



LAS CIENCIAS NATURALES **APLICADAS AL** CONTEXTO AGRÍCOLA

Gustavo Orrego



LAS CIENCIAS NATURALES APLICADAS AL CONTEXTO AGRÍCOLA

58524

23738

Reg. 61009

i

Todo proceso productivo de cultivos, llámese de palma, arroz, café u otro, se apoya en los principios de las ciencias naturales. Por ello, UNIMINUTO, consciente de este acercamiento a las ciencias parte de conceptos generales para que cualquier persona pueda adentrarse con facilidad en el campo agrícola.

El libro "Las ciencias naturales aplicadas al contexto agrícola" busca que el lector aprenda a manejar técnicas de propagación de plantas, aplicar técnicas de conservación de suelos y monitorear el crecimiento y desarrollo de especies en su ecosistema

ORREGO, Gustavo

Las ciencias naturales aplicadas al contexto agrícola / Gustavo Orrego — Bogotá:

Corporación Universitaria Minuto de Dios, Instituto de Educación Virtual y a Distancia, 2009.

68 p.

CDD : 574.87

ISBN: 978-958-8165-91-2

1. Células 2. Plantas 3. Suelos 4. Ecología.



UNIMINUTO
Virtual y Distancia

Rector General

Padre Camilo Bernal Hadad, cjm

Vicerrectora General Académica

Marelen Castillo Torres

Secretaria General

Lynda L. Guarín Gutiérrez

Director Instituto de Educación Virtual y a Distancia

Daniel Rocha Jiménez

Director Académico

Padre Pablo Velázquez Abreu, cjm.

Autor

Gustavo Orrego

Revisión académica

Gustavo Marcucci

Corrección de estilo

Pablo Hernando Clavijo,
Aurora Fandiño

Editor

Rocío del Pilar Montoya Chacón

Diseño

Fernando Alba Guerrero

Ilustraciones

Julián Cárdenas

**Las ciencias naturales
aplicadas al contexto agrícola**

ISBN: 978-958-8165-91-2

UNIMINUTO

Corporación Universitaria Minuto de Dios
Instituto de Educación Virtual y a Distancia

Calle 81 C #72 B -05 Bogotá, D.C.

Teléfono: (57-1) 2525030 – 2528849

Fax: (57-1) 2237031

Celular: 320 313 1732

Línea nacional gratuita: 01 8000 93 66 70

virtualydistancia@uniminuto.edu

<http://virtual.uniminuto.edu>

Impreso: Moher Impresores Ltda.

Bogotá, D.C. diciembre 2009

Primera edición

Primera reimpresión de la primera edición autorizada octubre 2009, para el CONVENIO DE ASOCIACIÓN CONFORMADO POR FEDERALMA, UNIMINUTO, UNAD, FUNDEWILCHES, CORDEAGROPAZ, SENA REGIONAL SANTANDER Y OTROS COMO ALIADOS ESTRATÉGICOS.

© Reservados todos los derechos a Corporación Universitaria Minuto de Dios. UNIMINUTO. La reproducción parcial o total de esta obra, en cualquier medio, incluido electrónico, solamente puede realizarse con permiso expreso del editor y cuando las copias no son usadas para fines comerciales. Los textos son responsabilidad de los autores y no comprometen la opinión de UNIMINUTO.

Tabla de contenido

| | |
|---|-----------|
| Lista de figuras | 6 |
| Lista de tablas..... | 7 |
| Introducción..... | 8 |
| Capítulo 1 | |
| LA CÉLULA | 9 |
| Definiciones y conceptos de la célula..... | 9 |
| Definiciones y conceptos de la base celular de la vida..... | 10 |
| Principios que rigen la vida..... | 11 |
| Reproducción | 11 |
| Crecimiento y desarrollo..... | 11 |
| Homeostasis..... | 12 |
| Organización jerárquica | 12 |
| Estructura y funciones celulares..... | 13 |
| Mecanismos de reproducción celular..... | 14 |
| Reproducción asexual..... | 14 |
| Reproducción por división o fisión..... | 15 |
| Reproducción mediante germinación | 15 |
| Reproducción por fragmentación..... | 15 |
| Reproducción por esporas y partenogénesis | 15 |
| Reproducción sexual..... | 15 |
| Mitosis..... | 16 |
| Interfase..... | 16 |
| Profase..... | 16 |
| Metafase..... | 17 |
| Anafase..... | 17 |
| Telofase..... | 18 |
| Citocinesis | 18 |
| Meiosis..... | 18 |
| El transporte celular..... | 19 |
| Transporte pasivo..... | 20 |
| Transporte activo..... | 20 |
| Endocitosis..... | 20 |
| Exocitosis..... | 21 |
| La célula vegetal..... | 21 |
| Conceptos y principios de la herencia..... | 22 |
| Capítulo 2 | |
| HERENCIA Y EVOLUCIÓN | 22 |
| Conceptos y principios de la evolución..... | 24 |
| Teoría cromosómica de la herencia..... | 24 |
| Patrones de la herencia..... | 25 |

| | |
|---------------------------------|----|
| Biología molecular del gen..... | 25 |
| Fenotipo y genotipo..... | 25 |

Capítulo 3
LAS PLANTAS **27**

| | |
|---|----|
| Los tejidos vegetales..... | 27 |
| El sistema de tejido meristemático..... | 28 |
| El sistema de tejido dérmico..... | 28 |
| El sistema de tejido fundamental..... | 29 |
| El sistema de tejido vascular..... | 29 |
| La fotosíntesis..... | 30 |
| La nutrición vegetal..... | 30 |
| Nutrición autótrofa..... | 30 |
| Nutrición heterótrofa..... | 30 |
| La nutrición vegetal como factor de producción..... | 30 |
| Definiciones y características de las plantas..... | 31 |
| Clasificación de las plantas..... | 31 |
| Estructura, organización y morfología de las plantas..... | 34 |
| Evolución y coevolución de las plantas..... | 34 |
| Adaptaciones de las plantas..... | 35 |
| Definiciones y conceptos de propagación de las plantas..... | 36 |

Capítulo 4
LA PROPAGACIÓN DE LAS PLANTAS **36**

| | |
|--|----|
| Propagación sexual..... | 37 |
| Propagación asexual..... | 37 |
| El injerto..... | 38 |
| Definición de injerto..... | 38 |
| Clases o tipos de injerto..... | 38 |
| Factores que mejoran el procedimiento del injerto..... | 39 |
| Propagación por estaca..... | 39 |
| Propagación por acodo..... | 40 |
| Propagación por bulbos..... | 40 |
| Propagación por estolones..... | 40 |
| Propagación por rizomas..... | 41 |
| Propagación por tubérculos..... | 41 |
| Propagación por hijuelos..... | 42 |
| Propagación in vitro..... | 42 |

Capítulo 5
EL SUELO **43**

| | |
|--------------------------------|----|
| Definiciones de suelo..... | 43 |
| Características del suelo..... | 44 |
| Propiedades de los suelos..... | 45 |
| Propiedades físicas..... | 45 |
| Color..... | 46 |

| | |
|---|----|
| Textura | 46 |
| Estructura | 46 |
| Consistencia..... | 46 |
| Densidad | 47 |
| Temperatura..... | 47 |
| Características físicas derivadas..... | 47 |
| Porosidad, capacidad de aire y capacidad de agua..... | 47 |
| Compactación y profundidad efectiva radical | 47 |
| Propiedades químicas | 48 |
| Intercambio iónico | 48 |
| Capacidad de intercambio catiónico | 48 |
| La reacción del suelo (pH)..... | 48 |
| Propiedades biológicas | 48 |
| Relaciones clima-suelo-planta | 49 |
| Factores limitantes en el desarrollo de los cultivos..... | 49 |
| Procesos de degradación de los suelos | 50 |
| Definición de la erosión de los suelos | 50 |
| Clases o tipos de erosión de los suelos..... | 50 |
| Erosión hídrica..... | 50 |
| Erosión eólica | 50 |
| Erosión antrópica..... | 50 |
| Erosión laminar | 51 |
| Erosión en surcos | 51 |
| Erosión en cárcavas..... | 51 |
| Prácticas de conservación de suelos..... | 51 |
| Siembras en contorno | 51 |
| Cultivos de cobertura..... | 51 |
| Barreras vivas | 51 |
| Incorporación de abono orgánico..... | 52 |

Capítulo 6
LA ECOLOGÍA

53

| | |
|--|----|
| Definición de ecología..... | 53 |
| Definición de población | 53 |
| Definición de comunidad | 54 |
| Definición de ecosistema..... | 54 |
| Ecología de poblaciones..... | 54 |
| Ecología de los agroecosistemas | 55 |
| Definición y aplicación de la fisiología vegetal en el desarrollo de un cultivo agrícola | 55 |
| Agricultura ecológica..... | 55 |
| Monitoreo del crecimiento y desarrollo de especies vegetales en su ecosistema | 56 |
| Glosario | 57 |
| Glossary..... | 61 |
| Bibliografía..... | 66 |

Lista de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Célula procariota y eucariota..... | 10 |
| Figura 2. Principales organelos celulares..... | 11 |
| Figura 3. Jerarquía de la organización de la vida..... | 12 |
| Figura 4. Reproducción asexual..... | 15 |
| Figura 5. Reproducción sexua..... | 16 |
| Figura 6. Interfase..... | 16 |
| Figura 7. Ciclo celular..... | 17 |
| Figura 8. Profase..... | 17 |
| Figura 9. Metafase..... | 17 |
| Figura 10. Anafase temprana y anafase tardía..... | 18 |
| Figura 11. Telofase..... | 18 |
| Figura 12. Proceso de citocinesis en célula..... | 18 |
| Figura 13. Representación esquemática de la mitosis en las plantas..... | 18 |
| Figura 14. Fases de la meiosis. 14A. Meiosis I; 14C. Interfase; 14D. Profase I; 14E. Metafase I; 14F. Anafase I; 14G. Telofase I. 14B. Meiosis II; 14H. Profase II; 14I. Metafase II; 14J. Anafase II; 14K. Telofase II; 14L. Cuatro células haploides. | 19 |
| Figura 15. Comparación entre transporte pasivo y transporte activo..... | 20 |
| Figura 16. Célula vegetal..... | 21 |
| Figura 17. Las siete características del chícharo..... | 23 |
| Figura 18. Sistemas de tejidos de las plantas..... | 28 |
| Figura 19. Ciclo de vida de los helechos..... | 31 |
| Figura 20. Transporte de sustancias..... | 32 |
| Figura 21. Ciclo de vida del pino..... | 33 |
| Figura 22. Ciclo de vida de una angiosperma..... | 33 |
| Figura 23. Germinación de la semilla..... | 37 |
| Figura 24. Reproducción asexual..... | 38 |
| Figura 25. Ejemplos de patrones en púa..... | 39 |
| Figura 26. Propagación por acodo..... | 40 |
| Figura 27. Propagación por bulbos: A) Yemas axilares; B) cormo; C) comerlo; D) bulbo..... | 41 |
| Figura 28. Propagación por estolones..... | 41 |

| | |
|--|----|
| Figura 29. Propagación por rizomas..... | 41 |
| Figura 30. Propagación por tubérculos..... | 42 |
| Figura 31. Propagación por hijuelos..... | 42 |
| Figura 32. Propagación in vitro..... | 42 |
| Figura 33. Perfil de suelos..... | 45 |
| Figura 34. Tipos de estructura del suelo: A. Prismática; B. Columnar; C. Blocosa Angular; D. Blocosa Subangular; E. Laminar; F. Granular; G. Migajosa..... | 46 |
| Figura 35. Perfil de suelo que indica su estructura..... | 46 |
| Figura 36. Cultivos en contorno..... | 52 |

Lista de tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Estructura y función de los organelos celulares..... | 13 |
| Tabla 2. Clasificación de las plantas..... | 31 |
| Tabla 3. Niveles tróficos..... | 54 |

Introducción

A continuación se presenta el libro de estudio “Las ciencias naturales aplicadas al contexto agrícola”, el cual puede ser de gran ayuda en el estudio de diferentes especies agrícolas o campos de acción, como la palma de aceite, el café, el arroz y en el manejo de suelos y aguas, entre otros.

En el capítulo 1 se aborda el tema de la célula como unidad fundamental, básica y estructural de la vida y se caracterizan sus aspectos principales; en el siguiente capítulo se desarrollan los temas de herencia y evolución, sus conceptos, principios y mecanismos. El capítulo 3 corresponde a las plantas, su definición, estructura, funciones, fisiología y propiedades; a su turno, en el capítulo 4 se estudia la propagación y sus diferentes métodos. Luego se presenta el capítulo correspondiente al tema de los suelos, sus definiciones, características, propiedades, diferentes relaciones, tipos de degradación y prácticas de conservación. Finalmente, en el capítulo 6 se desarrolla la temática sobre ecología, en la que se encuentran las nociones, el ecosistema con todos sus componentes, los agroecosistemas, la agricultura ecológica y la relación de los cultivos con su entorno.

La célula

i

La teoría celular es la base fundamental para el estudio de la biología que explica la constitución de la materia viva con base en las células y el papel que éstas cumplen. El concepto moderno de teoría celular se puede resumir en los siguientes principios:

1. Todo en los seres vivos está formado por células o por sus productos de secreción.
2. La célula es la unidad estructural de la materia viva y una célula puede ser suficiente para constituir un organismo.
3. Todas las células proceden de otras preexistentes por división de éstas.
4. Las funciones vitales de los organismos ocurren dentro de las células o en su entorno inmediato, controladas por sustancias que ellas secretan.
5. Cada célula es un sistema abierto que intercambia materia y energía con su medio.
6. En una célula caben todas las funciones vitales, de manera que basta una célula para tener un ser vivo (que será unicelular). Así

pues, la célula es la unidad fisiológica de la vida.

7. Cada célula contiene toda la información hereditaria necesaria para el control de su propio ciclo, desarrollo y funcionamiento de un organismo de su especie, así como para la transmisión de esa información a la siguiente generación celular. Por tanto la célula también es la unidad genética.

Definiciones y conceptos de la célula

La definición más aceptada y difundida sobre la célula indica que es la unidad básica de la estructura y función de los seres vivos, que puede existir de manera independiente y es capaz de reproducirse. De la misma forma como el átomo es considerado la unidad básica de la materia, la célula lo es para los seres vivos.

Las células se dividen en dos grupos: procariotas y eucariotas, según el grado de complejidad en la organización de sus estructuras. Las procariotas, del griego *pro* (antes) y *karion* (núcleo), carecen de núcleo celular diferenciado y de una membrana nuclear. Su ADN está enrollado en una región nucleoide (semejante a un núcleo); en este tipo de células se encuentran las bacterias y las arqueobacterias. Las eucariotas, del griego *eu* (verdadero) y *karion* (núcleo), son más estructuradas y evolucionadas que las procariotas porque poseen núcleo definido y membrana celular. En la figura 1 se observan las diferencias entre estos dos grupos de células.

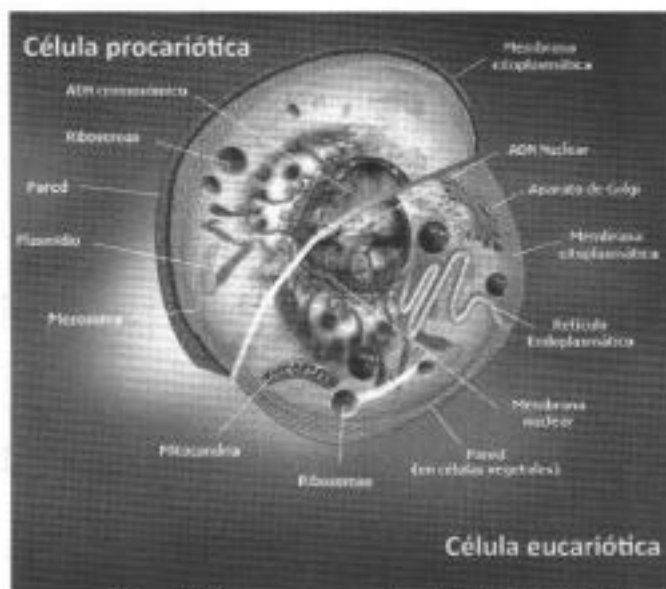


Figura 1. Célula procariota y eucariota. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Las células procariotas generalmente miden entre 1 y 10 micras, un tamaño muy pequeño; el núcleo no está delimitado por una membrana celular, el ADN es un cromosoma único en el citoplasma y los organelos son transitorios (aparecen y desaparecen por momentos); normalmente son inmóviles o con flagelos simples que les dan cierta movilidad. La división celular se realiza por fisión binaria, gemación con ausencia de mitosis, mientras que la nutrición se realiza por absorción. Algunos efectúan fotosíntesis. Son unicelulares y la pared celular está formada por azúcares y péptidos, algunas veces también por celulosa. Algunos ejemplos de células procariotas son las bacterias y las algas verdeazuladas.

Las células eucariotas se caracterizan por ser más grandes (tamaños entre 10 y 100 micras), núcleo delimitado por una membrana celular, su ADN está constituido por varios cromosomas localizados en el núcleo y los organelos son permanentes, presentan cloroplastos, mitocondrias y otros tipos de organelos. Cuando son móviles, presentan cilios o flagelos complejos. La división celular se realiza por mitosis o meiosis, son pluricelulares y realizan la nutrición por absorción, ingestión o fotosíntesis y en la pared celular pueden contener celulosa o quitina. Los protozoarios, algas, hongos, animales y las plantas son ejemplos de ellas.

Definiciones y conceptos de la base celular de la vida

La teoría celular es uno de los conceptos más importantes en biología, como quiera que en ella se establecen los siguientes principios:

1. Todos los organismos están formados por una o más células o fragmentos de célula.
2. La célula es la unidad básica de la estructura y funcionamiento de los organismos vivos, y en ella se producen las reacciones químicas, los procesos liberadores de energía y sus reacciones biosintéticas.
3. Las células se originan de otras células.
4. Las células contienen la información hereditaria de los organismos de los cuales forman parte porque pasan la información de la célula madre a la célula hija.

