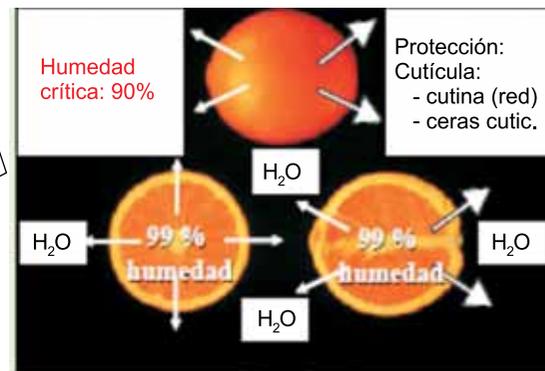


Figura 6. Proceso de transpiración de los frutos.

Fuente: <http://www.agro.unalmed.edu.co/ivia/docs/Postrecoleccionytransportedefrutas.pdf>. Pérez, B.

La transpiración implica una pérdida neta de peso fresco en forma de vapor de agua desde los tejidos vegetales que además afecta otros aspectos que hacen a la calidad visual, como la turgencia y la ausencia de signos de marchitamiento entre otros (Chiesa, 2010). Así también, pérdidas en la calidad de la textura (ablandamiento, flacidez, pérdida de textura crujiente y jugosidad), así como el valor nutricional (Kader, 1992).

La tasa de transpiración es influenciada por factores internos: características morfológicas y anatómicas, la relación entre la superficie y el volumen (daños en la superficie el estado de madurez y externos ambientales (temperatura, humedad relativa, movimiento del aire y presión atmosférica (Kader, 1992). Así por ejemplo:

- Morfología del fruto: Mayor superficie y volumen del fruto mayor transpiración.
- Espesor de cutícula: Mayor espesor de la cutícula menor transpiración.
- Lesiones mecánicas: Roturas epidérmicas mayor transpiración.

La transpiración (evaporación de agua de los tejidos) es un proceso físico, que puede ser controlado por la aplicación de tratamientos al producto (ceras y cubiertas superficiales o envolturas plásticas) o controlar la circulación del aire (Kader, 1992).

PRODUCCIÓN DE ETILENO

El etileno se asocia al control de diferentes procesos fisiológicos y está estrechamente vinculado con la senescencia, con el ataque de plagas y enfermedades, y diversos tipos de estrés (Chiesa, 2010).

Según Arias y Toledo (2000) señalan que el etileno aún a niveles bajos menores que 1 ppm es fisiológicamente activo, ejerciendo gran influencia sobre los procesos de maduración y senescencia de las frutas, influyendo de esta manera en la calidad de las mismas. Asimismo, la formación de la zona de desprendimiento de la fruta del resto de la planta (abscisión), también es regulada por esta sustancia.

Generalmente la tasa de producción de etileno aumenta a medida que el producto se acerca a su madurez, por daños físicos, incidencia de enfermedades, aumento en la temperatura hasta los 30 °C. y estrés de agua. Por otro lado, las tasas de producción de etileno de productos frescos se reduce al almacenar a baja temperatura, al reducir los niveles de oxígeno (menos del 8%) y al aumentar los niveles de CO₂ más de 2% (Kader, 1992). No existe relación entre la cantidad de etileno que producen distintas frutas (**Tabla 3**) y su capacidad de conservación; sin embargo, la aplicación externa de este gas generalmente promueve el deterioro del producto acortando su vida de anaquel (tiempo útil para su comercialización).

Tabla 3. Clasificación de los productos hortofrutícolas de acuerdo a su tasa de producción de etileno.

| Clase | Rango a 20°C (68°F) $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{Kg-hr}$ | Productos |
|---------------------|--|--|
| Muy baja | < de 0,1 | Alcachofa, espárrago, coliflor, cerezo, cítricos, uva, fresa, granada, hortalizas de hojas verdes, raíces y tubérculos, papa, la mayoría de las flores cortadas. |
| Baja | 0,1 – 1 | Arándanos, pepino, berenjena, aceituna, pimiento, piña, melón, calabaza, frambuesa, tomate, sandía. |
| Moderada | 1 – 10 | Plátano, higo, guayaba, melón, mango y tomate. |
| Alta | 10 - 100 | Manzana, aguacate, melón, kiwi, papaya, durazno, pera y ciruela. |
| Extremadamente alta | > 100 | Chirimoya, granadilla china y zapotes. |

Fuente: Kader (1992)

3. COSECHA

3.1 ¿QUÉ ES LA COSECHA?

La cosecha es la separación de la planta madre de la porción vegetal de interés comercial, que pueden ser frutos como tomate, pimiento, manzana, kiwis, etc.; raíces como remolacha, zanahoria y otras; hojas, como espinaca, acelga; bulbos como cebolla o ajo; tubérculos como papa; tallos como el espárrago; pecíolos como el apio; inflorescencias como el brócoli o coliflor, etc. La cosecha es el fin de la etapa del cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para el mercado (López, 2003).

3.2 IMPORTANCIA DE LA COSECHA

La cosecha representa la culminación del trabajo de meses de cuidados y manejo de las plantas. Por lo que los daños físicos durante la cosecha producen serios problemas, ya que predisponen al producto a pudriciones, pérdida de agua y aumento en la respiración y producción de etileno que conducen a su rápido deterioro (López, 2003).

Entonces recordemos que:

Si esta labor se hace mal, se malogran meses de trabajo

En los frutales menores, representa uno de los mayores costos de producción (sobre el 50%).

3.3 MOMENTO O MADUREZ DE COSECHA

Madurez o momento de cosecha son usados en muchos casos como sinónimos y en cierta manera lo son. Sin embargo, para ser más precisos en términos idiomáticos, es más correcto hablar de “**madurez**” en aquellos frutos como el tomate, durazno, pimiento, etc., en donde el punto adecuado de consumo se alcanza luego de ciertos cambios en el color, textura y sabor. En cambio, en especies que no sufren esta transformación como el espárrago, lechuga, remolacha, etc., es más correcto hablar de “**momento de cosecha**”.

El grado de madurez es el índice más usado para la cosecha de frutos pero debe diferenciarse la **madurez fisiológica** de la **madurez comercial**. La primera es aquella que se alcanza luego que se ha completado el desarrollo mientras que la segunda se refiere al estado en el cual es requerido por el mercado. Cada fruto presenta uno o más síntomas inequívocos cuando ha alcanzado la madurez fisiológica. En tomate, por ejemplo, es cuando ha desarrollado la masa gelatinosa que llena el interior de los lóculos y las semillas no son cortadas cuando el fruto es seccionado con un cuchillo filoso. En pimiento, cuando las semillas se endurecen y comienza a colorearse la parte interna del fruto (**Figura 7**) (López, 2003).



Figura 7. La madurez fisiológica del pimiento se alcanza cuando las semillas endurecen y la parte interna del fruto comienza a colorearse.

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

Para reforzar recordemos algunas definiciones importantes:

Madurez fisiológica: Durante la maduración, los frutos sufren una sucesión de importantes cambios bioquímicos y fisiológicos que conducen al logro de las características sensoriales óptimas para el consumo. Se define como **madurez fisiológica** al estado en el cual luego de ser cosechado continúa madurando hasta lograr el sabor, aroma y otras características propias.

Madurez de cosecha: Cuando ya ha alcanzado su máximo sabor y aroma que lo hacen apto para el consumo. Para que lo logre, debe ser cosechado a partir de su madurez fisiológica.

Madurez comercial o de consumo: Características que debe tener la fruta al momento de su consumo.

Fuente: Muñoz.C, http://www.inta.gov.ar/altovalle/actividad/investigacion/poscosecha/programa_madurez/madurez_fisiologica.htm.

La **sobremadurez** es el estado que sigue a la madurez comercial y la preferencia por parte de los consumidores disminuye, fundamentalmente porque el fruto se ablanda y pierde parte del sabor y aroma característicos. Sin embargo, es el punto adecuado para la elaboración de dulces o salsas (**Figura 8**). La madurez comercial puede coincidir o no con la madurez fisiológica. En la mayor parte de los frutos el máximo desarrollo se alcanza antes que el producto alcance el estado de preferencia de los consumidores pero en aquellos que son consumidos inmaduros tales como pepino, zuchinis, chauchas, arvejas, hortalizas baby, etc., la madurez comercial se alcanza mucho antes que la fisiológica.

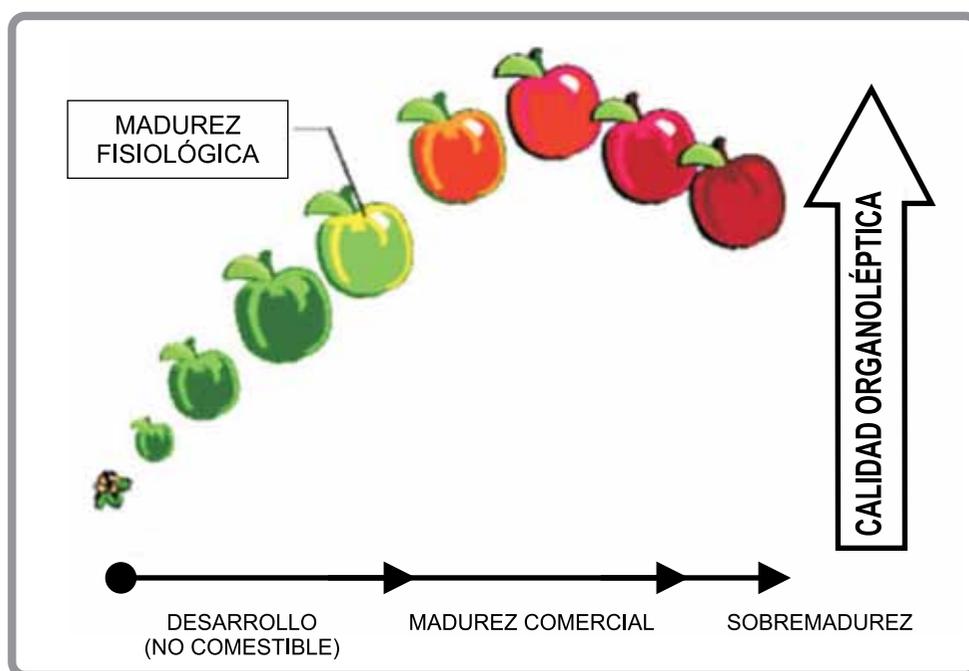
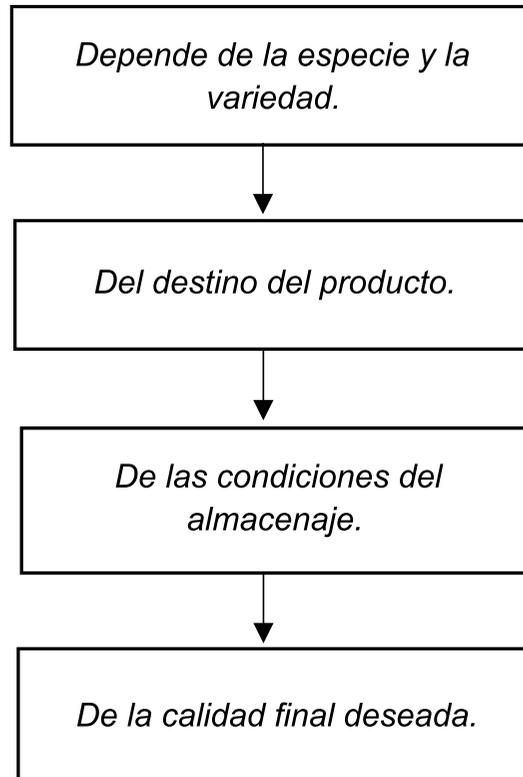


Figura 8. Calidad organoléptica de un fruto en función de su madurez

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

Entonces cuál es el estado ideal de madurez para cosechar:



Los frutos **climatéricos**, como el tomate, durazno y otros, capaces de generar etileno, la hormona necesaria para que el proceso de maduración continúe, aún separado de la planta. Además de ser autónomos desde el punto de vista madurativo, en este tipo de frutos los cambios en el sabor, aroma, color y textura están asociados a un transitorio pico respiratorio y vinculados estrechamente a la producción autocatalítica del etileno.

En los **no climatéricos** como pimiento, cítricos y otros, la madurez comercial solamente se alcanza en la planta (**Tabla 4**). Las **Figuras 9 y 10** ilustran este aspecto: los frutos de tomate por ser climatéricos alcanzan el color rojo intenso cosechados aún cuando el color verde es predominante (**Figura 9**, izquierda). En el pimiento, por otro lado, por ser no climatérico, el color evoluciona muy poco luego de cosechados por lo que el rojo total sólo se obtiene en la planta (**Figura 10**).

Como regla general, cuanto más avanzada es la madurez menor es la vida postcosecha, por lo que para mercados distantes los frutos climatéricos deben ser cosechados lo más inmaduros posible, pero siempre luego de que han alcanzado la madurez fisiológica (López, 2003).

Tabla 4. Ejemplos de frutos climatéricos y no climatéricos.

| No climatérico | | Climatérico | |
|----------------|--------------|-----------------|-----------|
| Aceituna | Marañón | Banana | Mamey |
| Ananá | Mora | Ciruela | Mango |
| Arándano | Naranja | Chicozapote | Manzana |
| Berenjena | Pepino | Chirimoya | Maracuyá |
| Cacao | Pimienta | Damasco | Melón |
| Cereza | Pomelo | Durazno | Membrillo |
| Frambuesa | Tomate árbol | Feijoa | Sandía |
| Frutilla | Uva | Fruto árbol pan | Nectarina |
| Granada | Zapallito | Guanábana | Papaya |
| Guinda | Zapallo | Guayaba | Palta |
| Lima | | Higo | Pera |
| Limón | | Jackfruit | Plátano |
| Litchi | | Kaki | Zapote |
| Loquat | | Kiwi | Tomate |

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

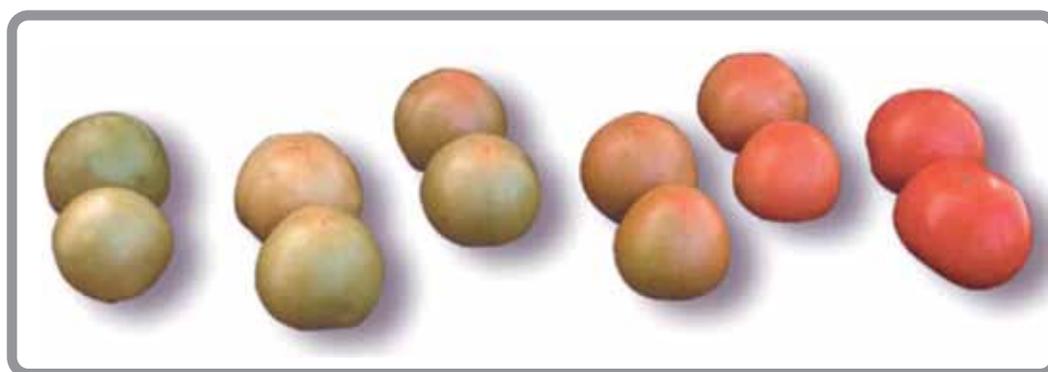


Figura 9. Grados de madurez del tomate (de izquierda a derecha): 1, Verde maduro; 2, Inicio de color; 3, Pintón; 4, Rosado; 5, Rojo pálido y 6, Rojo. Por ser climatérico, el tomate alcanza el grado 6 aún cuando sea cosechado en el grado 1.

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

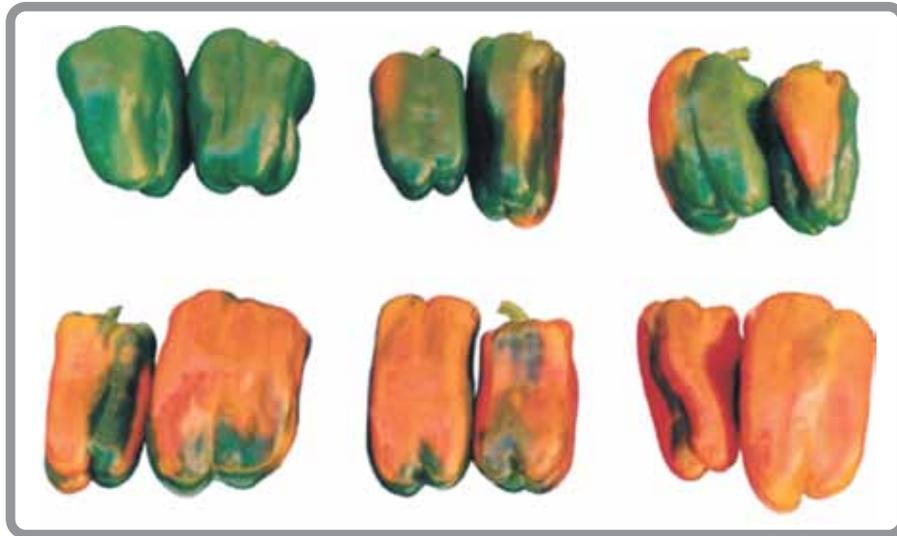


Figura 10. Grados de madurez en pimiento. Por ser no climatérico, el fruto debe alcanzar el color deseado en la planta.

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

El cambio de color es el síntoma externo más evidente de la maduración y se debe, en primera instancia, a la degradación de la clorofila (desaparición del color verde) y a la síntesis de los pigmentos específicos de la especie. En algunas frutas como el limón, la desaparición de la clorofila permite la expresión de los pigmentos amarillos presentes, pero enmascarados por el color verde. Otros frutos como los duraznos, nectarinas y algunas variedades de manzana presentan más de un color, el de fondo, cuyos cambios están asociados a la madurez y el de cubrimiento que en muchos casos es un aspecto varietal (**Figura 11**).

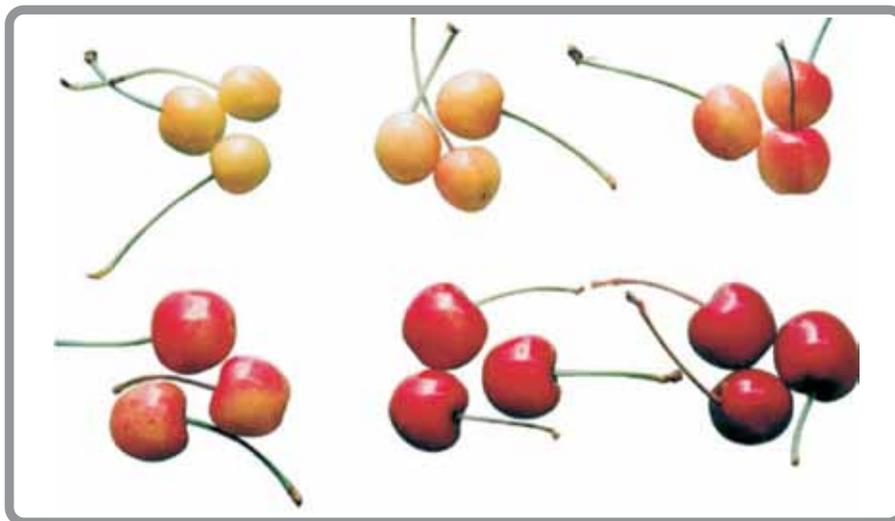


Figura 11. Algunas variedades de cereza presentan un color de fondo que desaparece cuando el fruto alcanza el máximo desarrollo

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

Para la determinación de la madurez sobre la base del color, se utilizan escalas visuales que ilustran el desarrollo o porcentaje de cubrimiento de la superficie del fruto con el color deseado o mediante la medición objetiva mediante colorímetros (**Figura 12**).