Desde el punto de vista bioquímico son cuatro las características que distinguen a las células vivas de otros sistemas químicos:

1. La presencia de una membrana que separa a la célula del entorno y le ayuda a mantener su identidad bioquímica.

2. La presencia de enzimas, proteínas complejas básicas para las reacciones químicas de las que depende la vida.
3. La posibilidad de evolucionar a partir de la producción de descendencia con variación.
4. La capacidad para duplicarse generación tras generación.

Cada tipo de organismo se identifica por su aspecto y forma característico. Los seres vivos no son homogéneos, ya que cada uno está conformado por diferentes partes con sus correspondientes funciones específicas. Los procesos realizados por un organismo son el resultado de la suma de las funciones coordinadas de las células que lo constituyen. Algunas de las plantas más pequeñas poseen en sus cuerpos una sola célula (*unicelulares*); en contraste, el cuerpo de un ser humano o un árbol están formados por miles de millones de células unidas (*pluricelulares*).

En la célula se distinguen cuerpos individualizados del resto del protoplasma, que tienen funciones específicas, llamados *organelos* u *orgánulos*. Éstos son a la célula como los órganos al cuerpo y tienen compuestos bióticos y actividad metabólica importantes para el funcionamiento de la célula. En la figura 2 se observan los principales organelos celulares con sus funciones.

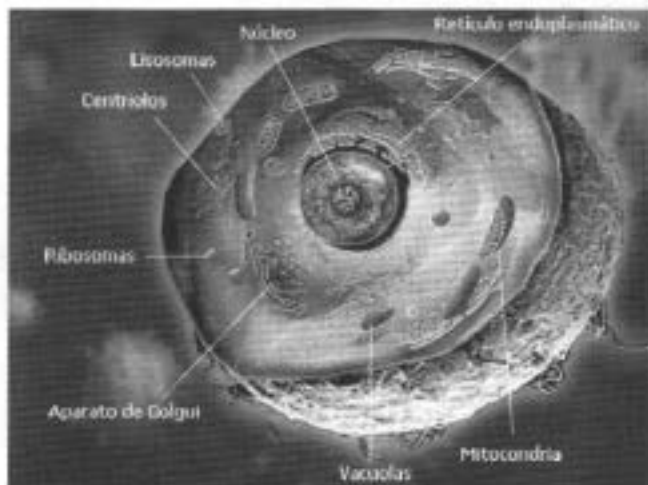


Figura 2. Principales organelos celulares. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Principios que rigen la vida

Todos los organismos tienen características comunes que se agrupan bajo el concepto de *ser vivo*. Todos ellos comparten una historia evolutiva particular para cada especie, la cual se manifiesta en características internas y externas que igualmente los diferencian de *lo no vivo*. De cualquier forma, se concluye que todos los organismos realizan cuatro funciones que los distinguen como seres vivos, las cuales forman los principios que rigen la vida: la reproducción, crecimiento y desarrollo, homeostasis y la organización jerárquica.

Reproducción

La reproducción es la capacidad que tienen los individuos de transmitir información a su descendencia para generar nuevos seres vivos con sus mismas particularidades, y gracias a esta capacidad persiste la vida generación tras generación. La reproducción y las transformaciones de un ser vivo pueden ser tan simples como las de una bacteria que se divide en dos o tan complejas como las que ocurren durante la fecundación, el desarrollo y la metamorfosis de un anfibio.

Crecimiento y desarrollo

Los organismos jóvenes aumentan de tamaño y al hacerlo adquieren rasgos especiales que los identifican como miembros de un determinado grupo de organismos. En este sentido, el crecimiento es un aumento de la cantidad de materia viva en un organismo y el desarrollo es la serie de cambios que un organismo experimenta para alcanzar su forma final de adulto.

En el crecimiento y en el desarrollo interviene la característica que tienen los seres vivos de ser sistemas abiertos que almacenan y procesan información e intercambian sustancias y energía con el medio externo. Las sustancias que entran en un organismo ingresan en una red de reacciones químicas en las que se degradan o se utilizan como unidades para la construcción de

compuestos más complejos, algunos de los cuales se integran al proceso de la nutrición del ser vivo y aportan a su crecimiento y desarrollo. Los procesos que desarrollan los seres vivos en la conversión de energía, el conjunto de reacciones químicas y de transformaciones de energía, incluidas la síntesis y la degradación de moléculas, constituyen el *metabolismo*, el cual es parte vital del crecimiento y desarrollo de los organismos.

Homeostasis

Los organismos realizan otro proceso en el que son capaces de mantener un medio interno estable dentro de ciertos límites, a pesar de que continuamente intercambian materiales con el medio externo; su composición química es muy diferente del ambiente que los rodea, lo cual es posible por el fenómeno de *homeostasis*, es decir, la capacidad que tienen los seres vivos de mantenerse en equilibrio o relativamente estables.

Todos los organismos vivos, sean unicelulares o pluricelulares, tienen su propia homeostasis. Ésta se manifiesta, por ejemplo, cuando se mantiene una acidez interna estable (pH) en el organismo; cuando los animales de sangre caliente mantienen una temperatura corporal interna constante; en el ecosistema, cuando las plantas consumen dióxido de carbono regulan la concentración de este compuesto en la atmósfera. Los tejidos y los órganos también mantienen su propia homeostasis.

Organización jerárquica

Todas las funciones o procesos vitales realizados por un organismo son fundamentales para

su existencia: ninguno está aislado de otro, todos actúan en conjunto para crear un sistema único y ordenado. Esa organización particular es característica de todas las formas de vida y se demuestra por sí misma en la manera como un organismo está integrado y también en el modo como funciona. En la figura 3 se ilustra la jerarquía de la organización de la vida.

Como unidades básicas de la vida, las células también están organizadas. Los distintos tipos de células agrupadas dan lugar a estructuras complejas que, en conjunto, forman un sistema aún más complejo de estructuras que interactúan y realizan funciones para preservar la vida. El nivel jerárquico estructural más alto en el que se organiza la vida es el *ecosistema*, que involucra a todos los organismos vivos que moran en un área determinada, así como a todos los componentes físicos que afectan a esos organismos, tales como el aire, el suelo y la luz solar. Por debajo del ecosistema está el nivel *comunidad*, que se compone de todos los individuos; el siguiente nivel inferior es la *población*, que es todo un grupo interactivo de individuos de una misma especie; y por debajo de ella está el organismo, que es el ser vivo individual.

La estructura jerárquica de la vida continúa dentro del ser vivo individual, donde se encuentran varios sistemas de órganos, por ejemplo el sistema vascular de algunas plantas, por donde circulan y se procesan las sustancias. Los sistemas están compuestos de órganos, y a su vez cada órgano está hecho de tejidos diferentes, cada uno de los cuales consiste en un grupo similar de células como unidades de materia viva

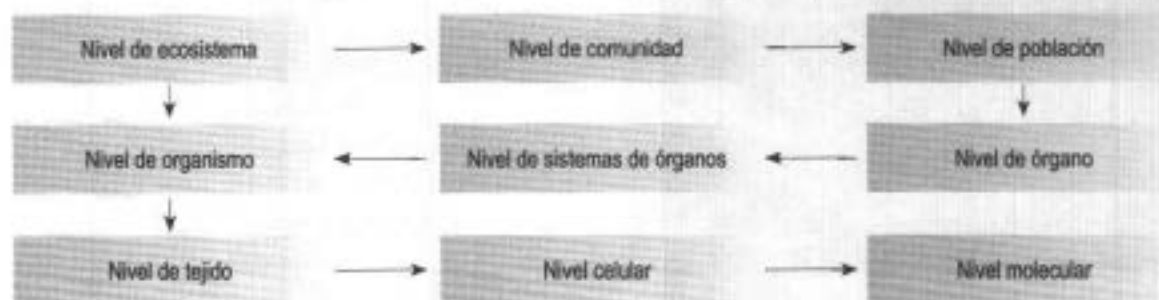


Figura 3. Jerarquía de la organización de la vida (Autor, 2009)

separadas del ambiente por un límite denominada membrana. Finalmente, el último nivel jerárquico corresponde a la molécula, por ejemplo el ADN (ácido desoxirribonucleico).

Estructura y funciones celulares

La biología celular ha permitido definir los procesos y mecanismos clave característicos de los seres vivos. Los avances en las técnicas del microscopio y los ensayos bioquímicos revelan un mundo antes desconocido de organelos y estructuras complejas e interrelacionadas. La célula misma tiene una organización específica, ya que cada una tiene forma y tamaño característicos. Además, posee membrana plasmática que aísla la sustancia viva del medio, y un núcleo, parte especializada de la célula, separado del resto por la membrana nuclear. Dicho núcleo desempeña un papel fundamental en la regulación de las actividades celulares.

Toda célula es una unidad autónoma y relativamente independiente, rodeada por una mem-

brana celular que controla el paso de sustancias (materiales simples y productos del metabolismo celular) hacia el interior y hacia el exterior; tal es el caso del O_2 , del CO_2 , los iones, los nutrientes y de los productos de desecho. Los organismos unicelulares como las bacterias, las amebas, ciertas algas y las levaduras, están formados por una sola célula que tiene la capacidad de realizar todas las funciones necesarias para la vida.

Los organismos multicelulares, formados por muchas células, evolucionaron a partir de formas de vida unicelulares. Casi todas sus células conservan la capacidad de desempeñar funciones muy básicas (como la síntesis de enzimas), mientras otras están adaptadas para realizar tareas específicas. Tal es el caso de las células de un árbol: no todas pueden realizar la fotosíntesis, sólo las que contienen clorofila son capaces de hacerlo. Las células que realizan funciones específicas se denominan especializadas. En la tabla 1 se explican las estructuras celulares, composición química, ubicación dentro de la célula y las funciones que cumplen.

Tabla 1. Estructura y función de los organelos celulares

| ORGANELO | ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA | UBICACIÓN | FUNCIÓN |
|-------------------------|--|---|---|
| Reticulo endoplasmático | Es un canal formado por un sistema complejo de membranas, constituido químicamente por una estructura lipoproteica similar a la membrana celular. | Se localiza en el interior de la célula; comunica al núcleo con el exterior. | Participa en el proceso de la síntesis de proteínas. A través del retículo fluyen sustancias de desecho o de alimento para la célula hacia el aparato de Golgi. |
| Aparato de Golgi | Serie de sacos planos y membranosos de naturaleza química lipoproteica. | Se localiza en el citoplasma, cerca del núcleo. | Almacena sustancias como lípidos y proteínas y secreción de ellas. |
| Ribosomas | Estructuras esféricas formadas por dos subunidades de diferente peso molecular que se originan del nucleolo. | Se les puede localizar libres en el citoplasma o también adheridos a las membranas del retículo endoplasmático. | Participan activamente en la síntesis de proteínas, bajo la forma de ácido ribonucleico ribosomal (ARNr). |
| Lisosomas | Son estructuras esféricas rodeadas de una membrana, producidas por el aparato de Golgi. En su interior se encuentran enzimas hidrolíticas. | Se encuentran suspendidos en el citoplasma de las células. | Están implícitos en la digestión de macromoléculas, como los lípidos, polisacáridos, proteínas y ácidos nucleicos. |
| Plastos | Estructuras membranosas de composición química lipoproteica, que en su interior pueden contener pigmentos, enzimas y iones. Se dividen en cloroplastos, cromoplastos y leucoplastos. | Se encuentran en el citoplasma de las células tanto de algas como de plantas. | Sirven como almacén de proteínas, lípidos o almidón (leucoplastos), o bien de pigmentos (cromoplastos). En el caso de los pigmentos, participan en el proceso anabólico de la fotosíntesis. |

Tabla 1. Estructura y función de los organelos celulares

| ORGANELO | ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN QUÍMICA | UBICACIÓN | FUNCIÓN |
|-------------|--|--|--|
| Mesosoma | En algunas células bacterianas la membrana celular se pliega en forma de espiral hacia el interior (invaginación), dando origen a estas estructuras y su composición química es lipoproteica. | Funciona como zona para inicio de la división celular. | Interviene en la división celular repartiendo de manera equitativa el material genético para las dos células hijas. |
| Mitocondria | Organelo de doble membrana donde la parte interna forma crestas mitocondriales de composición química lipoproteica; en las crestas encontramos los transportadores de electrones y en la matriz mitocondrial una gran cantidad de enzimas. Las mitocondrias contienen su propio ADN, independiente del núcleo. | Inmersas en el citoplasma de las células. | Dentro de la matriz mitocondrial se realizan las reacciones químicas metabólicas del ciclo de Krebs o del ácido cítrico, en tanto que en las crestas mitocondriales tiene lugar la cadena respiratoria; aquí también ocurre la fosforilación oxidativa. La mitocondria también es conocida como la "central energética", ya que en ella se produce la mayor cantidad de energía metabólica bajo la forma de trifosfato de adenosina (ATP). |
| Vacuola | Estructura membranosa sencilla de naturaleza química lipoproteica, de forma esférica. | Se sitúa en el citoplasma de las células animales y vegetales. | Almacenamiento, digestiva, de excreción y osmoreguladora (contráctiles). |
| Centriolos | Son estructuras tubulares de naturaleza química proteica. | Se encuentran cerca del núcleo. | Durante la división celular el centriolo se divide y da origen a los ásters, de los cuales se producen las fibras del huso acromático o mitótico. |
| Núcleo | Estructura de forma esférica y de tamaño variado; en las células eucarióticas se presenta una membrana nuclear con poros que encierra al nucleoplasma, al nucleolo y a la cromatina (ADN); también se encuentran enzimas y proteínas. En las células procarionóticas no hay membrana nuclear. | Posición central, tendiendo hacia la región superior. | Coordina los procesos metabólicos, la reproducción y la herencia, por lo cual se considera el centro de control de la célula. |
| Nucleolo | Estructura esférica, de composición química a base de RNA. | Dentro del núcleo. | A partir de este se sintetiza el ARNr (ribosomal) y el ARNt (transferencial). |

Fuente: tomado del Centro de Estudios científicos y tecnológicos "Miguel Othón de Mendizabal". (s.f.).

Mecanismos de reproducción celular

La reproducción es el mecanismo por el cual los seres vivos dan origen a otros semejantes o iguales a ellos. El concepto de reproducción es uno de los más importantes en biología, pues sus mecanismos y los diferentes sistemas asociados a este proceso posibilitan la supervivencia de una especie. Existen dos tipos de reproducción: la *asexual*, por división de una célula preexistente en dos células hijas, y la *sexual*, por la fusión de dos células preexistentes.

Reproducción asexual

Se caracteriza por la ausencia de fusión o unión de dos células germinativas o gametos. Los individuos se multiplican por otros mecanismos que no requieren de intercambio de material genético, mediante procesos como multiplicación vegetativa y formación de células o cuerpos especiales. Estos mecanismos son: fragmentación, germinación, formación de esporas y partenogénesis. El tipo de reproducción asexual, que consiste en la formación de copias exactas de cromosomas que se transmiten de padres a hijos mediante la división celular, también recibe el nombre de *reproducción vegetativa o asexual*.

Esta reproducción es particularmente frecuente entre las plantas. La figura 4 muestra los tipos de reproducción asexual, que se explican a continuación.

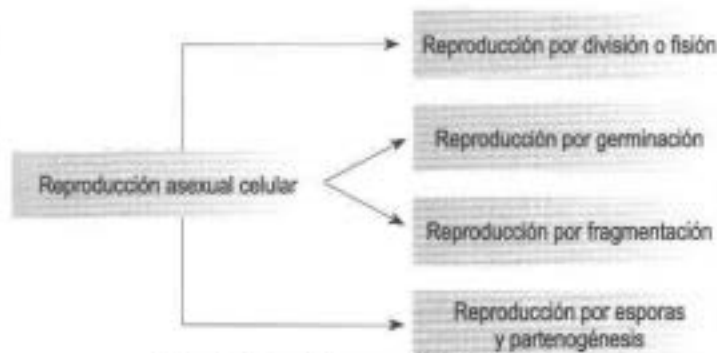


Figura 4. Reproducción asexual (Autor, 2009)

Reproducción por división o fisión

En este tipo de reproducción asexual el organismo padre se divide en dos nuevos descendientes, como en el caso de los mórnera, procariotas del Reino Mórnera, que incluyen las bacterias, cianobacterias (algas cianofíceas, verdeazuladas). Consiste en la duplicación del ADN en la célula progenitora, que se reparte entre las dos nuevas células hijas.

Reproducción mediante germinación

Es el proceso mediante el cual una pequeña parte de un organismo padre crece y se separa para formar uno nuevo; en algunos organismos crece una versión en miniatura y completa del progenitor y, a partir de su cuerpo, se separa y se desarrolla en un adulto. En los animales como la hidra, las anémonas de mar y en los hongos, como la levadura, este proceso se llama germinación. En las plantas este tipo de reproducción asexual se llama reproducción vegetativa.

Reproducción por fragmentación

Consiste en una forma de reparación de partes dañadas o rotas del organismo. En ocasiones, cuando un pequeño fragmento de un organismo se rompe, estos fragmentos crecen por mitosis,

para sustituir y reparar a todos los grandes tejidos corporales perdidos. En este proceso de fragmentación, cada pequeño fragmento roto del organismo se desarrolla en un nuevo adulto exactamente igual a su padre. Por ejemplo, una esponja, una planaria o una estrella de mar pueden crecer a partir de un pequeño fragmento del padre.