El grado de desarrollo es el índice de cosecha más ampliamente usado en hortalizas aunque también en algunos frutos, particularmente cuando son cosechados inmaduros.

En brotes de soja, alfalfa u otras leguminosas, el punto de cosecha se logra antes de la expansión de los cotiledones; en espárrago, cuando los tallos que emergen del suelo alcanzan una determinada longitud; en chauchas francesas cuando alcanzan un determinado diámetro (**Figura 13**); en arveja china y otras chauchas, antes que el desarrollo de la semilla interior sea demasiado evidente (**Figura 14**). En lechuga, repollo y otras hortalizas que forman “cabeza”; el momento de cosecha está determinado por la compacidad, mientras que el diámetro de la raíz a la altura del “hombro” es el indicador en remolacha, zanahoria y otras raíces. El tamaño de planta se utiliza en muchas especies como por ejemplo espinaca, mientras que el porcentaje de los órganos subterráneos que han alcanzado el tamaño deseado, es el indicador en papa (**Figura 15**), batata y otras especies.

Muchos cultivos manifiestan síntomas externos evidentes tales como la caída del follaje en cebolla (**Figura 16**), el desarrollo de capas de abscisión en algunos melones, dureza de la epidermis en zapallos o la fragilidad de la cáscara en algunas frutas secas. El grado de “llenado” del fruto es un índice utilizado en bananas y mangos mientras que el maíz dulce debe ser cosechado cuando los granos alcanzan el estado “*pastoso*” (López, 2003).

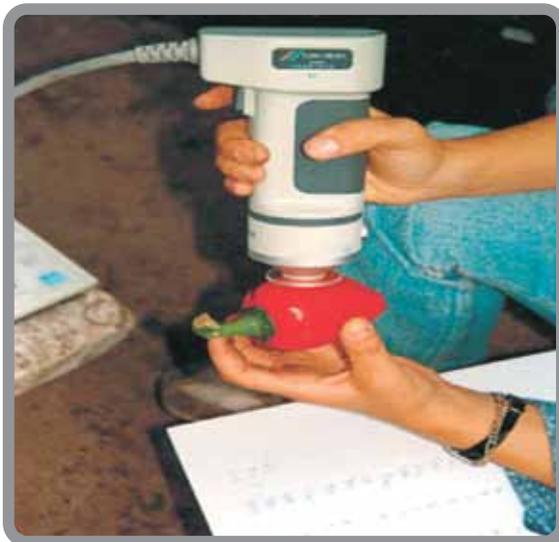


Figura 12. Medición objetiva del color mediante un colorímetro.



Figura 13. Momento de cosecha en función del diámetro alcanzado.



Figura 14. Momento de cosecha en función del grado de desarrollo de las semillas.

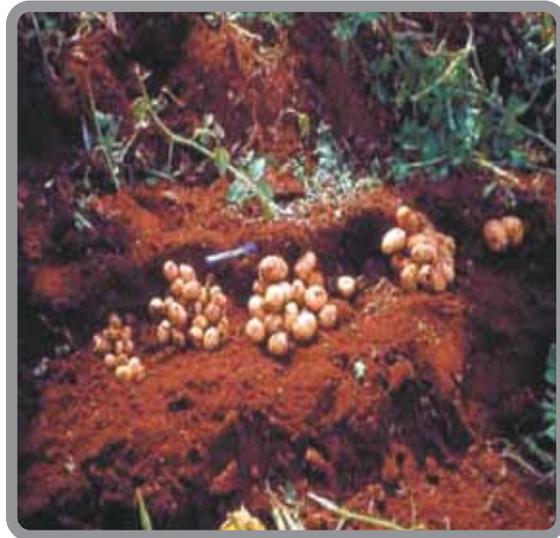


Figura 15. El porcentaje de tubérculos que han alcanzado el tamaño deseado es utilizado para determinar el momento de cosecha.



Figura 16. En cebolla, la caída del follaje es la manifestación externa de que el cultivo está listo para ser cosechado.

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

En la mayoría de las frutas y hortalizas el color, el grado de desarrollo, o ambos, son los criterios predominantes para determinar el momento de cosecha aunque es muy frecuente la combinación con otros índices objetivos como la firmeza¹ (manzanas, peras, frutas de carozo) (**Figura 17 a**), terneza (arvejas), contenido de almidón (manzanas, peras) (**Figura 18 b**), sólidos solubles (melones, kiwi), de aceite (paltas), jugosidad (cítricos), relación contenido de azúcares/acidez (cítricos), aroma (algunos melones), etc. En cultivos destinados a la industria en donde la programación de las cosechas es un aspecto

¹ Los cambios en la firmeza de la pulpa están asociados a la degradación de las pectinas por acción de encimas (PE, PME, PG) y se miden con: Texturómetros, Penetrómetros.

importante para asegurar un flujo uniforme de producto a las plantas de procesamiento, es muy frecuente el cálculo de los días transcurridos desde plena floración y/o la acumulación de unidades de calor (López, 2003).



Figura 17. a) Medición de la firmeza de un fruto mediante métodos objetivos. b) La inmersión en una solución de yodo indica la desaparición del almidón (color oscuro) a medida que la manzana madura.

3.4 MANIPULEO DURANTE LA COSECHA

La cosecha involucra una serie de operaciones adicionales a la simple separación de la planta madre del órgano de interés comercial tales como una preselección o una preparación tal como recorte de follaje, eliminación de partes no comestibles, etc., que se realizan en el mismo predio y a los efectos de facilitar la posterior preparación para la venta. En algunos casos, el producto es íntegramente preparado para el mercado en el campo, aunque lo normal es que los recipientes cosecheros sean vaciados en otros más grandes para su traslado al galpón de empaque para ser descargados en forma seca o húmeda en las líneas de clasificación. En esta serie de pasos que necesariamente debe cumplir, es donde se produce la mayor parte de las lesiones que se van acumulando y afectando la calidad del producto (**Figura 18**).

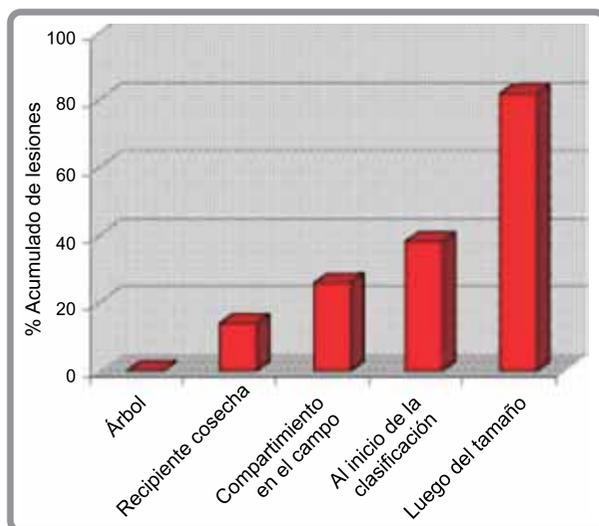


Figura 18. Porcentaje acumulado de lesiones en peras Bartlett durante el manejo de postcosecha. Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO.

Existen distintos tipos de lesiones, por un lado están las heridas, cortes o laceraciones en donde existe la pérdida de integridad de los tejidos por acciones cortantes o punzantes. Este tipo de lesión es muy frecuente durante la cosecha y producidas por las herramientas con las que se realiza la separación de la planta madre, pero también ocurren heridas producidas por las uñas del operario, o el mismo pedúnculo de un fruto que lesiona a otros (**Figura 19a**). Estas heridas son vías de penetración para hongos y bacterias que producen pudriciones. Este tipo de daño es fácilmente detectable y es normalmente eliminado en las operaciones de clasificación y empaque. Los golpes y machucones por diversas causas son mucho más frecuentes, no son fácilmente visibles y sus síntomas se manifiestan varios días después, cuando ya el producto se encuentra en manos del consumidor. Se identifican tres causas principales de lesiones:

IMPACTO:

Del fruto contra una superficie dura en forma individual o luego de ser empacado, además de los impactos de los frutos entre sí. Este tipo de lesión es muy frecuente en las operaciones de cosecha y empaque (**Figura 19 b**).

COMPRESIÓN:

Debido a la deformación por presión o aplastamiento. Frecuente durante el almacenaje o transporte a granel y debido al peso que ejerce la masa transportada sobre las capas inferiores. También ocurre cuando la masa empacada excede el volumen del envase (**Figura 18 c**) o por el colapso de los envases que no son lo suficientemente fuertes como para soportar el peso.

ABRASIÓN:

Se produce por el roce de los frutos entre sí o contra las paredes del envase. Es muy importante en aquellos productos de piel muy delicada como las peras. Este tipo de lesión se limita casi con exclusividad a la cáscara o piel. En cebollas o ajos se manifiesta como la pérdida de las catáfilas protectoras (**Figura 19 d**) (López, 2003).



a) Herida producida por el pedúnculo de otro fruto durante el transporte a granel.



b) Daño por impacto en pera.



c) Daño por comprensión en tomate.



d) Pérdida de las catáfilas protectoras en bulbos de cebolla debido a roces o abrasión contra superficies ásperas.

Figura 19. Lesiones muy frecuente en las operaciones de cosecha y empaque.

La manifestación del daño depende del tejido afectado, estado de madurez, severidad y tipo de lesión. Son acumulativos y además del efecto traumático desencadenan una serie de respuestas al estrés así como la puesta en funcionamiento de los mecanismos de cicatrización. Esta reacción de tipo fisiológico se caracteriza, por un lado, por un incremento transitorio de la respiración, con la consiguiente degradación y/o consumo de parte de las reservas así como la producción de etileno, lo que acelera los procesos madurativos contribuyendo al ablandamiento. La alteración mecánica de las membranas, en algunos casos, pone en contacto enzimas y sustratos con la síntesis de compuestos secundarios que pueden afectar la textura, sabor, apariencia, aroma y calidad nutritiva. La firmeza en el sitio de impacto disminuye rápidamente por la rotura y muerte celular así como por la pérdida de integridad de los tejidos. El daño es más severo cuando más maduro está el fruto y sus efectos se favorecen a mayores temperaturas y en almacenamientos prolongados. La eliminación o neutralización del etileno bajo condiciones de atmósferas modificadas o controladas disminuye la velocidad de cicatrización pero la composición atmosférica también reduce el ritmo de puesta en marcha de los mecanismos de respuesta al estrés (López, 2003).

3.5 RECOMENDACIONES PARA LA COSECHA

EL RIEGO Y LA NUTRICIÓN DURANTE LA COSECHA

En los 15 días previos a la cosecha, ocurre el mayor incremento en el tamaño de las bayas. Por esta razón en este período (Muñoz, 2011):

- No debe faltar el agua (riego).
- No deben faltar los elementos nutritivos esenciales como el N, P, K, Ca, Mg, S y micro elementos).

- Los nutrientes deben estar balanceados en el suelo (no puede haber de unos más que de otros). Hay elementos que son más importantes durante la cosecha como el N (que no debe estar en exceso) y el Ca y el K (que no deben faltar).

CONDICIONES SANITARIAS

- Evitar la presencia de inóculo de organismos que produzcan enfermedades durante el transporte y almacenaje.
- Evitar la presencia de larvas de insectos o insectos vivos, especialmente de aquellos que tienen el carácter de cuarentenarios en caso de la fruta que se exporta.
- Para lo anterior se deben hacer las aplicaciones de agroquímicos (insecticidas y fungicidas) que corresponda, respetando las normas de las buenas prácticas agrícolas (Muñoz, 2011).

RECOMENDACIONES GENERALES

- Si fuera posible elegir un momento del día se recomienda hacerlo durante las horas frescas de la mañana, ya que los productos se encuentran más turgentes y se necesita menos energía para refrigerarlos. Esto no siempre es factible debido al tamaño del lote o volumen a ser cosechado.
- La madurez con que un fruto ha de ser cosechado es función de la distancia al mercado. Si están destinados a mercados distantes, se deben cosechar más inmaduros, pero siempre que hayan alcanzado la madurez fisiológica.
- En cambio para los cercanos, se deben cosechar con un grado de madurez más avanzado.
- Mantener el producto a la sombra hasta su traslado.
- Evitar ocasionar heridas al producto, las tijeras o elementos de cosecha deben tener la punta roma pero estar bien afilados para evitar desgarros. Los recipientes de cosecha no deberían tener bordes filosos ni superficies ásperas. Es conveniente que estén acolchados. No sobrellenar los recipientes de traslado, transportarlos cuidadosamente (**Figura 20**). Minimizar la altura de caída en el traspaso de recipientes.



Figura 20. El mismo follaje puede ser utilizado para acolchar y proteger el coliflor y evitar las lesiones durante el traslado.

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

- Entrenar al personal para reconocer el estado de madurez adecuado de cosecha y para manejar el producto con suavidad. Usar guantes para evitar heridas.

CURADO

El curado es una operación complementaria de la cosecha pero de vital importancia para la calidad en determinadas especies. Es un proceso que involucra fundamentalmente una rápida pérdida superficial de humedad con el desarrollo de estructuras que impiden una ulterior desecación, constituyendo una eficaz barrera para la colonización por parte de los patógenos. El secado de las catáfilas externas protectoras, impedir el desarrollo de color y el cerrado del cuello son los procesos que tienen lugar en bulbos como ajo y cebolla. En raíces como batata, ñame y yuca y tubérculos como la papa, el curado se caracteriza por el endurecimiento de la cáscara y el desarrollo de un periderma de cicatrización en las zonas no cubiertas, lo que evita las peladuras durante el manipuleo. En zapallo y otras cucurbitáceas que se cosechan maduras, es el endurecimiento de la cáscara mientras que en cítricos es el desarrollo natural de una capa de células lignificadas que inhibe el establecimiento y desarrollo de patógenos.

El curado es un proceso que se realiza normalmente en el campo. En el caso de ajo y cebolla mediante el desarraigado de las plantas y el acordonado de las mismas para protegerlas del sol o en pilas o bolsas en el campo (**Figura 21**) por una semana o más. En papa, los tubérculos permanecen de 10 a 15 días en el suelo luego de la destrucción del follaje con herbicidas. En batata y otras raíces es muy similar, pero normalmente se hace en galpón o estructuras a la sombra.



Figura 21. Embolsado para proteger la cebolla durante el curado a campo.

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

En caso de ser necesario, el curado puede ser realizado en forma artificial en las estructuras de almacenamiento que son adaptadas para la circulación de aire caliente y húmedo (**Tabla 5**). Una vez que se ha completado el curado, en el ambiente interno se establecen las condiciones de humedad y temperatura adecuadas para el almacenamiento prolongado.

Tabla 5. Condiciones de temperatura y humedad relativa para un óptimo curado.

| Especies | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) |
|--|------------------|----------------------|
| Papa (<i>Solanum tuberosum</i>) | 15-20 | 85-90 |
| Batata (<i>Ipomoea batata</i>) | 30-32 | 85-90 |
| Ñame | 32-40 | 90-100 |
| Yuca (<i>Manihot esculenta</i>) | 30-40 | 90-96 |
| Cebolla y ajo (<i>Allium cepa</i> ; <i>A. sativum</i>) | 33-46 | 60-78 |

Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

3.7 SISTEMAS DE COSECHA

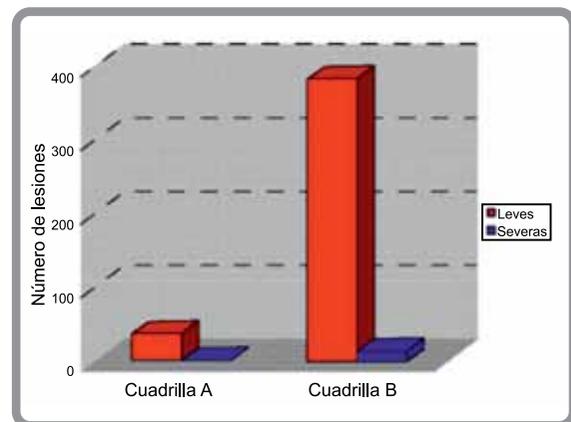
Existen dos sistemas de cosecha: **manual** y **mecanizada** aunque en algunos cultivos se utilizan combinaciones de ambos, como por ejemplo cebolla, papa, zanahoria y otras especies, en donde la remoción del suelo para la cosecha manual es facilitada por medios mecánicos. La elección de un sistema u otro depende fundamentalmente del cultivo considerado, del destino y muy especialmente del tamaño del predio a ser cosechado (Muñoz, 2011).

3.7.1 COSECHA MANUAL

Es el sistema predominante para la recolección de frutas y hortalizas para el consumo en fresco. No requiere inversiones iniciales, la recolección manual se adapta perfectamente a aquellos cultivos con un largo período de cosecha con la ventaja de que la demanda de mano de obra producida por picos de maduración vinculados al clima, puede ser satisfecha mediante la contratación adicional de personal. La principal ventaja del sistema manual se basa en la capacidad del ser humano de seleccionar el producto en su adecuado estado de madurez y de manipularlo con mucha mayor suavidad garantizando de esta manera una mayor calidad y menor daño. Esto es particularmente importante en los cultivos delicados.

Es necesario, sin embargo, un adecuado entrenamiento del personal de cosecha y una estricta supervisión. Se observa que las manzanas cosechadas por personal no adecuadamente supervisado presentan un elevado número de lesiones, particularmente leves, en comparación con el que ha sido supervisado estrechamente (**Figura 22**).

Figura 22. Número de lesiones leves y severas por cada 100 manzanas según el grado de supervisión del personal de cosecha: A, estrechamente supervisados y B, no supervisados Fuente: López, 2003. Manual para la preparación y ventas de frutas y hortalizas/FAO

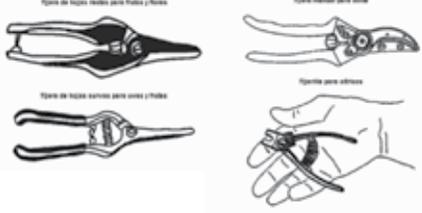


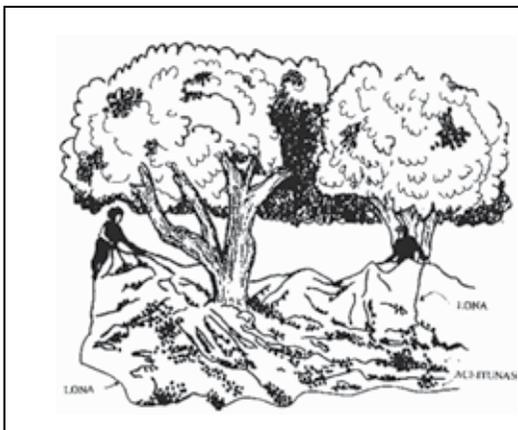
El arreglo contractual que se haga con los cosecheros también tiene influencia sobre la calidad del producto. Cuando el pago es por semana, quincena o mes, la cosecha se realiza mucho más lentamente pero con mayor cuidado que si la remuneración es por cajón, metros de hilera o número de plantas cosechadas, en donde el trabajo se realiza rápidamente pero a costa de un trato más rudo. La formación de equipos y la división del trabajo también tiene influencia en la calidad del producto cosechado. Los turnos laborales excesivamente largos sin un adecuado descanso así como condiciones extremadamente adversas (excesivo calor o frío), conducen a que el cansancio o la incomodidad induzcan al cosechero a tirar, dejar caer o maltratar innecesariamente al producto.