Reproducción por esporas y partenogénesis

En este tipo específico de reproducción asexual se producen esporas, que son células reproductoras, generalmente haploides y unicelulares, que permiten a una especie la reproducción y al mismo tiempo la dispersión y supervivencia por largo tiempo en condiciones adversas. La espora produce un nuevo organismo al dividirse por mitosis sin fusión con otra célula. Este tipo de reproducción es característica de organismos como las algas, algunos protozoarios, hongos y plantas. Algunos seres vivos generan cantidades importantes de esporas, que se dispersan mediante corrientes de agua o por el viento; la producción de muchas esporas y su posterior dispersión aumenta las posibilidades de que algunas encuentren lugares adecuados para crecer.

Se considera que la reproducción asexual se presenta en algunos animales más simples, plantas y mórneras. Sin embargo, los animales más complejos también pueden reproducirse en forma asexual. Tal es el caso de algunos insectos, como los áfidos y las abejas, en los que un huevo no fertilizado se desarrolla hasta volverse adulto. En el caso de la abeja reina los huevos fertilizados se desarrollan en hembras, principalmente las obreras, y los no fertilizados se convierten en machos llamados zánganos, cuya única función parece ser la de copular con la reina.

Reproducción sexual

En la reproducción sexual ocurre la singamia o fecundación, que implica la fusión de gametos masculinos y femeninos que producen un cigoto, en donde se encuentran presentes caracteres

tanto paternos como maternos, que al desarrollarse dará origen a un nuevo ser vivo.

La reproducción sexual se puede definir de tres formas, aceptadas cada una por diversos autores: a) reproducción en la que existe singamia (fusión de gametos), b) reproducción en la que interviene un proceso de meiosis (formación de gametos haploides) y c) reproducción en la que interviene un proceso de recombinación genética (descendencia diferente a la parental), como se muestra en la figura 5.

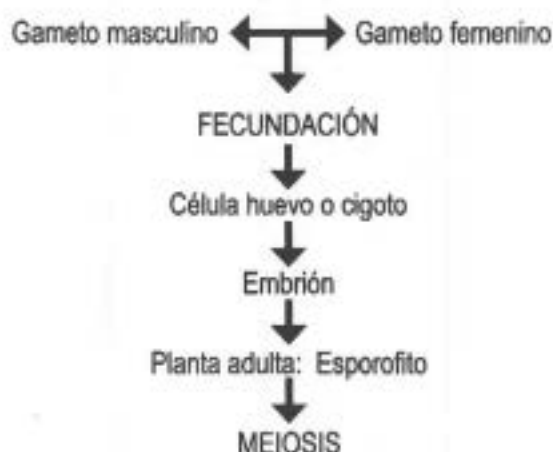


Figura 5. Reproducción sexual. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Muchas clases de seres vivos se reproducen mediante fusión de dos tipos de gametos, como los óvulos y los espermatozoides; durante el proceso de fecundación se forma un cigoto. Generalmente, los óvulos son de tamaño mucho más grande que los espermatozoides.

En la mayoría de las algas la reproducción sexual se da por la fusión de dos gametos de tamaño similar, pero en algunas existen diferentes cepas de apareamiento que se juntan y forman tubos conectores por medio de los cuales se transfiere el material genético. Este proceso se llama *conjugación* y en ella se combina el ADN de dos variedades de algas. Dependiendo de los distintos tipos de células se diferencian dos clases de reproducciones: a) mitosis, que se produce en todos los organismos, menos los que se reproducen de manera sexual; y b) meiosis, que se produce en las células sexuales, también conocidas como gametos.

Mitosis

Es un proceso que mediante división celular genera dos células, que presentan la misma información genética de la célula origen; este proceso permite la separación física de los cromosomas, que se han duplicado durante la *interfase*. La mitosis es una forma de multiplicación en organismos unicelulares.

Las etapas de la mitosis son:

Interfase

Presenta los períodos denominados G1, S y G2. En G1 ocurre el crecimiento activo del citoplasma, que incluye la formación de los organelos; en el período S (la síntesis) se replica el ADN, mientras en G2 se produce el material citoplasmático requerido para la división celular. Tal es el caso de las moléculas de tubulina, compuesto proteínico que forma los microtúbulos, además, de la condensación de los cromosomas. Las figuras 6 y 7 muestran este proceso.



Figura 6. Interfase. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

En células en división activa, la mitosis requiere un 10% y la interfase el 90% del ciclo, mientras los períodos G1 y G2 necesitan cada uno un 25% y el período S del 40% del tiempo ciclo celular. Estos procesos se observan en la figura 7.

Profase

Profase, del prefijo *pro* que significa primero o antes, es la etapa que inicia la mitosis. En esta fase se condensan los cromosomas, las cromátidas hermanas se unen por medio del centrómero ya que la cromatina está sujeta al núcleo; posterior-

mente se duplica el centriolo y la membrana central se desintegra. Cada centriolo se dirige a los polos opuestos; allí ocurren los siguientes eventos: el núcleo y el nucléolo han desaparecido, se forma el huso acromático y los cromosomas, los cuales se ven dobles y compactos y se unen a las fibras del huso acromático, como se observa en la figura 8.

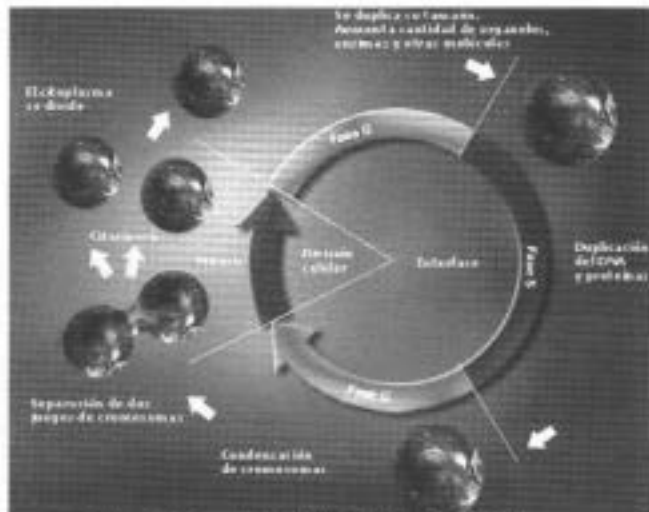


Figura 7. Ciclo celular. (UNIMINUTO - IEVD, 2009)

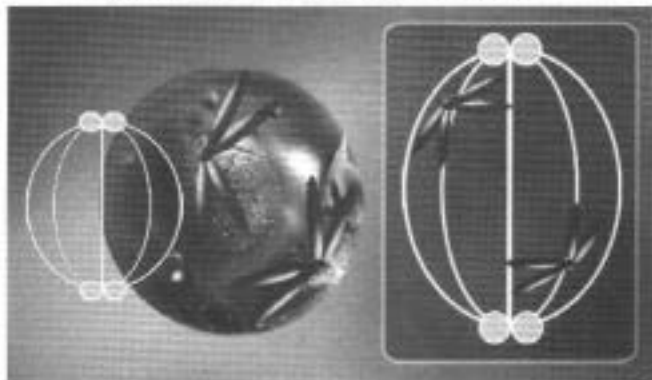


Figura 8. Profase. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Metafase

En la metafase, del prefijo *meta* que significa después o entre, se conforma el huso mitótico o acromático, con haces de microtúbulos, y en estos últimos los cromosomas se unen a algunos microtúbulos a través del cinetocoro que es una estructura proteica laminar situada a cada lado del centrómero. Los cromosomas se acortan y condensan al máximo, y son desplazados por los microtúbulos hasta que sus centrómeros quedan en el plano ecuatorial. En esta parte del

proceso se crea el huso mitótico constituido por fibras proteicas que unen a los dos centriolos. Los cromosomas forman el plano ecuatorial, situado en medio de la célula en línea recta colgado del huso mitótico. Finalmente se produce la autoduplicación del ADN del centrómero y su división. En la figura 9 se muestra la metafase.

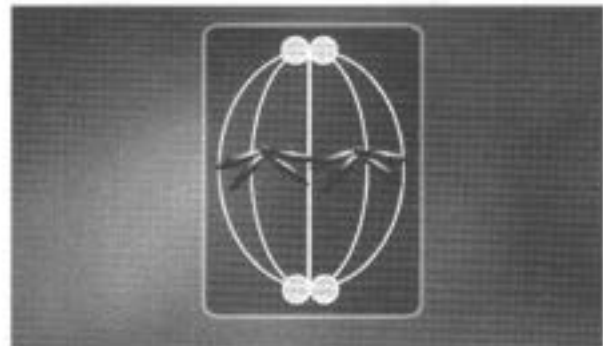


Figura 9. Metafase. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Anafase

En la anafase, de *ana*, que significa arriba o ascendente, ocurre la separación de los centrómeros hijos, y las cromátidas, que se convierten en cromosomas hijos. Estos se dirigen hacia un polo de la célula, distribuidos por el huso mitótico en los dos núcleos hijos. La anafase se divide en anafase temprana y anafase tardía. En la anafase temprana se conforman los cromosomas hijos por acción de la duplicación del cinetocoro (componente celular) de los cromosomas dobles. En la anafase tardía ocurre la migración de los cromosomas hijos hacia polos opuestos, debido a que las fibras del huso acromático se contraen. En la figura 10 se observa el proceso de la anafase temprana y tardía.

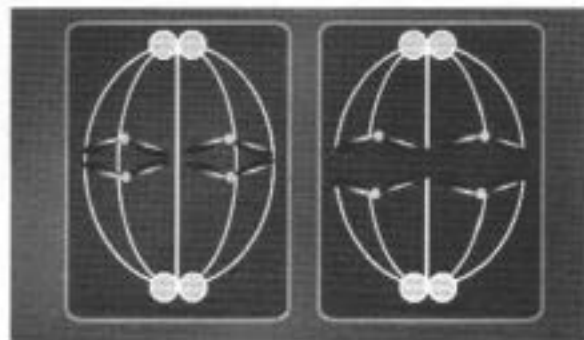


Figura 10. Anafase temprana y anafase tardía. (UNIMINUTO-IEVD, 2009).

Telofase

La telofase, del griego *telos* que significa fin, es la fase final de la mitosis y meiosis, que sucede a la anafase; tras la división nuclear se produce la división celular o citocinesis. Cuando los cromosomas hijos llegan a los polos de la célula se alargan y pierden condensación, se conforma la envoltura nuclear a partir del retículo endoplasmático rugoso y se forma el nucleolo. Asimismo se forma la membrana nuclear que cubre los cromosomas y se desarrollan nuevos núcleos celulares con la consecuente descondensación de la cromatina. Esta fase se observa en la figura 11.

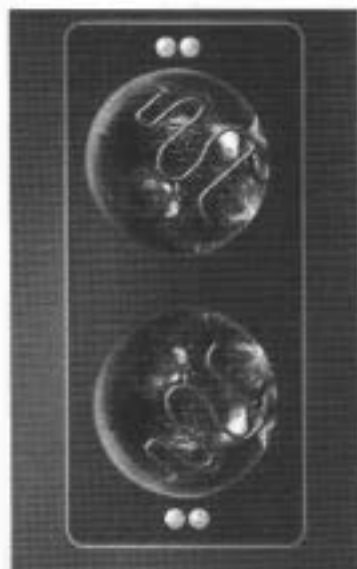


Figura 11. Telofase. (UNIMINUTO-IEVD, 2009).

Citocinesis

Para la reproducción celular se necesitan dos procesos: la división del núcleo y la división del citoplasma (citocinesis) (véase figura 12), cuya finalidad es la división del citoplasma de la célula madre entre las células hijas. Este mecanismo es distinto para la célula animal (color rosado) y para la célula vegetal (color verde).

En las células vegetales se forma una placa ecuatorial en la que ocurre la división del citoplasma; inicialmente las células hijas quedan interconectadas entre sí a través de los plasmodesmos y luego la célula madre se divide en dos

células hijas. Para ilustrar el proceso de la meiosis y sus etapas se presenta la figura 13.

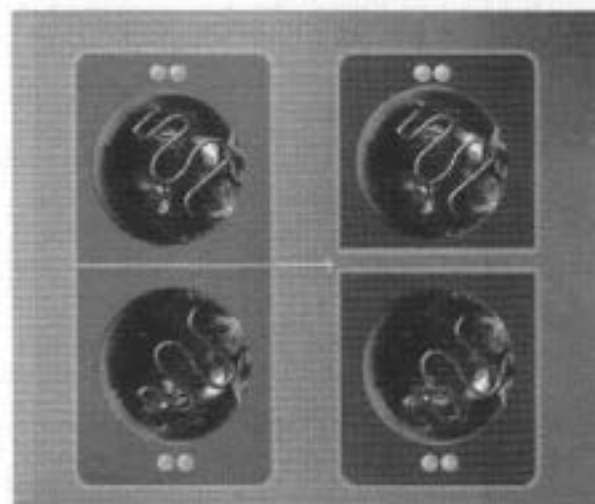


Figura 12. Proceso de citocinesis en células. (UNIMINUTO-IEVD, 2009).



Figura 13. Representación esquemática de la mitosis en las plantas. (UNIMINUTO-IEVD, 2009).

Meiosis

La meiosis como proceso de división celular facilita que una célula diploide (dos pares de cromosomas $-2n-$), por divisiones celulares sucesivas, genera cuatro células haploides (un par de cromosomas $-n-$). Como la meiosis se produce en los órganos reproductores, las células originadas son denominadas sexuales o gametos. En esta fase se presenta la recombinación del material genético. Durante la interfase anterior a la meiosis, los cromosomas se replican de la misma manera que en la interfase que precede a la mitosis y cada uno pasa a tener dos cromátidas hermanas idénticas unidas por el centrómero, como se observa en la figura 14.

En el proceso de la meiosis se presentan dos divisiones nucleares y citoplasmáticas llamadas primera y segunda división meiótica (Meiosis I y

Meiosis II). Ambas comprenden las fases de profase, metafase, anafase y telofase; en la Meiosis I los miembros de cada par homólogo de cromosomas primero se unen para separarse y luego se distribuyen en diferentes núcleos. En la Meiosis II las cromátidas hermanas de cada cromosoma se separan para ubicarse en los núcleos de las células hijas. La etapa S o duplicación del ADN no existe entre estos dos procesos sucesivos.

Al comienzo de la profase de la primera división meiótica ocurre un momento importante para la meiosis: los cromosomas homólogos se acercan y se aparean en el proceso de sinapsis (véase figura 14). Mientras los cromosomas homólogos están apareados se produce el entrecruzamiento, también llamado *crossing over*. Allí, en los puntos donde ocurre entrecruzamiento, un fragmento de cromátida de un homólogo se rompe e intercambia por un fragmento de cromátida del otro homólogo. Luego las áreas de ruptura se separan y obtienen cromátidas hermanas de cada cromosoma homólogo no genéticamente idénticas. El cromosoma homólogo materno contiene ahora partes del homólogo paterno y viceversa, lo que se conoce como recombinación (véase figura 14), un hecho de suma relevancia para los procesos evolutivos.

El transporte celular

El *transporte celular* es el intercambio de materia entre el interior de la célula y su ambiente externo. Mediante este proceso entran sustancias necesarias para la célula y salen de ella las sus-

tancias de desecho y también productos útiles para otros procesos de metabolismo extracelular. Existen diferentes tipos de transporte celular: el pasivo y el activo para moléculas pequeñas entre su citoplasma y el medio extracelular, y la endocitosis y exocitosis para moléculas grandes (en la figura 15 se observan las diferencias entre estos dos tipos de transporte celular). Las células pueden mantener relativamente constante la composición de su medio interno gracias a que su membrana celular es semipermeable, es decir, que no todas las moléculas, por pequeñas que sean, pueden atravesarla; esto le permite controlar el tipo y la cantidad de sustancias que entran y salen.

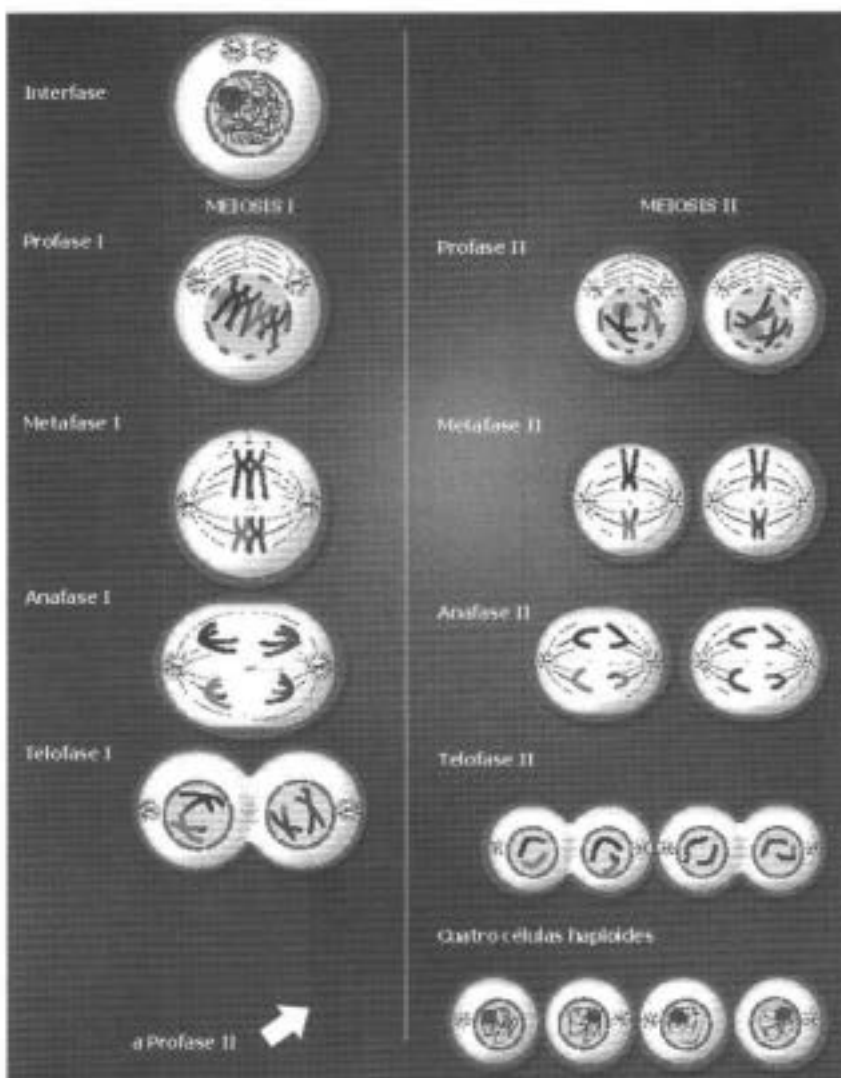


Figura 14. Fases de la meiosis. 14A. Meiosis I; 14C. Interfase; 14D. Profase I; 14E. Metafase I; 14F. Anafase I; 14G. Telofase I. 14B. Meiosis II; 14H. Profase II; 14I. Metafase II; 14J. Anafase II; 14K. Telofase II; 14L. Cuatro células haploides. (UNIMINUTO-IEVD, 2009).