PRÁCTICAS DE COSECHA MANUAL

Las prácticas de cosecha no deberán causar muchos daños físicos al producto. Un cuidado extremo al entresacar, sujetar, desprender y manipular el producto, ayudará notablemente a reducir las pérdidas.

| | |
|---|--|
|  <p>Desprenda la fruta cuidadosamente para evitar daños.</p> | <p>En algunos cultivos existe una zona de desprendimiento natural entre el pedúnculo del fruto y el tallo o rama de la planta o árbol cuando el producto está maduro. El recolector deberá asir la fruta firme pero suavemente y tirar hacia arriba como se muestra en la siguiente ilustración. Los recolectores deberán usar guantes de algodón, recortarse las uñas y no usar anillos o joyas para reducir los daños físicos al producto durante la cosecha.</p> |
|  | <p>Si se cosechan pequeñas cantidades de hortalizas de hoja, ya sea para uso doméstico o para venta directa en la orilla de la carretera o en los mercados locales cercanos, se puede utilizar una cubeta de agua fría para enfriar el producto. El recolector puede llevar la cubeta directamente al campo y utilizarla como recipiente de cosecha. El enfriado de las hortalizas de hoja mediante el uso de agua fría en el momento de la cosecha ayudará a mantener la calidad y a prevenir su deshidratación.</p> |
| <p>Recipientes de cosecha</p>  | <p>Se pueden encontrar cestas, bolsas y cubetas de cosecha de diferentes tamaños y formas. Estos recipientes pueden hacerse tejiendo las bolsas de tal manera que se dejen ambos extremos abiertos para luego colocar lonas como fondo de las cestas ya preparadas, o bien colocarles bolsas con arneses ajustables o simplemente adaptar unas correas a los pequeños cestos. Las bandejas o las canastas de plástico (rejas de plástico) son relativamente caras pero duraderas, fáciles de limpiar y reutilizables. Cuando están vacías se pueden colocar una dentro de la otra para ahorrar espacio en el almacén o transporte. Cuando están llenas pueden apilarse colocando cada bandeja en dirección opuesta a la de debajo.</p> |

| | |
|---|--|
| <p>Herramientas para la cosecha</p>  | <p>Algunas frutas tienen que desprenderse con tijera o navaja de las plantas o árboles. Las navajas y tijeras que se vayan a utilizar deberán estar bien afiladas. Durante el corte, el pedúnculo o el tallo deberán dejarse tan pequeños como sea posible para evitar daños por punción a los frutos adyacentes durante el transporte.</p> |
|  | <p>Las tijeras de podar se usan frecuentemente para la cosecha de frutas, algunas hortalizas y flores. Existe una gran variedad de estilos como los modelos que se sujetan con la mano o los que se colocan en una vara, incluyendo aquellos que cortan y retienen el tallo del producto cortado.</p> |
| <p>Uso de varas (palos o garrochas)</p>  | <p>Cuando es difícil alcanzar la fruta se usa una herramienta de corte instalada en una vara (palo o garrocha) lo suficientemente larga para alcanzar el fruto, como en el caso de mangos o aguacates. Los lados cortantes deben mantenerse afilados y la bolsa colectora que se coloca en un extremo de la vara deberá ser relativamente pequeña. El ángulo del filo cortante y la forma de la bolsa colectora pueden afectar la calidad de la fruta cosechada, por lo que es importante revisar cuidadosamente su funcionamiento antes de usarlos. Las varas y sus bolsas colectoras pueden ser hechas a mano o comprarse en las compañías suministradoras de instrumentos para horticultura. Las bolsas colectoras se tejen a mano con un cordel fuerte o se confeccionan con tela de lona. El aro usado como borde de la bolsa así como la muesca cortante pueden hacerse a partir de una hoja de lámina, tubo de acero o piezas de metal reciclado.</p> |
| <p>Bolsas colectoras</p>  | <p>Los árboles frutales que no provienen de injerto, también llamados de pie franco, son generalmente bastante altos, por lo que si la fruta cae al suelo en el momento de cortarla se afanará severamente. Si dos recolectores trabajan juntos, uno puede cortar la fruta en la copa del árbol y el otro, con la ayuda de un saco, puede interceptar el fruto en su caída. El trabajo del recolector consiste en sujetar el saco con las dos manos y un pie, interceptar el fruto en su caída y entonces alargar el extremo de la bolsa para que la fruta pueda rodar suavemente hasta el suelo.</p> |



A diferencia de otras nueces, los pistachos nunca deberán tocar el suelo debido a que la cáscara está abierta y tiene todavía un alto contenido de humedad. La técnica de cosecha ilustrada a continuación se puede utilizar para pistachos y aceitunas con buenos resultados.

Por debajo del árbol que se va a cosechar se extienden unas lonas o grandes pedazos de plástico; y entonces los árboles se sacuden mecánica o manualmente (golpeando las ramas con varas) hasta que cae el fruto.

Fuente: <http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s04.htm#índices de madurez>

3.72 COSECHA MECANIZADA

Es preferida en hortalizas con fines industriales y en algunas otras cultivadas normalmente en grandes extensiones.

Tiene como ventaja la rapidez y un menor costo por tonelada recolectada, pero al ser destructiva, sólo puede ser utilizada en cultivos de maduración concentrada (**Figura 23**). La inversión necesaria para la adquisición, el costo de mantenimiento y la ociosidad del equipo durante gran parte del año hace que la decisión de compra deba ser cuidadosamente analizada. En general, la cosecha mecánica causa más daños que la manual, aunque algunas cosechas de raíces pueden también dañarse seriamente si se desentierran a mano con descuido.



Figura 23. Cosecha mecanizada
Fuente: Muñoz-INIA

Como desventajas adicionales se pueden mencionar que toda la operación debe estar diseñada para la cosecha mecánica, empezando por el cultivo, distancia entre hileras, nivelación del terreno, pulverizaciones, labores culturales y muy especialmente variedades que se adapten a un manipuleo más rudo. La preparación para el mercado (clasificación, limpieza, empaque) y venta también debe estar adaptado para manejar grandes volúmenes.

Es muy importante, además, el adecuado entrenamiento del personal particularmente para seleccionar el grado de madurez o desarrollo deseado así como las técnicas de separación necesarias para no dañar al producto o a la planta madre.

4. FACTORES DE POSTCOSECHA QUE INCIDEN EN EL MANEJO Y CALIDAD

Son las operaciones que debe sufrir el producto después de cosechado, lo que puede repercutir directamente con la calidad del mismo.

4.1 MANEJO DEL PRODUCTO

Para tener una buena calidad en el momento de comercializar el producto se deben tener en cuenta cuidados sobre todo en la manipulación y transporte que pueda evitar magulladuras, heridas, etc. De acuerdo con Reina (1996) los pasos a seguir son:

SELECCIÓN

Consiste en separar las frutas que presentan magulladuras, hongos, pudrición, exceso de madurez de las que se encuentran en perfecto estado; las condiciones de unas y otras permiten llevar fruta a los diferentes mercados cercanos y/o más lejanos.

EMPAQUE

Las heridas y manchas del producto no sólo son desagradables, sino que al producir ruptura de las células y daño tisular ocasionan la pérdida de agua y lo más importante, un rápido incremento en la respiración del tejido dañado. El aumento en la velocidad de la respiración ocasiona un aumento localizado de la temperatura que, si no es controlado, calentará el ambiente que rodea al producto.

Esto significa que una fruta dañada en una caja se constituye en un serio riesgo para las demás frutas de la caja. Por lo tanto, el empaque se hace muy importante para el manejo del fruto. El empaque del producto debe ser diseñado físicamente para que soporte los esfuerzos dinámicos y estáticos que pueda sufrir durante la operación para la cual se diseñó, como también para asimilar los procesos metabólicos de la maduración que tengan lugar en el tiempo de manejo del producto.

El empaque es una unidad de manejo que facilita el transporte de los productos perecederos. Debe proteger la mercancía de daño mecánico, como los producidos por impactos, presión y vibraciones; también permitirá el intercambio del calor por la respiración, ser fuerte para resistir impactos y peso y por último que pueda ser reutilizable sin perder las propiedades ya mencionadas, para así disminuir costos.

El empacamiento moderno ha contribuido a un mejor manejo de los alimentos entre el agricultor y el consumidor. Los requerimientos de empaque varían mucho, dependiendo de las condiciones que encontrará el producto, del productor o empacador al consumidor.

Se debe tener en cuenta que el empacado no sustituye la refrigeración. El mantenimiento de la calidad se logrará cuando un buen empacado se combina con el almacenamiento

y transporte refrigerados. Éste no se encarga de mejorar la calidad pero sí de proteger de factores ambientales, como la luz, el sol y la humedad (Reina, 1996).

ALMACENAMIENTO

Este tiene gran incidencia en el control del mercado y mantenimiento de la calidad. Además, permite proteger el producto de enfermedades, insectos, roedores y condiciones climáticas adversas.

Los objetivos principales del almacenamiento son controlar las tasas de respiración y transpiración, controlar enfermedades y conservar el producto.

FACTORES FISIOLÓGICOS

La respiración y la transpiración son los factores fisiológicos más importantes en esta etapa.

a) Respiración:

Las frutas frescas respiran a fin de obtener la energía suficiente para la manutención de la vida. Respiran absorbiendo oxígeno de la atmósfera y liberando bióxido de carbono. Durante la respiración la producción de energía proviene de la oxidación de las propias reservas de almidón, azúcares y otros metabolismos.

Una vez cosechada, los productos no pueden reemplazar estas reservas que se pierden y la velocidad con que disminuyen será un factor de gran importancia en la duración de la vida de postcosecha del producto.

La respiración es necesaria para la obtención de energía y durante este proceso se produce calor el cual debe ser disipado de alguna manera o de lo contrario el producto se calentará, sobreviniendo la degradación de los tejidos y la muerte. Debido a este calor, después de la cosecha, cuando el producto es empacado en un espacio confinado, la eliminación del calor puede dificultarse.

b) Transpiración:

Con la cosecha el abastecimiento de agua, de la planta al fruto, se corta, por lo tanto el producto debe sobrevivir con sus propias reservas. La fruta continúa respirando normalmente, después de cosechado, y por consiguiente también transpira, lo que hace que pierda líquido, buscando equilibrar el vapor de agua del producto con el vapor de agua del medio ambiente.