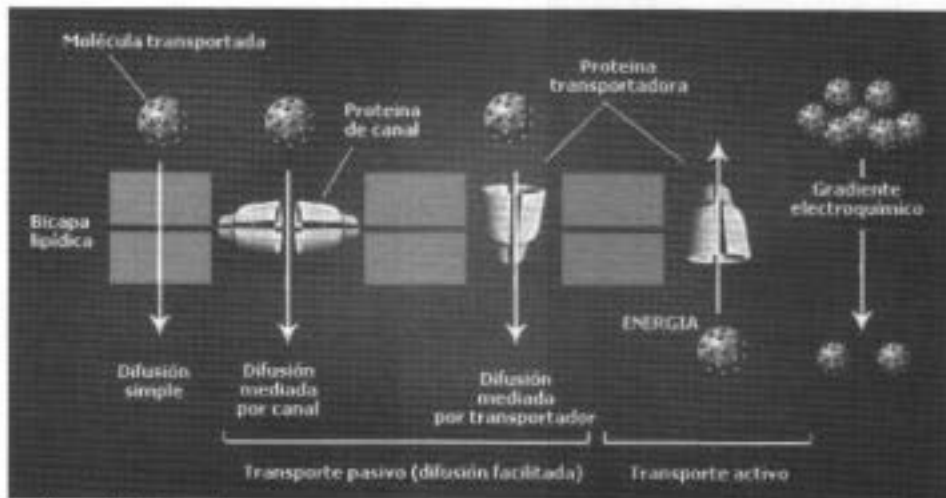


Figura 15. Comparación entre transporte pasivo y transporte activo. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Cuando las moléculas deben ingresar a la célula son de gran tamaño; ésta modifica entonces temporalmente la forma de su membrana, de manera que se producen bolsas o vesículas para facilitar su transporte.

Transporte pasivo

El transporte pasivo no implica ningún gasto de energía por parte de la célula, como es el caso de la difusión simple (únicamente de gases) o de la ósmosis, que ocurren a favor de un gradiente de concentración. Este tipo de transporte también recibe el nombre de *difusión* y consiste en el movimiento de moléculas desde un lugar en el que están en alta concentración hacia otro en el que están en menor concentración. Las moléculas suficientemente pequeñas, y que tienen la capacidad de disolverse en los lípidos de la membrana, la atraviesan directamente; tal es el caso del oxígeno y del dióxido de carbono. Si las moléculas son un poco más grandes, o insolubles en lípidos, necesitan ser transportadas con ayuda de proteínas de la membrana. En este caso el proceso recibe el nombre de *difusión facilitada*.

Un caso especial de transporte pasivo es la ósmosis, en la que el agua se mueve a través de la membrana celular. Este proceso es muy importante para el funcionamiento de los seres vivos y necesita de la ayuda de las proteínas de la membrana, pues el agua es insoluble en los lípidos.

Transporte activo

El transporte activo consiste en el movimiento de moléculas de un lugar de baja concentración a un lugar de alta concentración, con gasto de energía. Este tipo de transporte permite mantener dentro de la célula ciertas sustancias en una concentración diferente a la del exterior. Por ejemplo, las células del cuerpo humano funcionan adecuadamente cuando la concentración interna de potasio es cerca de 15 veces mayor que la del exterior.

Endocitosis

Es el proceso mediante el cual las células capturan e ingieren partículas grandes y gotas de líquido del medio extracelular. Existen dos tipos de endocitosis: la *fagocitosis* y la *pinocitosis*. En la primera las células producen prolongaciones de la membrana con las cuales envuelven partículas grandes o incluso células enteras. De esta manera, los organismos pequeños, compuestos por una o pocas células, obtienen su alimento; en los organismos grandes, la fagocitosis está asociada con la defensa del organismo. En la pinocitosis las células pliegan un fragmento de su membrana celular hacia el citoplasma y forman una vesícula que arrastra líquido extracelular, del cual toman partículas muy pequeñas y nutrientes disueltos.

Exocitosis

La exocitosis es el proceso mediante el cual las partículas de gran tamaño salen de la célula. Por ejemplo, muchas proteínas y lípidos producidos en el aparato de Golgi son empacados en vesículas que al entrar en contacto con la membrana celular se fusionan con ella, liberando así su contenido al medio extracelular. Este mecanismo facilita a las células la eliminación de sustancias que no requieren y que han sido sintetizadas por la célula.

La célula vegetal

La principal característica de las células vegetales es que cuentan con una pared celular rígida, que contiene celulosa rodeando la membrana plasmática. Presentan plastidios o plastos como los cloroplastos, que contienen los pigmentos clorofila *a* y *b* para los procesos de fotosíntesis, tienen numerosos grupos de vacuolas que le ayudan a mantenerse turgente, realizan

un tipo de nutrición autótrofa y son eucariotas (ver figura 16).

La estructura de una célula y la naturaleza de su pared se relacionan normalmente con sus funciones más importantes; los principales tejidos vegetales presentan diversos tipos de células como las del parénquima, del colénquima, del esclerénquima, traqueidas (que son las células conductoras de agua), las meristemáticas (que son las encargadas del crecimiento de la planta en longitud y grosor) y las epidérmicas, que cubren las estructuras primarias de la planta.

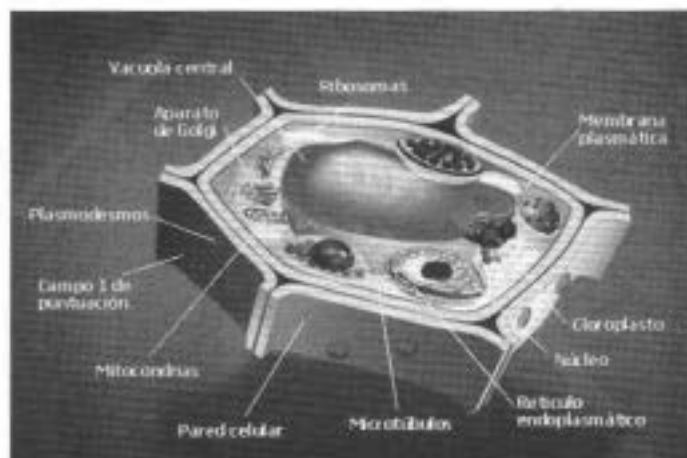


Figura 16. Célula vegetal. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

i

En este apartado se hace un breve repaso al complejo tema de la herencia en el campo de la genética, ese proceso a través del cual un ser vivo transmite sus caracteres a su descendencia, gracias a la aportación cromosómica donde se encuentran los genes responsables de los rasgos físicos y de su adaptación, los cuales marcarán a un individuo durante toda su vida.

La herencia es el proceso por el cual las características de los individuos se transmiten a su descendencia. El término *herencia* se ha relacionado con el pasado y con lo que se recibe de los padres. Todos los seres vivos son *herederos* de un aspecto básico: el material genético, que es transmitido de generación en generación por el proceso de división o reproducción celular. Durante su vida, las células alternan fases de crecimiento y división en una sucesión de acontecimientos que se conoce como *ciclo celular*. En una etapa anterior a la división nuclear ocurre la duplicación del material genético, que es el ADN o ácido desoxirribonucleico, responsable en gran medida de la herencia, y en otra etapa se produce la distribución de las copias idénticas entre las dos nuevas células hijas.

La herencia igualmente se mantiene a través de otro proceso de división celular llamado *meiosis* y que es relativamente menos frecuente que la *mitosis*, pero no menos importante, ya que parece

haber evolucionado a partir de la *mitosis* y utiliza en gran medida los mismos mecanismos celulares. En genética, la herencia relaciona un conjunto de caracteres fenotípicos y genotípicos que se transmiten de un individuo a sus descendientes. En otras palabras, se puede decir que la herencia es la transmisión de las características genéticas de padres a hijos, en la que también los seres vivos experimentan un proceso evolutivo que se asocia con la idea de cambio, de progreso o avance. La evolución biológica significa el desarrollo o cambio gradual de los seres vivos de un estado a otro para adaptarse a distintos ambientes.

Conceptos y principios de la herencia

La herencia es la transmisión de las características de los seres vivos a sus descendientes mediante el material genético contenido en el

núcleo celular; se transmiten las características anatómicas y fisiológicas y el ser vivo resultante tendrá caracteres de uno o de los dos padres. Los caracteres transmisibles, que vienen fijados en los genes, reciben el nombre de genotipo, mientras su manifestación externa (aspecto del individuo) se denomina fenotipo. La genética, como parte de la biología, se encarga del estudio de la herencia y relaciona los mecanismos y situaciones que rigen la transmisión de los caracteres de una generación a otra.

Las bases y principios fundamentales de la genética provienen de las investigaciones del monje agustino Gregorio Mendel (1822 - 1884). Mendel argumentó con certeza que los progenitores transmiten a sus hijos factores hereditarios separados, e hizo énfasis en que los factores hereditarios, llamados actualmente genes, retenían su individualidad generación tras generación. En sus experimentos Mendel utilizó variedades de plantas del chícharo, guisante o arveja común, *Pisum sativum*, las cuales eligió por ser fáciles

de conseguir en el comercio, de cultivar, de crecimiento rápido y con una descendencia abundante. Sus distintas variedades tenían características claramente diferentes y constituían líneas de reproducción en formas puras, es decir, que no cambiaban de una generación a la siguiente. Por ejemplo, una variedad de plantas altas, si se cruzaba siempre entre sí, producía descendencia alta, y una variedad con semillas amarillas producía semillas amarillas en todas las generaciones.

Otras características de las plantas de chícharo que se tuvieron en cuenta fueron: sus flores se pueden autopolinizar, es decir que transfieren el polen de la antera al pistilo de la misma flor, permiten la polinización cruzada, es decir, admiten polen de otra flor, y presentan una serie de características fáciles de distinguir. Las variedades de las plantas de chícharo con las que trabajó Mendel presentaban siete diferentes caracteres, cada uno con dos variaciones, como se muestra en la figura 17.

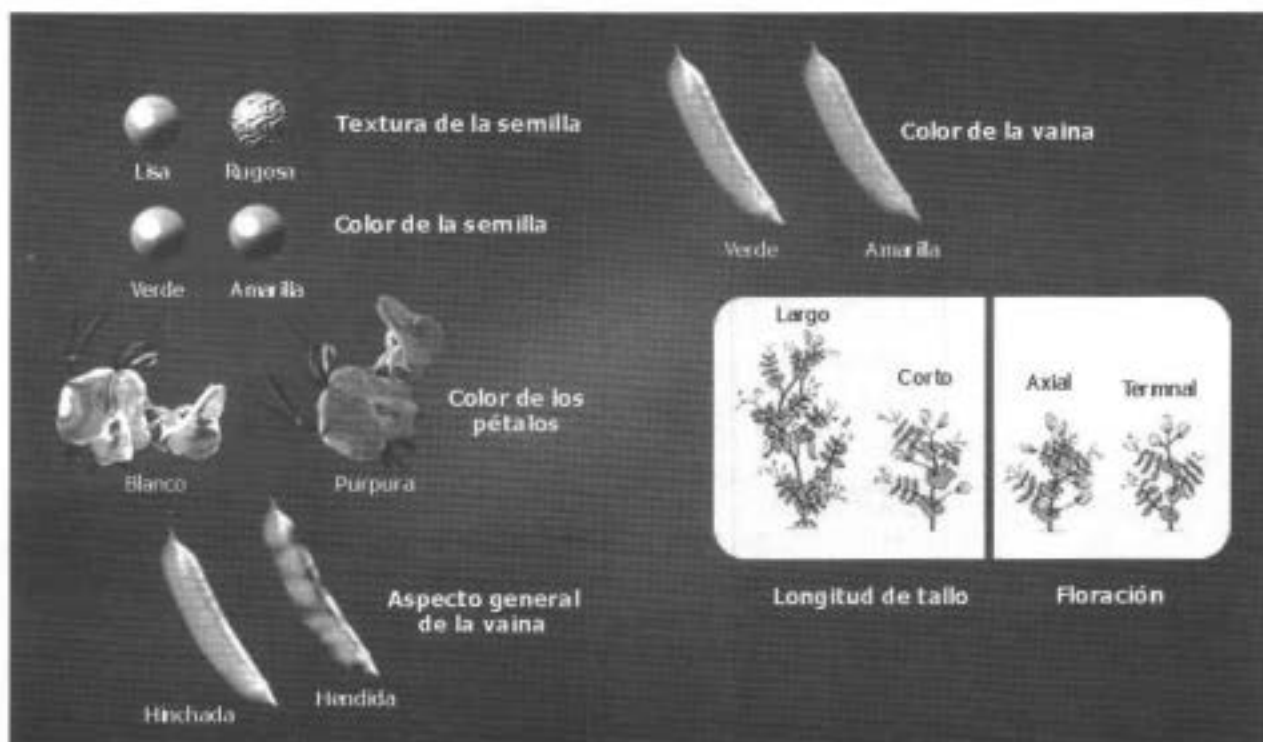


Figura 17. Las siete características del chícharo. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Conceptos y principios de la evolución

La evolución es la acción o efecto de desarrollo o de transformación de las especies, por la cual pasan gradualmente de un estado a otro. La evolución biológica es un proceso continuo en la variación de las especies en sucesivas generaciones, y se manifiesta en el cambio de las frecuencias alélicas o frecuencias génicas de una población, en la que cada una de las formas alternativas que puede tener un gen se diferencian en su secuencia, lo que puede ocasionar que la función de ese gen se modifique. Igualmente, las frecuencias alélicas o génicas de una población se refieren al orden en el que se encuentran los genes y sus bases en cada cromosoma. Su variación es causa de mutaciones y lleva a la aplicación de la selección natural, que da por resultado la evolución de las especies.

A través de los siglos han surgido varias teorías sobre la evolución, una de ellas es la de Carlos Darwin formulada en la obra *"El origen de las especies"*. Darwin explicó las formas en que los organismos se adaptan a su ambiente y él mismo propuso la selección natural como un mecanismo de evolución. En su teoría, Darwin reconoció que todas las especies tienden a producir un número excesivo de descendientes. Esta teoría sobre la selección natural es una conclusión basada en tres hechos observables en la naturaleza y constituye una conclusión preliminar. Se puede resumir la teoría de la siguiente manera:

- ▶ **Conclusión número 1:** todos los seres vivos enfrentan una continua lucha por la existencia, lucha que muchos perderán prematuramente.
- ▶ **Conclusión número 2:** aquellos individuos cuyas variaciones los adaptan mejor al ambiente tendrán mayor probabilidad de sobrevivir.
- ▶ **Conclusión número 3:** entre los individuos de cualquier especie se presenta variación heredada.

Teoría cromosómica de la herencia

El cromosoma es una diminuta estructura condensada que contiene ácidos nucleicos y proteínas; se encuentra en todas las células vegetales y animales y presenta unas pequeñas unidades llamadas genes. La información genética de un cromosoma está localizada en toda su longitud, en un gran número de regiones denominadas genes (o genas). Cada gen contiene la información para generar un producto bioquímico especial o para regular su producción. Cada cromosoma en el núcleo de un gameto contiene un conjunto específico de genes, arreglados en un orden definido. Los genes de un cromosoma son diferentes de los contenidos en cualquier otro cromosoma del núcleo, puesto que el núcleo de cada gameto contiene sólo un juego de cromosomas; su fusión produce un cigoto con dos juegos de cromosomas y con dos juegos de genes.

Aunque los genes que ocupan el mismo lugar en cromosomas homólogos son similares el uno al otro, no necesariamente son idénticos y existen diferentes formas del mismo gen. Las varias formas de un gen se denominan alelos de gen, por ejemplo, el gen que controla la producción de la melanina, el pigmento responsable del color de la piel, el cabello y los ojos, existe como dos alelos diferentes en los humanos. El alelo más común causa la pigmentación normal de la piel pero una segunda forma carece de la habilidad para producir pigmentación alguna. En una determinada especie las células de los individuos presentan un número fijo de cromosomas que se manifiestan en pares, por ejemplo el ser humano tiene 23 pares de cromosomas, aunque en el caso de las células reproductoras sólo se encuentra la mitad de los cromosomas presentes en las somáticas.

De acuerdo con lo anterior, surge uno de los conceptos más importantes de la biología: la teoría cromosómica de la herencia, que establece que en los cromosomas se encuentran los ge-

nes y que son estos últimos los que explican los patrones de la herencia.

Patrones de la herencia

Las leyes de Mendel caracterizaron y explicaron los patrones de la herencia, entre otros aspectos, con la teoría cromosómica de la herencia expuesta anteriormente. Según el sitio donde esté localizado un gen se presentan diferentes patrones de herencia, así:

- ▶ **Herencia autosómica.** Ocurre por la variación de genes simples en cromosomas regulares o autosomas.
- ▶ **Herencia ligada al sexo.** Relacionada con la variación de genes simples en los cromosomas sexuales.
- ▶ **Herencia citoplásmica.** Relacionada con la variación de genes simples en cromosomas de organelos (las mitocondrias, por ejemplo).