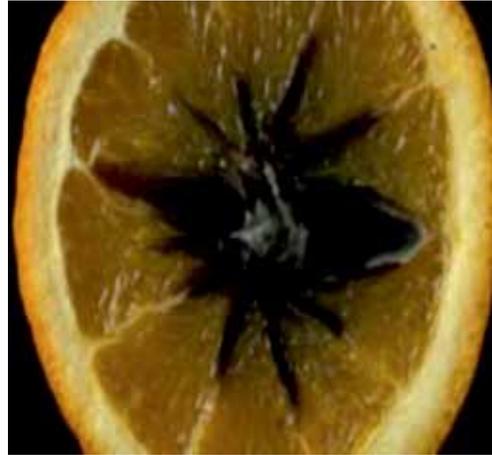
El efecto neto de la transpiración es una pérdida de agua del producto, que no puede ser remplazada. La velocidad con que pierda esta agua será un factor determinante en la vida de postcosecha del producto. La pérdida de agua causa una disminución significativa del peso y a medida que avanza, disminuye la apariencia y la elasticidad del producto perdiendo su turgencia, es decir, se vuelve blando y marchito.

c) Causas de pérdida de calidad en postcosecha:

Podredumbre causada por hongos



Penicillium



Alternaria



Alternaria en "Golden Delicious"



Colletotrichum



Botrytis



Phytophthora

Figura 24. Podredumbre en frutales por hongos

Fuente: <http://www.agro.unalmed.edu.co/ivia/docs/Postrecoleccionytransportedefrutas.pdf>. Pérez, B.

MANEJO INADECUADO

- Condiciones inadecuadas de almacenamiento (T°, HR y circulación de aire)
- Daños en la línea de procesado (por cepillado, aplastamiento, golpes ...)
- Daños químicos (aplicación inadecuada de productos y tecnologías postcosecha)
- Condiciones inadecuadas de transporte (T°, HR y circulación de aire) (**Figura 25**)



Necrosis Peripeduncular



Leve

Brusco y localizado

Daños por cepillado



Daños por excesiva presión en empaquetado



Manchado en zona estilar por aplastamiento

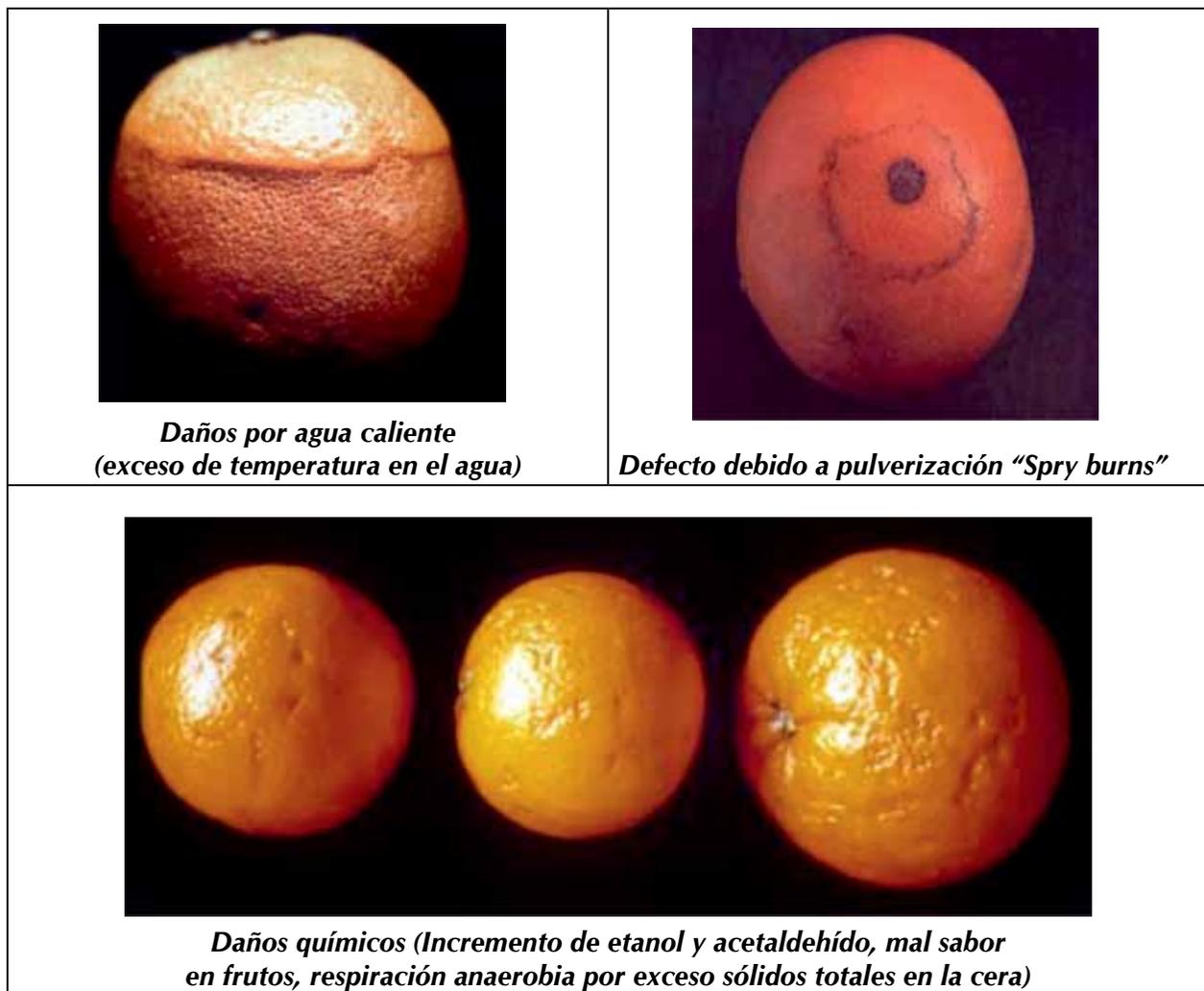


Figura 25. Daños en frutales por manejo inadecuado

Fuente: <http://www.agro.unalmed.edu.co/ivia/docs/Postrecoleccionytransportedefrutas.pdf>. Pérez, B.

TECNOLOGÍAS POSTCOSECHA

a) Almacenamiento en frío

En campo, evitar que los productos estén expuestos a altas T° durante mucho tiempo por lo que se debe: (Pérez, 2011)

- Cubrir las cajas con tapas para evitar el sol.
- El transporte debe ser rápido al almacén para enfriar.
- Los camiones deben estar cubiertos con lonas.
- En **almacén**, realizar un almacenamiento rápido a las condiciones de T° óptimas de almacenamiento.
- En **transporte para venta**, mantener la T° óptima de almacenamiento controlada.

b) Sistemas de frío

- **Cámaras de frío:** Se suelen usar para productos de largo almacenamiento. Tienen como desventaja que es un sistema lento para enfriar.

- **Aire forzado:** El aire frío se fuerza a pasar a través de los productos. Es más rápido que las cámaras de frío.
- **Hidrocooling:** Se enfría mediante la aplicación de agua fría (inmersión o ducha). Es bastante rápido y evita la pérdida de agua del producto.
- **Envasado en hielo:** Se incorpora hielo picado en las cajas. El producto debe ser tolerante a altas humedades durante tiempo prolongado.
- **Enfriamiento a vacío:** Consiste en evaporar agua del producto a bajas presiones atmosféricas.

c) **Atmósferas controladas (AC) y atmósferas modificadas (AM)**

Ventajas

- Retardar la tasa respiratoria
- Reducir la sensibilidad del fruto al etileno
- Reducir daños por frío y otras alteraciones fisiológicas
- Pueden controlar enfermedades postcosecha e insectos

Desventajas

- Agravar alteraciones fisiológicas si no se aplican condiciones adecuadas
- Maduración irregular en algunos frutos (banana, pera, mango, tomate) si se aplican niveles $< 2\% \text{ O}_2$ o $> 5\% \text{ CO}_2$
- Aparición de malos sabores si las condiciones no son adecuadas
- Susceptibilidad al ataque de patógenos si existen daños previos por niveles muy bajos de O_2 o muy altos de CO_2

d) **Tratamientos químicos y físicos**

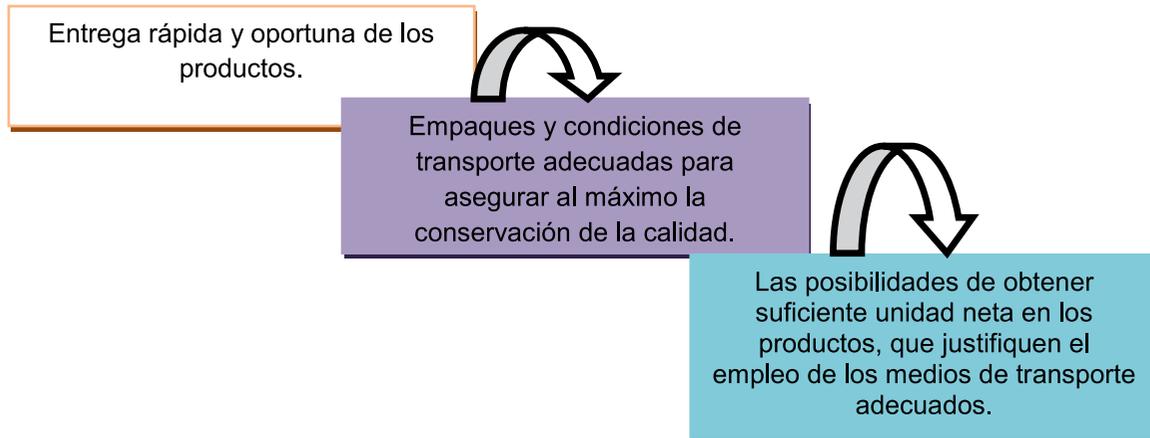
- Aplicación de fungicidas
- Aplicación de inhibidores hormonales
- Aplicación de ceras y recubrimientos comestibles
- Tratamientos con etileno para desverdizar¹
- Calentamientos intermitentes
- Baños con agua caliente
- Curados
- Choques gaseosos
- Irradiaciones

¹ Por ejemplo: Las naranjas y mandarinas de maduración temprana se caracterizan por alcanzar su madurez interna antes que la coloración típica de la cáscara. Debido a ello se recurre al proceso de desverdizado con etileno que modifica sólo el color externo de los frutos pero las hace más susceptible a cualquier daño durante el proceso de postcosecha.