Estas leyes de Mendel, que constituyen el fundamento de la genética, pueden resumirse así:

- **Primera ley o ley de la uniformidad.** Al cruzarse dos razas puras para un determinado carácter, los descendientes de la primera generación son iguales entre sí y presentan igual fenotipo e igual genotipo; además, son iguales en fenotipo a uno de los progenitores.
- **Segunda ley o ley de la segregación.** Al formarse los gametos, cada alelo de un par se separa del otro para conformar la constitución genética de un gameto filial.
- **Tercera ley o ley de la segregación independiente.** Diferentes características se heredan independientemente unas de otras. Esta ley sólo se cumple en genes que no están ligados (ubicados en diferentes cromosomas) o que están en regiones muy separadas del mismo cromosoma.

Biología molecular del gen

El gen es la unidad de material hereditario básico localizado en un lugar determinado de un cromosoma; contiene un fragmento de ADN ubicado en un orden fijo en los cromosomas, que determina los caracteres hereditarios en los seres vivos; por ejemplo, los genes determinan el color del pelo y de los ojos de las personas. El gen también se considera la unidad básica de mutación, por lo cual se pueden presentar variaciones en la característica que él controla.

Los genetistas explican la variación continua de las especies con base en genes múltiples, una forma de herencia en la que muchos genes afectan a un solo rasgo: el color de la piel en los seres humanos y el de las plantas, por ejemplo, tienen variación continua y se piensa que también están determinados por genes múltiples. Asimismo, los genes pueden interactuar unos con otros para regular los diversos tipos de herencia. Las bacterias y los virus denominados *bacteriófagos* aportaron una parte de las primeras evidencias en relación con los genes presentes en el ADN; esta molécula es la base de la herencia y su estudio se denomina biología molecular.

El ADN es un ácido nucleico conformado por largas cadenas de monómeros de nucleótidos. Cada nucleótido consiste en un azúcar unido a un grupo de fosfatos y a una base nitrogenada; esta alternancia de azúcares y fosfatos forma un esqueleto, junto con las bases nitrogenadas como apéndices.

Fenotipo y genotipo

El *fenotipo* es la apariencia física o la manifestación específica de un determinado rasgo (como el tamaño o el color de ojos), y varía entre los diferentes individuos, es decir, se refiere a la apariencia externa y a otras características observables o medibles de un organismo. El concepto de *fenotipo* es sinónimo de aspecto físico. Sin embargo, la teoría evolutiva actual considera que el feno-

tipo incluye características tan dispares como la temperatura óptima de funcionamiento de una enzima o la velocidad de respuesta a un estímulo en el sistema nervioso.

Por otro lado, el fenotipo es la expresión de interacciones complejas entre muchos genes, de manera que una característica fenotípica particular puede ser el resultado de varias combinaciones genotípicas diferentes. Sin embargo, el *fenotipo* no sólo está determinado por las interacciones

del *genotipo* con el ambiente durante la vida de un individuo. El *genotipo* es la composición genética de un individuo, ya sea con respecto a una o a varias características. Es el conjunto de genes que contiene un organismo heredado de sus progenitores en organismos diploides: la mitad de los genes se heredan del padre y la otra mitad de la madre. El *genotipo* constituye el grupo de factores hereditarios que conforman las características genéticas de un organismo.

Las plantas

i

Los organismos vivos, principales componentes del reino vegetal, fundamentales para la supervivencia del planeta, son el tema del presente capítulo, en el que se estudiará la estructura tanto interna como externa de las plantas, su clasificación, nutrición y procesos como la fotosíntesis, entre otros aspectos.

Las plantas pertenecen al reino vegetal o *plantae* y han existido sobre la superficie terrestre desde hace más de 400 millones de años. Actualmente se han clasificado cerca de 300.000 especies de plantas. Dichas plantas, como organismos multicelulares y eucariotas, son capaces de sintetizar su propio alimento por medio de la fotosíntesis. En su mayor parte se encuentran en hábitats terrestres, pero algunas especies viven en el agua; su tamaño es muy variado: existen desde plantas pequeñas como los musgos hasta árboles gigantes que pueden llegar a medir más de 100 metros de altura.

Los tejidos vegetales

En la medida que se diferencian las células meristemáticas (responsables del crecimiento vegetal), se producen una amplia variedad de tipos de

células. Cuando uno o más tipos de células especializadas trabajan juntas para desempeñar una función específica, como transportar agua y minerales, forman un *tejido*. Grupos funcionales de más de un tejido reciben el nombre de *sistemas tisulares*. El cuerpo de las plantas se compone de cuatro sistemas tisulares que generan sistemas de tejidos, como se ilustra en la figura 18, los cuales son:

- El sistema de tejido *meristemático*, responsable del crecimiento de las plantas.
- El sistema de tejido *dérmico*, que cubre las superficies externas del cuerpo de la planta.
- El sistema de tejido *fundamental*, que constituye la mayor parte del cuerpo de las plantas jóvenes. Sus funciones incluyen la fotosíntesis, el soporte y almacenamiento.

- El sistema de tejido vascular, que transporta líquidos por toda la planta.

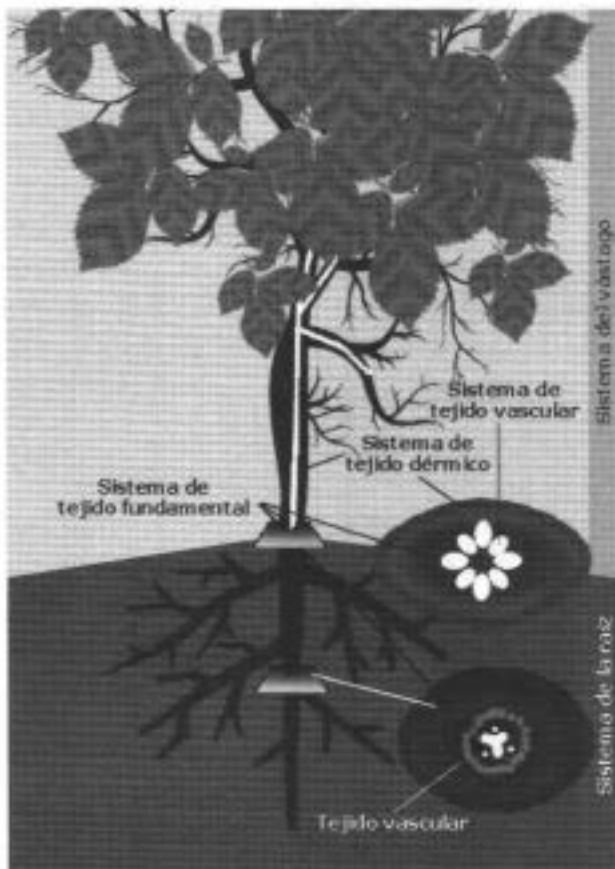


Figura 18. Sistemas de tejidos de las plantas. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

El sistema de tejido meristemático

Los tejidos meristemáticos son los responsables del crecimiento de las plantas. Están formados por pequeñas células que tienen la capacidad de dividirse continuamente para producir nuevas células en plantas en crecimiento o para reemplazar las partes que se pierden frecuentemente, como las hojas; otras se especializan y son incorporadas en otros tejidos de la planta. De acuerdo con el lugar en el que se encuentren y la función que cumplan, se distinguen tres tipos de tejido meristemático: tejido embrionario, tejido primario y tejido secundario. El tejido embrionario se encuentra dentro de las semillas de las plantas formando el embrión. A partir de él se desarrollan los diferentes tejidos de las plantas adultas.

El tejido primario es el responsable del crecimiento longitudinal de las plantas; se encuentra en la punta de las raíces, en las yemas y en los vértices de los tallos. Gracias a este tejido las raíces pueden ramificarse y crecer en busca de agua y nutrientes del suelo, y los tallos pueden ubicar las hojas en lugares más aptos para captar la luz. El tejido secundario es el encargado del engrosamiento de las plantas; se encuentra formando capas concéntricas en las raíces y en los tallos de las plantas leñosas; además reemplaza la epidermis con una corteza mucho más gruesa y resistente y produce capas de tejido vascular.

El sistema de tejido dérmico

El sistema de tejido dérmico cubre el cuerpo de la planta, por lo cual constituye la piel de la planta. Los tejidos dérmicos se encargan de proteger a las plantas contra la pérdida de agua, las lesiones mecánicas (como los golpes), las variaciones de temperatura y el ataque de otros organismos. Existen dos tipos de tejidos dérmicos: tejido epidérmico y tejido peridérmico. El tejido epidérmico forma la epidermis o piel de una planta, presente como la capa celular más exterior en hojas, tallos y raíces de las plantas jóvenes, además se encuentra en flores, semillas y frutos. En las plantas herbáceas, la epidermis recubre el cuerpo de la planta durante toda su vida. Este tejido generalmente se compone de células de pared delgada, que se encuentran cubiertas por una sustancia llamada cutícula, secretada por las células epidérmicas, que evita que las plantas pierdan agua por transpiración.

En las plantas leñosas que pasan del período juvenil la epidermis es reemplazada por la *peridermis* en raíces y los tallos. Esta última presenta células suberosas (de corcho), con paredes gruesas e impermeables que mueren cuando alcanzan la madurez, y que forman una capa protectora externa de la corteza de los árboles y arbustos leñosos; además la peridermis proporciona una cubierta resistente de las partes más viejas de sus raíces.

El sistema de tejido fundamental

El sistema de tejido fundamental constituye el grueso de una planta joven; los tejidos fundamentales tienen como funciones principales el almacenamiento de sustancias, la fotosíntesis y el soporte de las plantas. Hay tres tipos de tejidos fundamentales: *parénquima*, *colénquima* y *esclerénquima*. El parénquima se encuentra en todos los órganos de las plantas. Las células del parénquima llevan a cabo varias funciones: en las hojas contienen los cloroplastos, responsables de la fotosíntesis; en los tallos y en las raíces almacenan una sustancia de reserva de energía llamada almidón; también se encuentran en la producción y secreción de sustancias y en la curación de las heridas de las plantas.

El colénquima es un tejido de sostén o soporte para las plantas. Se desarrolla durante el crecimiento de la planta, al comienzo está conformado por células muertas y cuando alcanza la madurez está compuesto por células vivas que no pueden dividirse.

Estas células tienen la capacidad de brindar soporte a las plantas sin restringir su crecimiento. La razón es que dichas células permanecen flexibles a lo largo de su vida y se alargan junto con los tallos y las hojas de las plantas jóvenes y en las partes de la planta que aún están en crecimiento. El tejido de esclerénquima proporciona soporte y rigidez a las plantas; en su madurez las células que lo componen mueren después de diferenciarse, pero antes producen paredes celulares muy gruesas, hechas de una sustancia resistente llamada lignina. Estas células no se pueden alargar, por lo que se presentan principalmente en regiones de la planta que ya han terminado su crecimiento.

El sistema de tejido vascular

Los tejidos vasculares de las plantas conducen agua y sustancias disueltas por todo el organismo; igualmente, transportan minerales, hormonas y otros líquidos entre los diferentes órganos de las plantas, como las raíces, los tallos y las ho-

jas. Este sistema presenta dos tejidos conductores llamados xilema y floema. Por medio del xilema, el agua, los minerales y otros nutrientes que se encuentran en el suelo son transportados desde las raíces hacia el resto de la planta. El xilema está compuesto por células que al morir pierden su contenido pero conservan la pared celular, lo que les permite actuar como una especie de tubería de tres clases diferentes: las traqueidas, los vasos leñosos y las fibras.

Las traqueidas están formadas por células delgadas, largas y puntiagudas, apiladas una sobre otra; tienen paredes celulares gruesas con numerosos orificios en sus extremos permeables, y que permiten el paso del agua y de los minerales de una traqueida a otra.

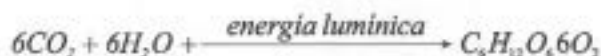
Los vasos leñosos son más gruesos que las traqueidas; los extremos de las células que los componen se encuentran unidos entre sí, cuentan con uno o más poros y las fibras tienen paredes muy engrosadas. Su principal función es aumentar la fortaleza y resistencia del xilema y tienen poca participación en el transporte de sustancias.

El floema transporta agua con sustancias disueltas sintetizadas por la planta, como azúcares, aminoácidos y hormonas producidas en las hojas durante la fotosíntesis y llevadas hacia los tallos y las raíces donde son utilizadas o almacenadas. El floema está compuesto por tubos cribosos y células acompañantes. Los tubos cribosos están compuestos por células alargadas, con los extremos perforados por diminutos poros, conectadas o superpuestas unas encima de otras, y forman canales a lo largo del cuerpo de la planta, a través de los cuales pueden pasar los alimentos disueltos. Las células de los tubos cribosos permanecen vivas en su madurez aunque pierden su núcleo. Las células acompañantes son más pequeñas, se encuentran junto a los tubos cribosos y controlan el proceso de conducción de las sustancias. Estas células ayudan a mantener la integridad de los elementos del tubo criboso, donan compuestos de alta energía y dirigen la síntesis de proteínas importantes.

La fotosíntesis

La fotosíntesis es el proceso por el cual las plantas, las algas y algunas bacterias usan la energía de la luz solar para convertir el dióxido de carbono y el agua en un azúcar llamado glucosa. Este azúcar es usado como fuente de energía para llevar a cabo procesos vitales como producir hojas, flores, frutos, semillas, y para fabricar celulosa, que es el material fuerte y resistente que se encuentra en las paredes celulares; la glucosa que sobra es almacenada, en forma de almidón y otros carbohidratos, en las raíces, los tallos y las hojas. La fotosíntesis ocurre en las hojas y en los tallos verdes de las plantas, dentro de los organelos celulares especializados llamados cloroplastos, los cuales contienen clorofila, que es el pigmento verde que le da su típico color a las hojas y es el encargado de atrapar la luz solar.

La siguiente ecuación química describe el proceso de la fotosíntesis:



Al observar la ecuación se determina que en los cloroplastos, gracias a la energía de la luz solar, seis moléculas de dióxido de carbono y seis moléculas de agua se convierten en una molécula de glucosa y seis de oxígeno. El dióxido de carbono entra a las hojas a través de unos poros conocidos como *estomas*, por los que también sale el oxígeno que se produce. A través del sistema vascular el agua llega a las hojas desde las raíces (donde fue absorbida) y la glucosa es llevada hacia las raíces y otras partes de la planta que no tienen la capacidad de producirla.

La nutrición vegetal

La nutrición es el proceso mediante el cual los seres vivos obtienen de su entorno los nutrientes necesarios para sus procesos metabólicos. La nutrición vegetal presenta dos momentos: a) la síntesis de sustancias orgánicas a partir de compuestos inorgánicos (nutrientes), y b) la asimila-

ción de partículas elementales orgánicas para su crecimiento y desarrollo.

Los nutrientes son sustancias del ambiente que resultan indispensables para la supervivencia y el crecimiento de los organismos. Unos 20 minerales son nutrientes esenciales o benéficos para las plantas, y se requieren en una alta cantidad carbono, hidrógeno, oxígeno, fósforo, nitrógeno, magnesio, calcio y potasio. En menor grado ellas requieren de hierro, cloro, cobre, manganeso, zinc, boro y molibdeno. Casi todos los minerales para la nutrición de las plantas son tomados del agua en el suelo y son llevados a la planta por transporte activo en los pelos radiculares de la raíz. Muchas plantas tienen hongos que se asocian a sus raíces: estas asociaciones se conocen como *micorrizas*, las cuales ayudan a las plantas a absorber nutrientes del suelo, principalmente nitrógeno.

Nutrición autótrofa

La nutrición autótrofa es una de las características principales de las plantas. Éstas sintetizan, a partir de sustancias inorgánicas simples (CO_2 , H_2O , NH_3 , etc.), todos sus componentes orgánicos utilizando como fuente de energía la luz (fotosíntesis).

Nutrición heterótrofa

La nutrición heterótrofa es propia de los seres vivos que requieren tomar sustancias del medio para producir energía, ya que no pueden elaborar su propio alimento. Los animales, los hongos y la mayoría de bacterias y protozoos dependen de los autótrofos al romper moléculas fabricadas por estos últimos y obtener la energía que requieren para su supervivencia.

La nutrición vegetal como factor de producción

La nutrición vegetal, desde un punto de vista productivo, incluye un conjunto de factores que, integrados, contribuyen a que la planta presente

un balance fisiológico óptimo que se refleje en una mejor producción. Dentro de estos factores se incluyen los compuestos orgánicos presentes en el suelo; los productos biofertilizantes o fertilizantes orgánicos, que pueden contener microorganismos benéficos para el suelo y que aportan nutrientes a la planta; las enmiendas minerales; los quelatos, que contienen elementos menores; los productos que contengan aminoácidos; y la fertilización edáfica. Es importante pensar que un desbalance nutricional hace a la planta más susceptible a las enfermedades y al ataque de plagas.

Definiciones y características de las plantas

Las plantas se clasifican como organismos eucariotes multicelulares que elaboran moléculas orgánicas, es decir, que fabrican su propio alimento, por ser autótrofas, a través de la fotosíntesis. En las plantas se observan tejidos y órganos especializados y su desarrollo comienza en la formación del embrión; es común que presenten procesos de reproducción asexual como la esporulación y, sobre todo, la multiplicación vegetativa, que origina organismos idénticos al progenitor.