TRANSPORTE

En el transporte se presentan daños causados principalmente por vibración, impacto y compresión de la carga en el vehículo, contribuyendo notablemente al detrimento de la calidad del producto, tanto para el consumo en fresco, como para el uso industrial.

Los tres requisitos básicos en el transporte de productos alimenticios son (Pérez, 2011):



Cada viaje de producto deberá ser eficiente, tratando de alcanzar el menor costo por libra o por unidad. Para ello, el productor buscará más ganancias pero sin poner en riesgo la integridad del producto, la norma del mercado, ni las condiciones de higiene de los vegetales.

El tamaño del vehículo dependerá del volumen de producto. Lo importante es colocar el mayor número posible de cestas sin sobrecargar el vehículo, evitando así riesgos por accidentes de tránsito o daño del producto.

Es prohibido colocar objetos que estropeen o contaminen la carga, como son: llantas de repuesto o recipientes con combustible o lubricantes. Por razones de seguridad laboral, se debe evitar que personas vayan encima de la carga. Sujetar la carga correctamente de manera que la cuerda no dañe el producto.

La mejor forma de transporte es con vehículo refrigerado; pero en ausencia de éste, se recomienda colocar un toldo de plástico previamente lavado, preferiblemente de color azul, verde o blanco, para no concentrar hacia la carga el calor que irradia el sol; y también la protege de la lluvia o los rayos directos del sol. También se recomienda transportar el producto en horas tempranas de la mañana Gómez y Vásquez, (2011).



Fuente: Gómez y Vásquez, 2011. Serie Producción orgánico de hortalizas de clima templado.

C Ejercitación

TRABAJO INDIVIDUAL

1. Elaboro un ensayo de máximo tres hojas, en el que hago referencia a los siguientes temas que el profesor reparta a los alumnos al azar:
 - a) Conceptos esenciales para reducir las pérdidas postcosecha en productos agrícolas de tu zona.
 - b) Tecnologías y procesos para mejorar la calidad, inocuidad y presentación de productos agrícolas de tu zona.

EN PLENARIA

2. Socializamos los escritos, comparamos puntos convergentes y divergentes, unificamos criterios e ideas y solicitamos al profesor aclare inquietudes o profundice en el tema si es necesario.

D Aplicación

TRABAJO EN EQUIPO



EN PLENARIA

1. Realizamos la siguiente práctica, teniendo en cuenta los pasos que se relacionan, documentamos la experiencia.

Práctica 1. Determinación de la actividad respiratoria a la maduración de los frutos

Objetivo: Aplicar de manera práctica los conocimientos adquiridos en la unidad a través de la determinación del patrón respiratorio de especies frutícolas y la determinación de parámetros de calidad de cada estado de madurez de las dos especies.

RESPIRACIÓN Y SU RELACIÓN CON LA MADURACIÓN DE FRUTOS

Los frutos, como órganos vivos, llevan a cabo este proceso fisiológico aún después de haber sido separados de las plantas que les dieron origen. Durante las primeras etapas del desarrollo, los frutos presentan una actividad respiratoria elevada, la cual va disminuyendo a medida que el desarrollo avanza y, durante la fase de maduración comestible, **cierto tipo de frutos** exhiben un resurgimiento antes de entrar a la senescencia. Dicho resurgimiento es de menor intensidad al registrado al inicio del desarrollo. Otro grupo de frutos exhibe una disminución paulatina en su actividad respiratoria hasta las últimas etapas del desarrollo.

Atendiendo al tipo de patrón respiratorio que presentan los frutos después de la cosecha, se les clasifica en la categoría de **climatéricos**, si se trata del primer caso y de **no climatéricos** si pertenecen al segundo.

La velocidad con la que se lleva a cabo este proceso está determinado por la cantidad de O_2 que está disponible en la unidad de tiempo y las cantidades de CO_2 y calor que se producen en este mismo tiempo.

En el caso de los frutos, la actividad respiratoria está estrechamente relacionada con los cambios en maduración, calidad, vida de almacenamiento, rapidez de aparición de ciertas fisiopatías, manejo del producto y tratamientos postcosecha. Por lo tanto, la **actividad respiratoria** es el **mejor indicador** de la **vida útil** y del calor vital que puede generar un producto vegetal.

FACTORES QUE AFECTAN LA ACTIVIDAD RESPIRATORIA

Entre los que son inherentes al producto vegetal se encuentran: el estado de desarrollo,

tipo y estructura del tejido, cubierta natural, estado metabólico del tejido (coeficiente respiratorio), tamaño del producto.

De los factores externos, los más relevantes son la temperatura, concentración de gases en el ambiente (O_2 , CO_2 , C_2H_4), daños mecánicos, fitopatológicos y fisiopatías.

MEDICIÓN DE LA RESPIRACIÓN

Puede cuantificarse, en teoría, midiendo la cantidad de sustrato consumido, O_2 absorbido, CO_2 desprendido, energía liberada (calor, ATP) o agua liberada. Sin embargo, en la práctica los métodos para determinar la actividad respiratoria cuantifican el intercambio gaseoso asociado con el proceso. Existen diferentes métodos y técnicas para cuantificarlo. Actualmente lo más preciso y confiable lo constituye la cromatografía de gases.

MATERIAL Y REACTIVOS

Material biológico. Se deberán traer los siguientes productos en las cantidades y condición indicadas a continuación:

| EQUIPO | PRODUCTO | | | CONDICIÓN Y CANTIDAD |
|--------|--------------------|------------|--------------------|---|
| | PLÁTANO | JITOMATE | CÍTRICO | |
| 1 | Verdeamarillento | Cambiante | 5 Verdeamarillento | 1 Kg en buen estado, limpios, sin daños mecánicos, ni pudriciones |
| 2 | Amarilloverdoso | Rosado | 6 Amarilloverdoso | 1 Kg en buen estado, limpios, sin daños mecánicos, ni pudriciones |
| 3 | Amarillo sin pecas | Rojo | 7 Amarillonaranja | 1 Kg en buen estado, limpios, sin daños mecánicos, ni pudriciones |
| 4 | Pecososobremaduro | Senescente | 8 Cafésobremaduro | 1 Kg en buen estado, limpios, sin daños mecánicos, ni pudriciones |

El grupo manejará 2 especies: uno climatérico y uno no-climatérico. Escoger entre plátano, jitomate, aguacate, guayaba, manzana, u otros. Cítricos: De acuerdo con la temporada (Naranja, limón mexicano, mandarina, toronja, lima, limón persa, etc.)



METODOLOGÍA

PASO 1. Colocar 1Kg de material biológico en el contenedor, colocar las pinzas de mohr en las mangueras de entrada y salida del contenedor. Cerrar el contenedor. Tomar la primera muestra (1 ml) de gases de la atmósfera del espacio de cabeza del contenedor recién cerrado e inyéctelo en el cromatógrafo.

PASO 2. Inyecte 1 ml de gas estándar en el cromatógrafo. (El profesor indicará la conc.).

PASO 3. Dejar los productos dentro del contenedor por espacio de **una hora**. Al término de este tiempo, inserte la jeringa y bombee 3 veces el aire del espacio de cabeza, después de lo cual, extraiga 1 ml del gas del espacio de cabeza del contenedor e inyéctelo en el cromatógrafo.

Se recomienda empezar por los frutos no-climatéricos y después por los frutos climatéricos, empezando por los primeros estados de madurez, luego los últimos y al final los intermedios.

PASO 4. Integre el área bajo la curva de cada pico y compárela con la del estándar. Registre los datos en % de CO₂ por Kg de fruta, realizando los siguientes cálculos:

$\Delta\% \text{CO}_2 = \text{Concentración de CO}_2 \text{ en el tiempo 2} - \text{Concentración de CO}_2 \text{ en el tiempo 1 ml}$

$$\text{mL CO}_2/\text{Kg/h para un sistema cerrado} = \frac{(\Delta \% \text{CO}_2 \times 10) (\text{Volumen del espacio libre del contenedor en litros})}{(\text{peso fresco del producto en Kg}) (\text{tiempo que estuvo cerrado el contenedor en hr})}$$

- Los mililitros de CO₂ se convierten normalmente en mg para eliminar el efecto de la temperatura sobre el volumen del gas de manera que se pueden realizar comparaciones directas, para lo cual se realiza una corrección por temperatura.
- Una mol de gas es igual a 22.4 L a 0°C. a 1 atmósfera, por lo tanto, su volumen (V1) a la temperatura del producto, se puede calcular con la siguiente ecuación:

$$V1 = 22.4 (1 + \frac{\text{la Temperatura del producto en } ^\circ\text{C}}{273}) \text{ } ^\circ\text{K}$$