El ciclo de vida de las plantas consiste en dos etapas o generaciones, denominado *alternancia de generaciones*, lo que significa que durante la vida de las plantas hay dos generaciones distintas en forma y función. La primera etapa o generación es la sexual, denominada *generación gametofito*, y es la productora de gametos femeninos y masculinos; en esta etapa todas las células son del gametofito haploides (n). La segunda etapa es la asexual llamada *generación esporofito*, que es responsable de la producción de esporas y está formada de células diploides ($2n$). El ciclo de vida vegetal característico con la alternancia de generaciones se muestra en la figura 19, tomando como ejemplo el ciclo de vida de los helechos.

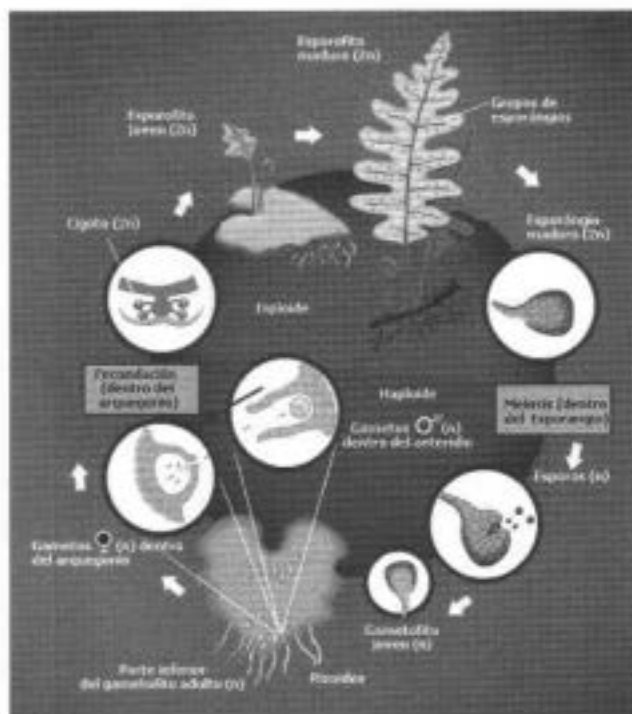


Figura 19. Ciclo de vida de los helechos. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Clasificación de las plantas

Las plantas se dividen en dos grupos: las no vasculares o *briofitas* y las vasculares o *traqueofitas*, que pueden ser inferiores o superiores. Entre las briofitas se encuentran los musgos y entre las traqueofitas inferiores o *pteridofitas*, están como ejemplo los helechos. Las traqueofitas superiores se dividen en *gimnospermas*, que son plantas con semilla desnuda (como los pinos) y las *angiospermas*, que son plantas con flores. La clasificación de las plantas se muestra en la tabla 2.

| No vasculares (atraqueofitas) | Briofitas | Musgos, hepáticas y antoceros | |
|-------------------------------|-------------------------|---|----------------------------------|
| | Traqueofitas inferiores | Helechos, colas de caballo y lycopodios | |
| Vasculares (traqueofitas) | Traqueofitas superiores | Gimnospermas (con semilla desnuda) | Pinos, cipreses y abetos |
| | | Angiospermas (con flor y fruto) | Rosa, calabaza, frijol y tulipán |

Fuente: adaptada de Valdivia B., 2003.

Las briofitas crecen de manera óptima en zonas cálidas y frías, en sitios húmedos y sombreados y en ciénagas. Los musgos, las hepáticas y los antoceros constituyen el grupo de las briofitas, de los cuales los musgos son los más conocidos. Las briofitas son relativamente pequeñas, normalmente de 20 centímetros de altura, y forman una especie de almohadillas o tienen un aspecto de plumas con gametofitos ramificados y esporofitos que nacen de manera lateral. Se fijan al sustrato por medio de rizoides, que son células individuales alargadas o filamentos celulares, ya que no tienen raíces verdaderas. En las pequeñas hojas del gametofito ocurre la fotosíntesis.

Las briofitas se consideran un grupo primitivo: se les conoce como plantas no vasculares o *atraqueofitas* porque no tienen un sistema de conducción que les permita transportar agua y minerales, esto hace que su crecimiento se vea limitado a unos pocos centímetros, y no tienen hojas, tallos ni raíces. Las traqueofitas o plantas vasculares tienen un sistema de conducción con vasos que las diferencia de las briofitas. Las traqueofitas inferiores producen esporas y las traqueofitas superiores producen semillas.

Se incluye en las traqueofitas inferiores a los helechos o pteridofitas como el grupo más conocido; presentan hojas, tallos y raíces verdaderas, su ciclo de vida se cumple básicamente a través del esporofito dominante, el cual realiza las funciones vegetativas como fotosíntesis, fijación, absorción y transporte, además de producir esporas en el envés de las hojas o frondas mediante esporangios que conforman las estructuras llamadas soros. Al liberar las esporas haploides germinan en un gametofito productor de gametos (véase figura 19).

Las traqueofitas tienen un sistema conductor complejo formado por dos tejidos diferentes: el xilema, que transporta el agua y los nutrientes en forma de iones de las raíces a las hojas (sus elementos conductores son las traqueidas y los vasos); y el floema, que lleva sacarosa y otros productos de la fotosíntesis disueltos de las hojas a

las células no fotosintéticas de la planta y transporta sustancias a través de largas distancias, entre diferentes zonas de la planta. Sus elementos conductores son las células cribosas asociadas con células acompañantes (véase figura 20).

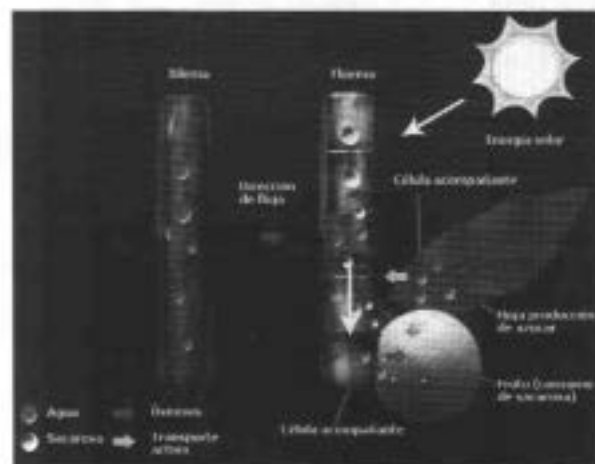


Figura 20. Transporte de sustancias. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Los mecanismos por los cuales la savia bruta llega a las partes aéreas de la planta requeridas para la fotosíntesis son:

- La presión radicular, que permite desplazar el agua a través del xilema a una corta distancia.
- La fuerza de cohesión, en la que el ascenso de savia bruta se favorece por la capilaridad de los vasos leñosos a los que se adhieren las moléculas de agua, formándose una columna continua.
- La transpiración, en la que la pérdida de agua por los estomas hace que la columna de savia bruta avance (véase figura 20).

Entre las traqueofitas superiores o plantas con semilla están las gimnospermas, que desarrollan una semilla desnuda, denominada así por no encontrarse dentro de un fruto verdadero, y las angiospermas o plantas de semilla cubierta, las cuales están encerradas en un fruto que las protege y son plantas que producen flores. Las gimnospermas más conocidas y numerosas son las coníferas, cuyo nombre se debe a que sus semillas se desarrollan en las escamas leñosas de estructuras

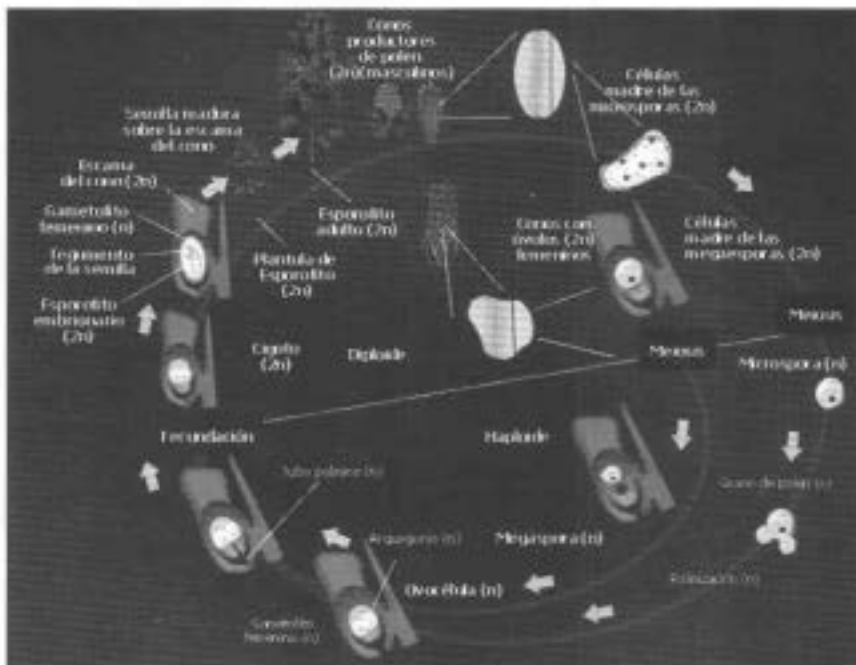


Figura 21. Ciclo de vida del pino. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

reproductivas que forman conos. Se incluyen en este grupo el pino, el abeto y el ciprés.

Las gimnospermas constituyen un grupo numeroso de plantas, del cual la mayoría son árboles distribuidos en las regiones boscosas. En estas plantas se producen dos tipos de esporas: las femeninas o megasporas, y las masculinas o microsporas, cada una de las cuales origina un gametofito distinto. En los pinos se observan los conos o estróbilos (parecidos a piñas) femeninos y masculinos, algunas veces en el mismo árbol. Este mecanismo de producción de semillas ha generado una adaptación vital para el desarrollo y sobrevivencia de estas plantas en climas adversos (véase figura 21).

Por su parte, las angiospermas son plantas con flores en las cuales las semillas se encuentran en una estructura deno-

minada fruto. Existen más de 250.000 especies de angiospermas; sus órganos reproductivos se encuentran en las flores, que están formadas de varias hileras de estructuras dispuestas sobre un tallo corto que son homólogas de las hojas y actúan como órganos reproductivos. En las angiospermas se observan órganos especializados como el tallo, las hojas, las raíces y la flor. La flor contiene el androceo u órgano masculino, constituido por los estambres que producen los granos del polen (masculinos), y el gineceo o pistilo femenino, formado por los carpelos en el que se desarrollan

los óvulos. En el óvulo se forma la *nucela*, en cuyo interior se desarrolla el gametofito femenino que consta de ocho células, una de las cuales es la *ovocélula*. Las anteriores características se observan en la figura 22.

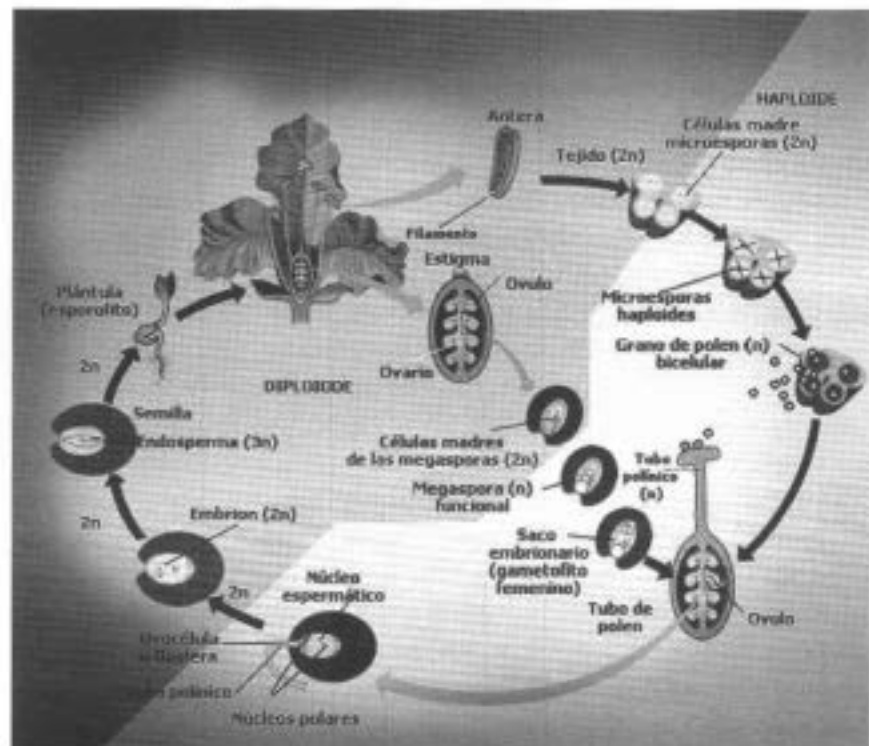


Figura 22. Ciclo de vida de una angiosperma. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Las características más destacadas de las angiospermas son: a) flores complejas compuestas generalmente de cuatro series de piezas; b) un óvulo, que se convertirá en semilla, protegido en un carpelo cerrado que formará el fruto; c) grano de polen (gametofito masculino) reducido con tres núcleos; d) gametofito femenino, también reducido, que forma el saco embrionario; y e) doble fecundación particular.

Estructura, organización y morfología de las plantas

Por su ciclo de vida, las plantas se clasifican en la actualidad en anuales, bianuales y perennes. En las plantas anuales, desde la semilla a la fase vegetativa y hasta la reproductiva (en la que se producen las flores), y después de la fecundación hasta la formación de nuevas semillas, su ciclo ocurre dentro de una sola parte del crecimiento. Las plantas anuales son herbáceas, y entre ellas están incluidas muchas malezas comunes, plantas de flores silvestres, de jardín y hortalizas. Por su parte, el periodo que cubren las plantas bianuales, desde la germinación hasta la formación de nuevas semillas, incluye dos fases de crecimiento: en la primera se forma una roseta de hojas cerca del suelo y de la raíz, la cual es modificada y puede almacenar reservas. Durante la segunda fase de crecimiento las reservas almacenadas se mueven nuevamente, la planta florece, completa el ciclo con la formación de frutos o semillas y muere, de modo que las semillas producen las generaciones nuevas, como sucede con la zanahoria.

Otro tipo de plantas son las perennes: su estructura vegetativa permanece muchos años. Además las perennes herbáceas se mantienen latentes con estructuras subterráneas modificadas durante las épocas desfavorables, mientras que las perennes leñosas, que incluyen enredaderas, arbustos y árboles, sobreviven sobre el nivel del suelo y florecen sólo cuando se transforman en plantas adultas.

Evolución y coevolución de las plantas

El concepto de evolución se funda en comparaciones detalladas de la estructura de las formas actuales y fósiles, la aparición y extensión de especies en edades remotas, las similitudes fisiológicas y bioquímicas, así como las diferencias entre especies, y finalmente el análisis de la constitución genética de los actuales animales y vegetales. Las especies presentan cambios que permiten su transformación en rasgos y características generación tras generación; a esto se le denomina evolución biológica. Como consecuencia de lo anterior, las plantas se adaptan a un medio determinado a través de estructuras y funciones especializadas.

En la naturaleza se presenta además la coevolución, que ocurre cuando una o más especies presentan interacciones tan cercanas que cada una de ellas se convierte en un agente modificador de la otra, lo que produce ajustes simultáneos de las especies afectadas. Un ejemplo es la coevolución de las plantas con flores y sus polinizadores. Las plantas, por ser inmóviles y para facilitar el proceso de fecundación, presentan estructuras o liberan sustancias atrayentes para que los insectos se encarguen de la polinización.

En la coevolución se generan cambios recíprocos en especies interactuantes, lo que implica que en cualquier modificación recíproca en diferentes niveles de los organismos se produce la coevolución; por ejemplo, los cambios genéticos que ocurran en dos o más especies que se relacionan involucran un fenómeno de coevolución. Este proceso presenta, entre otros aspectos, el fenómeno de adaptación evolutiva que produce la transformación de las especies, la influencia recíproca por las relaciones entre las dos especies, como ocurre en la simbiosis (unión de dos especies que se benefician la una a la otra), el parasitismo, la polinización o las interacciones entre presa y depredador.

Adaptaciones de las plantas

Las dificultades de las condiciones terrestres han propiciado la evolución de las plantas: a.) Han desarrollado diversas adaptaciones para enfrentar las situaciones adversas. Esto lleva a la evolución de tejidos distintos para realizar tareas propias de la supervivencia, b.) han desarrollado muchas adaptaciones que protegen su cuerpo, como es el caso de las espinas en algunas plantas, o las células con pared rígida que les brindan soporte estructural y les permiten crecer en forma vertical.

Las plantas se han adaptado para impedir la pérdida del agua que entra en las células por ósmosis: por ejemplo, muchas tienen una capa cerosa llamada cutícula, que cubre la superficie externa del cuerpo de la planta. Las células de la epidermis secretan cutícula, la cual ayuda a prevenir la pérdida de agua formando un sello impermeable en la pared celular externa.

Todas las plantas realizan intercambio de gases con la atmósfera: captan dióxido de carbono

y liberan oxígeno durante la fotosíntesis. La cutícula cubre gran parte de la superficie de la planta y existen pequeños orificios o poros por donde pueden entrar dichos gases. Ya que las plantas deben obtener el dióxido de carbono de la atmósfera, han evolucionado de manera que sus células internas están rodeadas por una capa de agua, cuando el gas pasa a través de ella, se disuelve y luego lo absorben las células, lo cual les ha proporcionado la posibilidad de adaptarse y realizar el proceso de absorción de gases de la atmósfera.

Asimismo, para sobrevivir, las plantas tienen la capacidad de obtener alimentos, agua y otros nutrientes a través de las hojas y las raíces, para lo cual se desarrollaron los tejidos como proceso adaptativo. Las condiciones mencionadas anteriormente sugieren una historia evolutiva de las plantas en tierra firme, que expresa la necesidad de mecanismos de adaptación para poder sobrevivir a las diferentes situaciones que va presentando el ambiente.

i

Como todo ser vivo, las plantas se reproducen para preservarse sobre la tierra. En este apartado se recapitulan las diversas formas de reproducción natural (sexual y asexual) y las que ha desarrollado el hombre a través de la investigación, como el caso de los injertos, las estacas, entre otras.