Por ejemplo: el volumen de 1 mol de CO₂ a 25°C. es igual a 24.45L. El volumen de gas por gramo se calcula dividiendo su volumen correcto por el peso molecular del gas (CO₂ = 44),

i.e. $24.45 \text{ L}/44 = 0.556 \text{ L/g}$ ó $556 \text{ mL}/1000 \text{ mg}$ (el volumen de CO₂ a 25 °C. dividido por su peso molecular). Después, se puede calcular el peso del gas de la muestra de respiración mediante la siguiente ecuación:

$$556 \text{ mL} \text{ ----- } 1.000 \text{ mg}$$

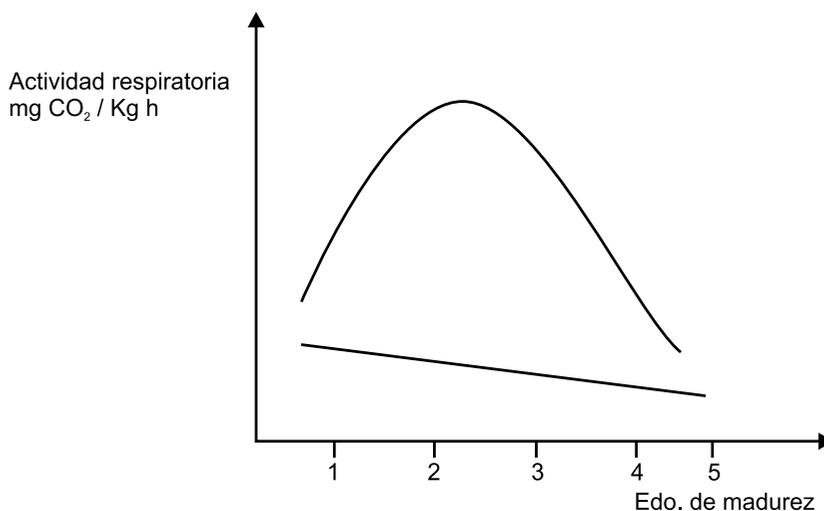
$$\text{mL determinados de la muestra} \text{ ----- } X$$

En otras palabras, el peso del gas de la muestra de respiración en mg será:
 $X = \text{mL determinados de la muestra} / 0.556$

Tabla de correcciones para las temperaturas más comúnmente utilizadas:

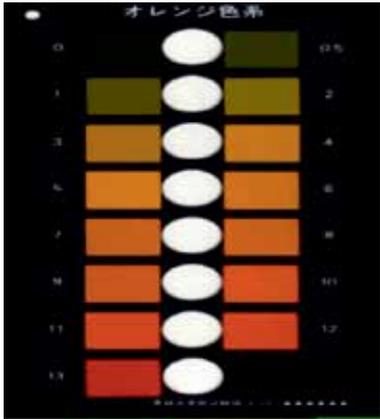
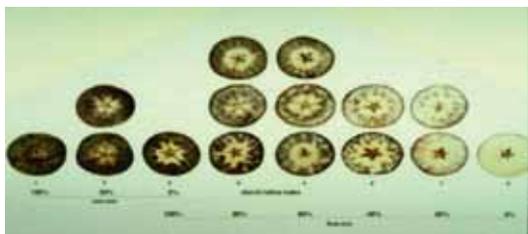
- 0°C. = 509 mL CO₂/ 1.000 mg
- 5°C. = 518 mL CO₂/ 1.000 mg
- 10°C. = 528 mL CO₂/ 1.000 mg
- 15°C. = 537 mL CO₂/ 1.000 mg
- 20°C. = 546 mL CO₂/ 1.000 mg
- 25°C. = 556 mL CO₂/ 1.000 mg
- 30°C. = 565 mL CO₂/ 1.000 mg

PASO 5. Tomando en cuenta los cálculos mencionados, elabore una tabla y construya la gráfica correspondiente de cada especie trabajada y para cada estado de madurez. Indique en la tabla los valores obtenidos de los parámetros de calidad evaluados. En la gráfica asocie (sobre el eje de las abcisas) los esquemas del aspecto en color (entero y seccionado) de los productos.



| PRODUCTO | | | | | | | |
|-----------|--------------------------|-------|-------|--------|---------|-------------|-----------------------|
| Edo. mad. | mg CO ₂ /Kg/h | Color | °Briz | Acidez | Firmeza | Angularidad | Almidón (área teñida) |
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | |

A continuación mostramos algunos materiales y equipos utilizados para determinar los parámetros de calidad de los frutos evaluados.

| | |
|--|---|
| <p>COLOR DE FONDO DE LA PIEL Y COLOR DE LA PULPA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los cambios en el color de los frutos se dan por: <ul style="list-style-type: none"> -Degradación de las clorofilas -Síntesis de nuevos pigmentos -Desenmascaramiento de pigmentos • Se determinan usando: <ul style="list-style-type: none"> -Cartas de colores -Colorímetros  | <p>CONTENIDO DE SÓLIDOS SOLUBLES (AZÚCARES)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se determinan los sólidos solubles presentes en el jugo • Son mayoritariamente azúcares • Se utilizan refractómetros • Los valores se expresan en Grados Brix (°B)  |
| <p>ACIDEZ TITULABLE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se determina por titulación de los ácidos presentes en el jugo con una base fuerte (NaOH 0,1N). El punto final de la titulación se determina usando un reactivo indicador, en general fenolftaleína (al 1% en etanol al 50%) • Los valores se expresan según el ácido predominante en el fruto: <ul style="list-style-type: none"> - Cítricos: Ácido Cítrico - Manzanas: Ácido Málico - Duraznos: Ácido Málico - Uva Ácido: Ácido Tartárico  | <p>CONTENIDO DE ALMIDÓN</p> <p>Solución de yodo:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1,2% de yodo metálico 2,4% de yoduro de potasio  |

TRABAJO INDIVIDUAL

1. Ubico en Internet el siguiente link :

https://www.bmi.gob.sv/pls/portal/docs/PAGE/BMI_HTMLS/BMI_PULSO_AGRO_IMG/MANEJO%20POSTCOSECHA%20FORTAGRO%20HORTALIZAS.pdf. para descargar el documento denominado Manual de Manejo Postcosecha de hortalizas-CAMAGRO/2011

2. Leo el documento elijo 1 cultivo característico de la zona y elaboro las actividades a realizarse en la postcosecha y socializo a través de una presentación para presentar a todos mis compañeros.

BIBLIOGRAFÍA

- ARIAS C. y TOLEDO J. (2000). Manual de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, piña, plátano y cítricos). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO 136 pp.
- AUDERGON, J.M., SOUTY, M., BREVILS, L., REICHA, M., DUFFIOL, J.M. (1991). Biochemical and physicochemical characterization of 400 apricot varieties. Consequences in the apricot selection and improvement process. Acta Hort. 293: 111-119.
- CAMAGRO. (2011). Manual de manejo postcosecha de hortalizas. Pp 74.
- CHIESA A. (2010). Factores pre cosecha y postcosecha que inciden en la calidad de lechuga. 5 pp
- GÓMEZ, G. y VÁZQUEZ M. (2011). Serie: Producción inorgánica de hortalizas de clima templado. Postcosecha. PYMERURALy PRONAGRO. Tegucigalpa. Honduras. 23 p.
- GALLEGUILLLOS M. (2011). Buenas Prácticas Agrícolas. Higiene e inocuidad en productos hortícolas frescos. Pág. 4.
- KADER (1992). Biología y tecnología de postcosecha. Una revisión general. Postharvest technology of horticultural crops. Univ. Calif. Publ. Pp 3311 3324
- LÓPEZ, A. (2003). Manual para la preparación y venta de frutos y hortalizas. Del campo al mercado. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 151. Roma. 14 p
- PICHA D. (2004). Manejo postcosecha y análisis de empacadora de productos frescos y recomendaciones para mejorar el diseño de la línea de empaque. República Dominicana. 56 pp.
- PROGRAMA POSTCOSECHA MANEJO POSTCOSECHA Y COMERCIALIZACIÓN DE BOROJÓ. (2011). Convenio SENA Reino Unido.
- PINTO M. y MOZO A. (2011). Módulo manejo de cosecha y postcosecha de las frutas. 22 pp
- POOVAIAH, B.W., GLENN, G.M., REDDY, A.S.N. (1988). Hort. Rev. 10: 107-152.
- ROMAJARO F., M.C. MARTÍNEZ y M.T. PRETEL. (2011). Factores pre cosecha determinantes de la calidad y conservación en postcosecha de productos agrarios 6 pp.

- REINA, E. (1996). Manejo Postcosecha y evaluación de calidad para la Guanábana (*Annona muricata* L.) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Universidad Sur Colombiana. Facultad de Ingeniería. Programa de Ingeniería Agrícola. 124 p.
- SAMS, C.E. (1999). *Postharvest Biol. Technol.* 15: 249-254.
- SHEWFELT, R.L. (1990). *J. Food Qual.* 13: 37-54.
- SHACKEL, K.A., GREVE, L.C., LABOVITCH, J.M., AHMADIN, H. (1991). *Plant Physiol.* 97: 814816. 816.
- SILVA J y C. HERNÁNDEZ (2011). Temas de granja de la calidad y seguridad alimenticia. Mejorando la seguridad y calidad de frutas y hortalizas frescas. Manual de formación para instructores. Pág. 31.
- [http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s04.htm#índices de madurez](http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s04.htm#índices%20de%20madurez) /para descargar el documento denominado. Producción orgánica de hortalizas de clima templado (FAO, 1989). Gómez y Vásquez 2011. / Noviembre de 2011.
- <http://www.inia.cl/medios/subsitios/nodohortofruticola/Tallerdecosechayfitopatologia/Cosechadefrutalesmenores-CarlosMunoz.pdf>. / para descargar el documento denominado. Cosecha de frutales menores-INIA / Noviembre de 2011.
- <http://www.agro.unalmed.edu.co/ivia/docs/Postrecoleccionytransportedefrutas.pdf>. Pérez, B /para descargar el documento denominado Post-Recolección y transporte de frutas y hortalizas / Noviembre de 2011.



α LFA



EUROPEAID
CO-OPERATION OFFICE



Università degli Studi
Guglielmo Marconi
TELEMÁTICA



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DEL ESTADO DE HIDALGO



Universidad Nacional
Autónoma de Nicaragua



Universidad de Valladolid