Al comienzo de la historia de la Tierra, la parte continental o tierra firme estuvo desierta. Pero hace aproximadamente mil millones de años algunas algas comenzaron a cubrir superficies húmedas cercanas a la costa. Estos antecesores de las plantas fueron los que colonizaron inicialmente la tierra firme. De acuerdo con el registro fósil, las plantas invadieron el planeta Tierra hace apenas 500 millones de años.

Según Curtis H. (2006), cuando la película verde se extendió tierra adentro desde los bordes de las aguas, otros organismos heterótrofos colonizaron este nuevo medio y se adaptaron a un mundo moldeado por la vida vegetal que los había precedido. En aquel entonces, las plantas ya suministraban alimento, alojamiento y sitios para reproducirse, tal como lo hacen en la actualidad.

Definiciones y conceptos de propagación de las plantas

El conocimiento sobre la propagación de las plantas ha permitido a los seres humanos el aprovechamiento y conservación de materiales vegetales de interés; por ello se considera que estas dos actividades constituyen práctica fundamental en las ciencias agrícolas, ya que el punto de partida del proceso productivo es la semilla o material vegetativo que se utilice. La reproducción asexual o vegetativa comprende la reproducción de partes vegetativas de la planta original. Para ello se utilizan tejidos vegetales que conserven la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para generar nuevos tallos

y raíces a partir de estructuras meristemáticas presentes en diversos órganos. Los objetivos de la propagación vegetativa son el mejoramiento genético o fitomejoramiento, el mantenimiento de clones, la propagación de plantas sin semilla, o, si presentan formación de semilla, que éstas sean poco viables o de bajo poder germinativo, para evitar que la fase juvenil de la planta sea prolongada.

Propagación sexual

La regeneración de la semilla es la manera más económica de obtener una gran cantidad de plantas. La mayoría de las especies de plantas cultivadas se reproducen por semillas. La semilla es la forma primaria por la cual una planta se reproduce en el momento en que las condiciones son las más convenientes; la propagación sexual consiste entonces en la formación de una semilla a partir de la fusión de células sexuales que, al separarse de la planta de origen y en condiciones adecuadas, originan un nuevo individuo semejante a la planta de la cual se desprendieron, aunque no en todas sus características. Las semillas de cada especie vegetal presentan unas propiedades morfológicas que les permiten ser diseminadas por diferentes agentes, tales como el viento, el agua y/o los animales, y ocupar nuevos espacios.

Las semillas presentan una ausencia temporal de la capacidad de germinación, conocida como *latencia*, que permite que las especies vegetales sobrevivan a las adversidades, principalmente a aquellas que dificulten o impidan el crecimiento vegetativo de la planta. Se trata, por lo tanto, de un fenómeno fundamental para la perpetuación y la supervivencia de muchas especies vegetales en los más variados ecosistemas.

Una semilla consta esencialmente de un embrión cubierto de una estructura de protección que le proporciona los alimentos orgánicos necesarios para comenzar a crecer; esta estructura normalmente contiene almidones o grasas y proteínas. Ya que la gran mayoría de semillas

contienen bajas proporciones de agua, el medio externo será quien suministre la hidratación requerida para aumentar de volumen como paso inicial a la germinación (ver figura 23).

La germinación, que es la transformación de una semilla en una nueva planta, ocurre si condiciones como las cantidades de oxígeno, la humedad, la temperatura y los nutrientes del suelo son favorables para el crecimiento.

El proceso de germinación comienza cuando la semilla termina su proceso de reposo, pasa por el momento en que se presenta la ruptura de la cubierta y la emergencia de la plántula, hasta el establecimiento de la misma, cuando ocurre la fotosíntesis, en un nivel capaz de alimentar la planta, generalmente cuando se forman las primeras hojas.

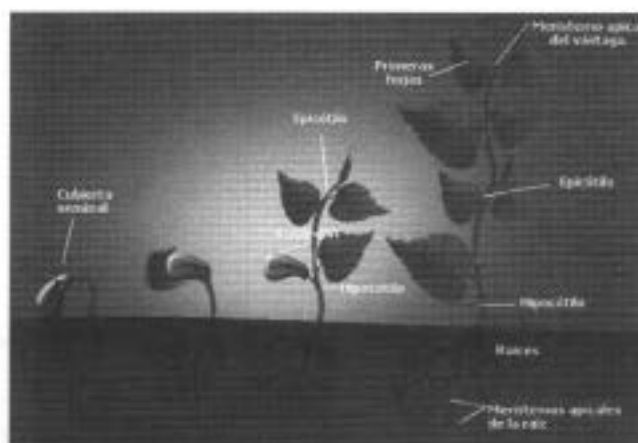


Figura 23. Germinación de la semilla. (LINMINUTO - IEVD, 2009).

Propagación asexual

La propagación asexual es la reproducción de nuevos individuos cuando partes vegetativas de las plantas mantienen la capacidad de formar nuevas raíces o cuando las plantas de raíz pueden regenerar un nuevo tallo. Ese es el caso de las hojas (regeneran un tallo y una raíz o dos tallos) cuando se les combina adecuadamente por medio de injerto, de modo que forman una conexión vascular continua; estos procesos se denominan propagación asexual. La reproducción asexual permite obtener un conjunto genéticamente uniforme de individuos derivados

de un individuo común, en un mecanismo conocido como clonación (ver figura 24).



Figura 24. Reproducción asexual. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

El injerto

El injerto se emplea para permitir el crecimiento de las plantas en terrenos o en circunstancias que les son desfavorables, de modo que se aproveche la mayor resistencia del patrón usado o para asegurarse de que las características productivas de la variedad elegida no se alteren.

Definición de injerto

El injerto es un sistema de multiplicación vegetativa en el cual se presenta la unión en forma íntima de una planta con una parte de otra de la misma especie o de una especie muy cercana, que después crecerán juntas y darán origen a un individuo nuevo que se manifestará como una unidad biológica.

El injerto se emplea principalmente en la propagación de especies vegetales leñosas de uso comercial, tales como frutales u ornamentales. Las dos partes se denominan patrón o porta-injerto, que es la parte que recibe el injerto que conserva el sistema radicular, y vástago, púa, yema o injerto, que permitirá la conformación de brotes, ramas, hojas, flores y frutos.

Es esencial que el *cámbium* o zona generatriz de la púa se coloque en contacto estrecho con

el *cámbium* del patrón, ya que así se presentará la formación de un callo que favorecerá la unión y posterior proliferación de tejidos nuevos, los cuales darán origen a nuevas células y permitirán el desarrollo de los haces vasculares. La afinidad se presenta en mayor grado en la medida que se injerten variedades de una misma especie, que entre especies del mismo género o entre géneros distintos de la misma familia botánica.

Clases o tipos de injerto

El *injerto por aproximación* permite unir dos ramas a partir de dos plantas enteras, cercanas una de otra. Se emplea en espacios en donde normalmente los procedimientos habituales fallan debido a una lenta soldadura de los tejidos. Esta lentitud carece de importancia ya que el material que se injerta no se separa de la planta original, sino hasta el momento en que haya ocurrido el prendimiento del injerto.

Tanto en el patrón como en la varetta, que deben ser de diámetros similares, se realizan cortes longitudinales en la corteza que lleguen hasta la madera, de modo que formen superficies ovaladas iguales. Estas superficies se ponen en contacto una con la otra, se amarran fuertemente y se cubren con cera.

En el *injerto de púa* se injerta sobre el patrón una porción de tallo (púa) que contiene varias yemas; este injerto también es llamado de adición, ya que se coloca uno o varios trozos de ramas, con una o varias yemas sobre el patrón, después de una preparación conveniente. En la figura 25 se observan algunos tipos de injertos de púa.

El *injerto de hendidura* es el más recomendable cuando el patrón y la púa tienen el mismo diámetro, por ejemplo, entre 0,5 a 3 cm. Se puede emplear tanto en condiciones de campo como sobre patrones previamente arrancados y arreglados. Para su realización se corta con unas tijeras de podar el patrón a la altura deseada y se

le hace un corte a lo largo por el centro de unos 6 cm de longitud. La púa debe tener al menos un año, el mismo tamaño que el patrón, y 2 ó 3 yemas. Si el patrón es de mayor diámetro que la púa sólo puede estar en contacto por un lado.

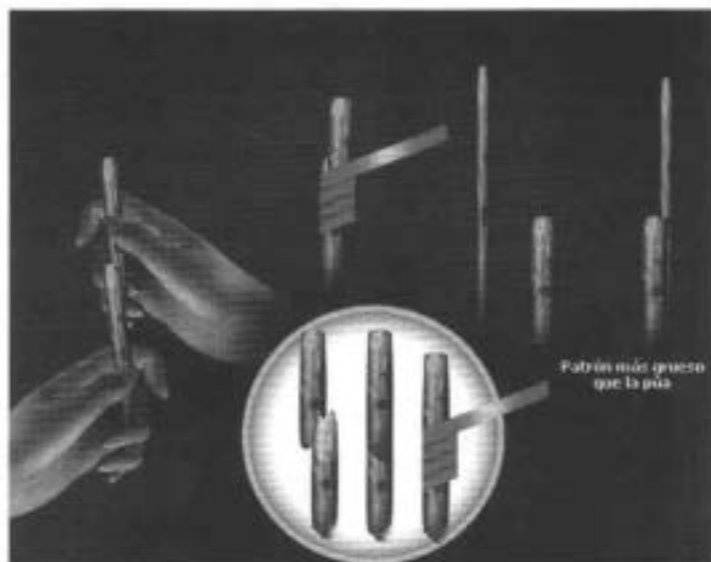


Figura 25. Ejemplos de patrones en púa. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

A la púa se le corta un bisel por ambos lados y se introduce de tal manera que la corteza del patrón y la de la estaca se toquen para que el cámbium de ambos elementos quede en contacto. Luego se ata la unión con cinta de injertar, se encera con pasta para injertar y se pone cera en la punta de la púa. No se debe desatar hasta que las yemas hayan brotado y midan unos 5-10 cm. Existen varios métodos para realizar injertos de hendidura como el de hendidura doble, el inglés, el de silla y el de corona, entre otros.

Factores que mejoran el procedimiento del injerto

Varios son los factores que influyen para tener éxito en la propagación por injertos; entre ellos se encuentran la especie, las condiciones propias del injerto y el patrón, y las condiciones ambientales. Es importante tener en cuenta la edad, el grado de compatibilidad y el estado de desarrollo, así como el tamaño del material vegetal. Los factores ambientales luego de realizar el injerto, tales como la temperatura, la humedad relativa del aire y la composición del sustrato, son fun-

damentales; en general la temperatura óptima debe oscilar entre 24 y 27°C para que estimule la formación de los nuevos tejidos necesarios para la unión entre la variedad injertada y el patrón. La humedad relativa debe permanecer alta, especialmente después de realizar el injerto, ya que el cámbium del patrón y las células del parénquima, que forman el callo se afectan en condiciones de baja humedad.

Propagación por estaca

Este tipo de propagación consiste en el corte de material vegetativo, ya sea en pedazos de brotes, ramas o raíces, que se colocan en un medio de suelo que favorece la emisión de raíces y la brotación de la parte aérea, de manera que se obtiene una nueva planta genéticamente igual a la planta original. Según la parte de la planta de donde se obtienen los segmentos (cortes o fragmentos) la propagación por estaca se ha dividido en cortes de hojas, de brotes o renuevos, de raíz y de ramas. Como ventajas de este sistema de propagación se encuentran la notable simplicidad del procedimiento, la obtención de gran número de plantas a partir de una sola planta madre, homogeneidad de las plantas obtenidas, rapidez, necesidad de poco espacio y bajo costo de operación.

La propagación vegetativa mediante segmentos de ramas o brotes es uno de los métodos más usados para propagar plantas leñosas en vivero. Según las características de madurez de la madera de donde se obtienen las ramas o brotes, se habla de estacas de madera dura o de madera suave. Para especies maderables perennes que presentan fácil enraizamiento, se prefiere utilizar estacas del tronco, por simplicidad y bajo costo; en especies herbáceas, material herbáceo tierno; para especies de difícil propagación se debe acudir a métodos más costosos y complejos para que ocurra el enraizamiento.

Propagación por acodo

El acodo consiste en obtener raíces en ramas o brotes antes del corte o separación del material vegetativo de la planta madre, lo que hace que éste sea un procedimiento seguro ya que no se corre el riesgo de falta de prendimiento mientras no haya una formación adecuada de raíces, y que son de difícil obtención si se utiliza la propagación por estacas. Para lograr la emisión de raíces se requiere que el acodo se encuentre en continuo contacto con cierto grado de humedad y una buena relación de reguladores de crecimiento a nivel interno (que pueden ser suplidos a nivel externo). En general los métodos de acodado son relativamente sencillos en su realización, sobre todo cuando se requiere obtener un número pequeño de plantas. La figura 26 ilustra la propagación por acodo.

Propagación por bulbos

Los bulbos constan de un "disco basal" de cuyo ápice surge el tallo floral y se desarrollan sobre tallos cortos y engrosados, a partir de yemas axilares de hojas carnosas (de éstas obtienen elementos de reserva). El engrosamiento se forma en la base de las hojas; los bulbos se desarrollan subterráneamente en forma de tallos carnosos, cubiertos con hojas engrosadas a manera de escamas que funcionan como órganos de reserva. A partir de cada yema se puede generar más de un

bulbo, incluso desarrollarse masas de bulbos en el extremo del tallo; cada uno de ellos se conoce como bulbillo, que puede dispersarse del bulbo parental. En el centro de los bulbos se encuentra un meristemo vegetativo o un vástago floral.

Los bulbos se clasifican a su vez en tunicados y escamosos: los tunicados están cubiertos por escamas secas y membranosas superpuestas que protegen al bulbo y le dan una estructura más o menos sólida; a esta clase pertenecen la cebolla y el tulipán; los escamosos o no tunicados no presentan la cubierta seca y sus escamas de consistencia carnosa están separadas y unidas a la placa basal. La figura 27 ilustra la propagación por bulbos.

Propagación por estolones

Algunas plantas presentan tallos modificados de crecimiento horizontal que se conocen como estolones. En algunas especies leñosas presentan un crecimiento postrado, mientras en pastos son estructuras con crecimiento horizontal. Los estolones son largos y delgados; en forma alternada presentan entrenudos largos y cortos de los cuales se originan raíces adventicias. Al separarse, ya enraizados de la planta madre, originan nuevas plantas, como ocurre con la fresa. La figura 28 ilustra la propagación por estolones.

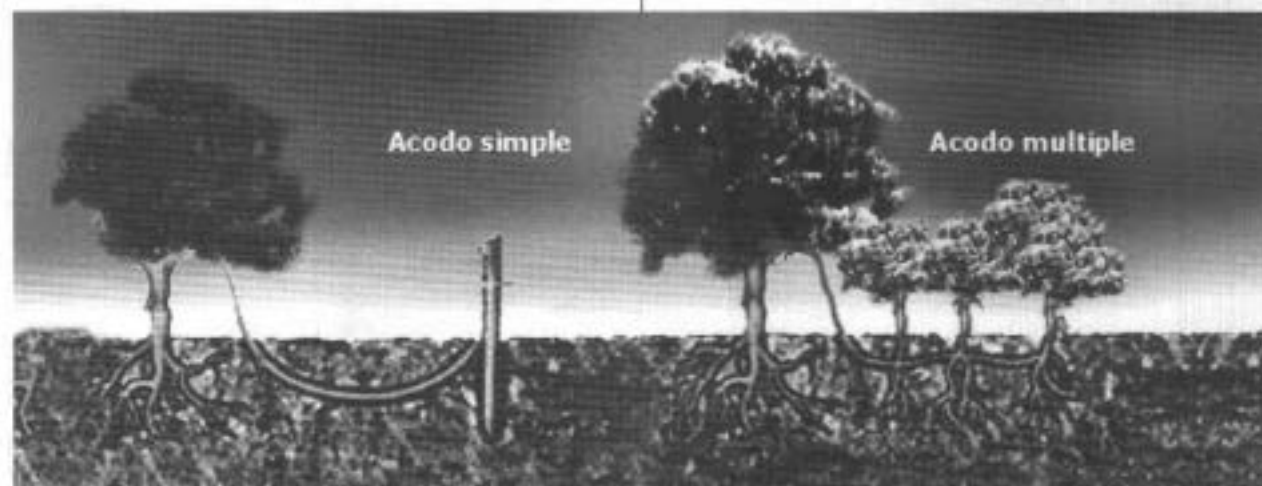


Figura 26. Propagación por acodo. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

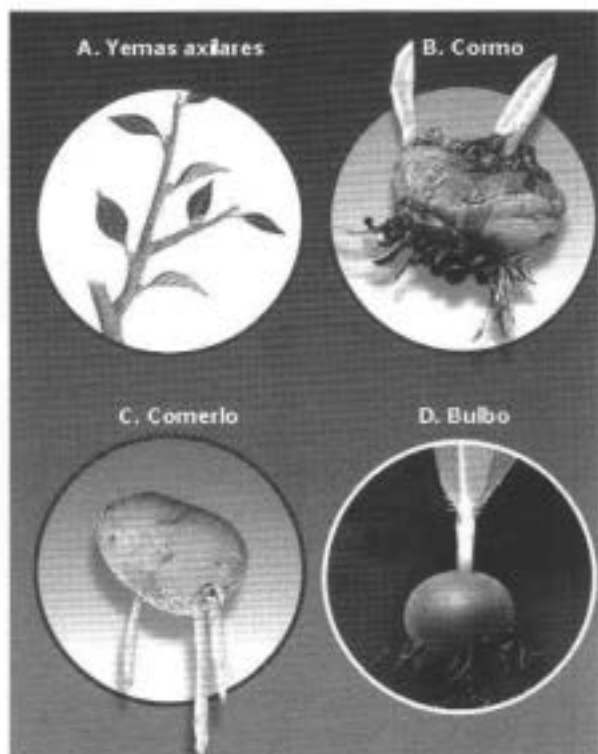


Figura 27. Propagación por bulbos: A) Yemas axilares; B) cormo; C) comerlo; D) bulbo. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

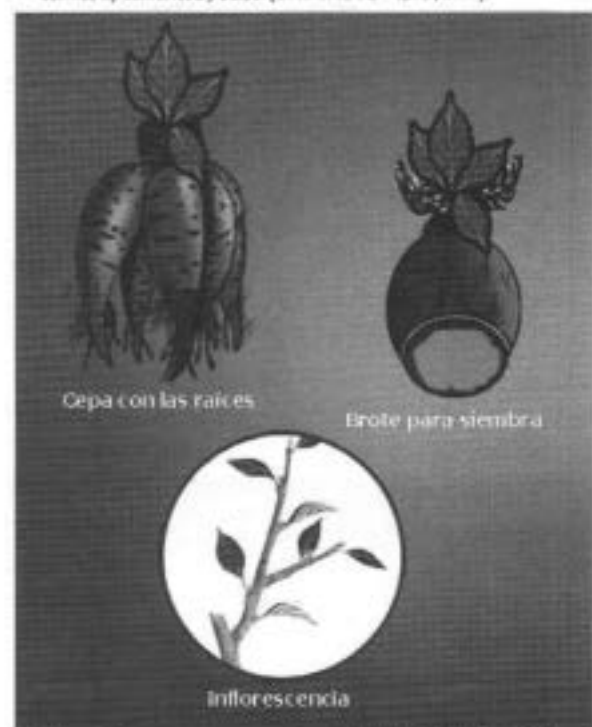


Figura 28. Propagación por estolones. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Propagación por rizomas

Los rizomas son tallos que se desarrollan bajo tierra, normalmente en sentido horizontal, y tienen como función ser órganos de almacenamien-

to. Estos presentan varias yemas que pueden ser divididas para la reproducción y su formación se da a partir del crecimiento horizontal de un tallo subterráneo, por lo general más robusto que el que da origen a un estolón. Las viejas porciones se degradan y se separan en fragmentos que deberán enraizar de manera independiente. Este tallo subterráneo presenta hojas escamosas en las axilas, donde se pueden generar yemas axilares, además de presentar raíces adventicias. Al dividirse el rizoma y contener por lo menos una yema, éste dará origen a una nueva planta. La figura 29 ilustra la propagación por rizomas.

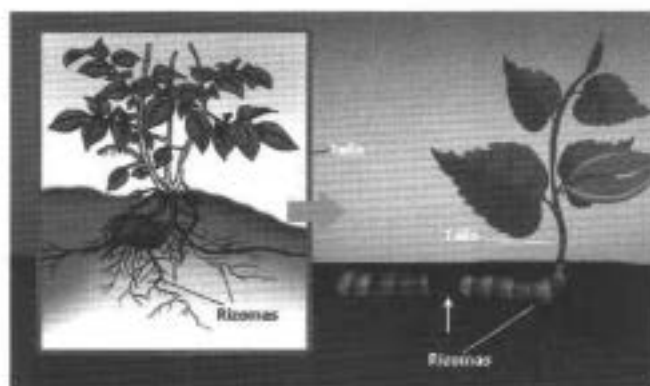


Figura 29. Propagación por rizomas. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Propagación por tubérculos

Los tubérculos son estructuras gruesas de reserva que se originan en el extremo de tallos subterráneos delgados, como es el caso de la papa. Presentan además sobre su superficie nudos ubicados en forma de espiral que contienen hojas escamosas; en cada nudo se encuentran una o más yemas pequeñas. Al iniciarse el crecimiento del vástago principal se originan raíces adventicias en la base del tubérculo y las yemas horizontales al alargarse producen tallos etiolados en forma de estolones. A partir de los tubérculos formados en las ramas horizontales se producen nuevos tubérculos. La figura 30 ilustra la propagación por tubérculos y el crecimiento de rizomas e inicio de formación de tubérculos en una planta de papa.



Figura 30. Propagación por tubérculos. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Propagación por hijuelos

La propagación por hijuelos consiste en un brote lateral o rama que se origina en la base del tallo principal de ciertas plantas; generalmente es un tallo grueso y corto, en forma de roseta, aunque se aplica también a las ramas laterales del tallo de las monocotiledóneas. Para la propagación por hijuelos se realiza una división, separándolos del tallo principal, en el momento de observar el crecimiento de raíces. Los hijuelos también son llamados *macollo* en especies como la piña, la palma datilera y el plátano; en frutales se conocen como mamones y en alcachofa como bubones. La figura 31 ilustra la propagación por hijuelos.

Propagación in vitro

El cultivo in vitro es un método de propagación de plantas que se realiza en el laboratorio; sus características incluyen: ocurre a microescala, requiere una parte de un tejido vegetal, optimiza las condiciones ambientales, es decir, se homogenizan las condiciones físicas, nutricionales y hormonales, excluye todos los microorganismos, generalmente no se reproduce el patrón normal de desarrollo de una planta y existe la capacidad de manipular células individuales, lo que permite nuevas alternativas no posibles en la reproducción y mejoramiento vegetal convencionales. El cultivo in vitro puede ser utilizado para: a) la propagación de plantas (micropropagación), y b) la producción de plantas libres de virus (cultivo de meristemos y microinjertación).

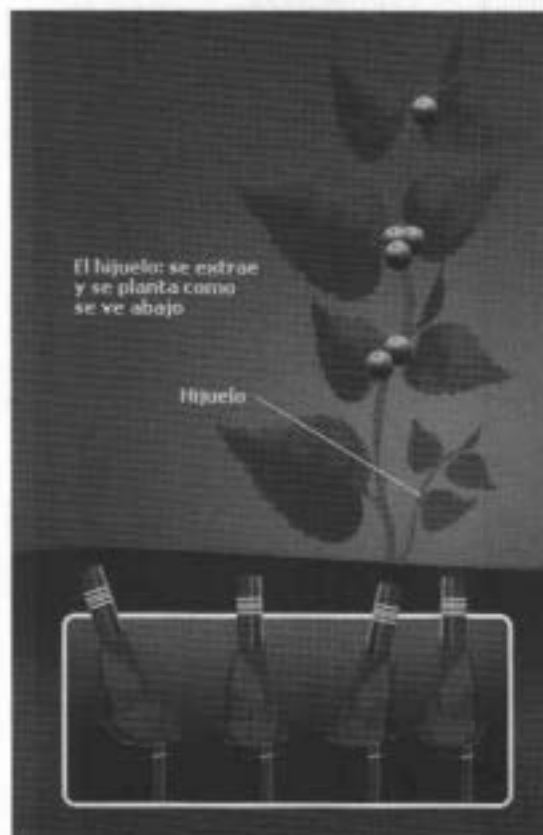


Figura 31. Propagación por hijuelos. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Para el cultivo in vitro se requiere de un autoclave (dispositivo para esterilizar), de una cámara de flujo laminar, del medio de cultivo, la planta y de la cámara de incubación. Para especies como la palma de aceite, arroz y café hay que definir los métodos más apropiados de acuerdo con las características del cultivo. La figura 32 ilustra la propagación in vitro.



Figura 32. Propagación in vitro. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

El suelo

i

Junto con el agua y el aire, el suelo es uno de los recursos naturales más valiosos con los que contamos los seres humanos. Conocer sus características y propiedades es indispensable para cuidarlo y preservarlo de los efectos que los desgastan y ponen en riesgo la subsistencia sobre la tierra.

El suelo constituye uno de los medios indispensables donde se desarrollan las plantas, las cuales lo cubren de vegetación brindándole protección y fertilidad debido a que sus raíces amarran los fragmentos que lo forman e impiden que éste se pierda o se erosione. Las plantas también proporcionan fertilidad al suelo por cuanto las hojas, flores y frutos que se caen van descomponiéndose y forman el humus o materia orgánica que hace que el suelo sea productivo. La presión ejercida por el creciente aumento de la población merma la posibilidad de utilización de este recurso y conduce a su uso inmoderado que amenaza su existencia en extensas áreas del mundo. Por lo tanto, es imperativo dar a los suelos actuales un manejo eficiente con base en un conocimiento preciso y técnico del recurso.

Definiciones de suelo

Para un geólogo el suelo podría ser el recubrimiento terroso que hay sobre un cuerpo rocoso; para un constructor, el sitio sobre el cual colocará sus estructuras o el sustrato que le suministrará algunos de los materiales que requiere para hacerlas; para un ecólogo es uno de los componentes del ecosistema que estudia; para un químico sería el laboratorio donde se producen reacciones entre las fases sólida, líquida y gaseosa; un antropólogo o un arqueólogo podrán ver el suelo como un tipo de registro del pasado. Ante la variedad de acepciones utilizadas para un mismo término, algunos autores trataron de acuñar definiciones que precisaran su aplicación, de tal modo que surgieron los conceptos de:

- Pedología, en la que se considera el suelo como un cuerpo natural cuyas propiedades interesan para establecer su origen y su clasificación, sin importar sus posibilidades de uso.
- Edafología, en la que el suelo es tomado como el soporte para las plantas, es decir, se estudia desde un punto de vista netamente práctico, orientado a obtener los mejores rendimientos agropecuarios posibles.

Una nueva conceptualización permite ampliar el dominio del término suelo: "el suelo es un cuerpo natural compuesto de sólidos (minerales y materia orgánica), líquidos y gases que ocurre en la superficie de la tierra, ocupa un espacio y se caracteriza o porque tiene horizontes o capas que se diferencian del material inicial como resultado de las adiciones, pérdidas, traslocaciones y transformaciones de energía y materia o porque es capaz de soportar plantas arraigadas en un ambiente natural" (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, 1998 - 1999).

Características del suelo

El suelo normalmente consta de tres horizontes o capas:

1. Horizonte A (la capa externa) donde se acumula la cantidad máxima de materia orgánica llamada humus.
2. Horizonte B, que está formado por el producto de la alteración o descomposición de la roca madre (de donde se formó el suelo) y es pobre en materia orgánica. Generalmente en el horizonte B se acumulan los nutrientes minerales que se han lixiviado o lavado del horizonte A.
3. Horizonte C, que es la roca en descomposición, suelta y dispersa sobre el material que dio origen al suelo, como lo es la roca madre.

La profundidad y la composición de los tres horizontes mencionados anteriormente y, por lo tanto, la fertilidad del suelo varían de manera considerable en diferentes ambientes.

El suelo es un cuerpo tridimensional y para poder comprender su evolución debe observarse todo el conjunto. Esto implica que se debe realizar la observación del interior del suelo y para ello se debe realizar un corte vertical en él, exponiéndolo hasta una profundidad máxima de 2 metros, denominada perfil del suelo. Cuando se expone el perfil de un suelo, la mayoría de las veces aparecen una serie de porciones aproximadamente paralelas entre sí y con la superficie del terreno; cuando estas porciones se están diferenciando entre sí, debido a que sus características son el resultado de la pedogénesis, reciben el nombre de horizontes genéticos, o simplemente horizontes del suelo; si la diferenciación observada no se debe a la pedogénesis, las porciones observadas se nombran capas.

Se definen seis horizontes o capas maestras en el suelo, los cuales se simbolizan con las letras mayúsculas O, A, E, B, C y R. Recientemente, se adicionó el símbolo W a la lista anterior para indicar la presencia de capas de agua dentro del suelo; este símbolo no se usa para capas de agua, hielo o nieve, que estén sobre la superficie del suelo. Los horizontes y capas 'O' son porciones de suelo dominadas por materiales orgánicos. En estos horizontes los materiales minerales representan un mínimo porcentaje del volumen y mucho menos de la mitad de su masa.

Los horizontes 'A' son horizontes minerales que se encuentran en la superficie del terreno o por debajo de un horizonte o capa 'O', si no son enterrados. Además, presentan acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente mezclada con la fracción mineral del suelo y que no está dominada por características de horizontes 'E' o 'B', y/o propiedades resultantes de actividades de disturbación (desagregación) como laboreo, pastoreo, etc. El horizonte 'E' es un horizonte mineral que se caracteriza por presentar pérdidas de

arcillas y/o sesquióxidos de Fe y Al, generándose una acumulación de partículas de arena y limo (ver textura del suelo); normalmente, presenta colores más claros y texturas más gruesas que los horizontes 'A' y 'B', que lo confinan.

Los horizontes 'B' son horizontes minerales que se desarrollan por debajo de alguno de los horizontes descritos anteriormente. En éstos se ha perdido casi todo vestigio de la estructura original del material parental. Los horizontes y capas 'C' son horizontes o capas que han sido muy poco afectados por procesos pedogenéticos; en las capas 'C' se incluyen sedimentos, saprolitos y fragmentos de roca poco consolidados, que exhiben baja a moderada resistencia a la excavación; en los horizontes 'C' se incluyen aquellas porciones de suelo que tienen acumulaciones de sílice, carbonatos, yeso o sales más solubles, aún endurecidas, que no presenten relación genética con los demás horizontes.

Las capas 'R' corresponden a las rocas duras, las cuales dificultan excesivamente su excavación, aunque pueden ser fragmentadas con equipos pesados. Los horizontes combinados se dan cuando, en ocasiones, se presentan porciones dentro de los suelos que no tienen propiedades homogéneas en todo su espesor, sino que presentan características de dos horizontes o capas diferentes; en este caso, esta porción del suelo no puede identificarse con una sola letra, como en los horizontes maestros simples, sino que debe recurrirse a la mezcla de dos letras mayúsculas para hacerlo. De acuerdo con la forma en que se combinan las propiedades, se definen los horizontes transicionales y los mezclados. En la figura 33 se presentan algunos perfiles de suelos en los que pueden verse varios de los horizontes maestros más comunes.

Propiedades de los suelos

El suelo es el resultante de numerosas interacciones dinámicas, tanto de componentes orgánicos como inorgánicos, de cuya Integración se

deriva este cuerpo natural; el comportamiento mecánico de la fase sólida del suelo determina sus propiedades físicas, las cuales en asociación con las propiedades químicas generan la aptitud de producir cosechas, dependiendo de los nutrientes presentes en él.

Andisol, en colinas de Timbío Cauca



Figura 33. Perfil de suelos (Autoc, 2009)

Propiedades físicas

Las características físicas del suelo, de acuerdo con su determinación y con sus fenómenos relacionados, pueden ser divididas en dos grupos: a) características físicas fundamentales y b) características físicas derivadas. Corresponden al primer grupo el color, la textura, la estructura, la consistencia, la densidad y la temperatura.

El segundo grupo está integrado por las propiedades como la porosidad, la capacidad de aire, capacidad de agua, la compactación y la profundidad efectiva radical.

Como se dijo anteriormente, dentro de este grupo, se tienen las siguientes características físicas fundamentales:

Color

El color guarda relación con aspectos como la temperatura, la humedad, el contenido de materia orgánica, el clima, los organismos presentes y, en muchos casos, la fertilidad del suelo. Por lo general, entre más oscuro sea el suelo tendrá mayor cantidad de materia orgánica.

Textura

Integra los porcentajes de las fracciones arena, limo y arcilla. La presencia en mayor o menor grado de estas influirá en el nivel de aireación, permeabilidad, retención de humedad, volumen explorado por las raíces, entre otros. Los suelos francos son los que presentan el mejor desempeño agrícola, en cuanto a los parámetros mencionados anteriormente.

Estructura

Las partículas elementales de arcilla, limo y arena, que constituyen las diferentes fracciones texturales, pueden cementarse o agruparse para construir un agregado elemental (ped) que puede evolucionar a unidades mayores. La estructura involucra el arreglo espacial de las unidades estructurales y los espacios vacíos del suelo, lo que afecta el volumen, continuidad y tamaño de los poros en el suelo. La estructura del suelo se relaciona con su fase sólida, que consiste en partículas de distintas formas y tamaños, acomodadas de diferentes maneras. Dicha acomodación o empaquetamiento puede conducir a formar unidades cerradas o abiertas y así sus partículas integrantes pueden comportarse como elementos individuales o como grupos de ellos en dominios y agregados. Los tipos de estructura del suelo se pueden clasificar en prismática, columnar, blocosa angular, blocosa subangular, laminar, granular y migajosa, (ver figura 34).

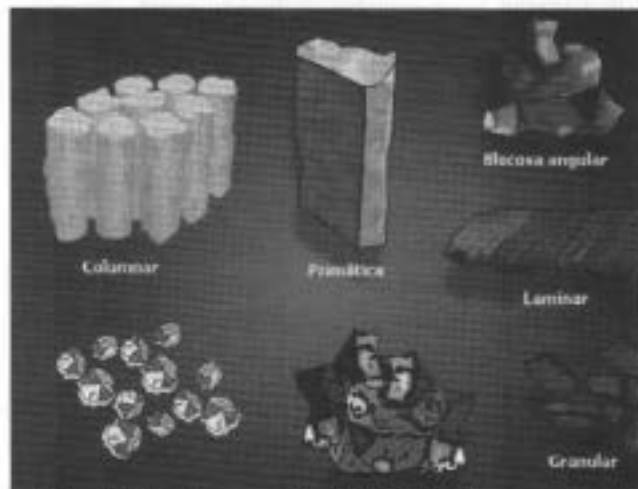


Figura 34. Tipos de estructura del suelo: A. Prismática; B. Columnar; C. Blocosa Angular; D. Blocosa Subangular; E. Laminar; F. Granular; G. Migajosa. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

En la figura 35 se muestra la forma como se presenta la estructura del suelo en campo, en un perfil de suelo.

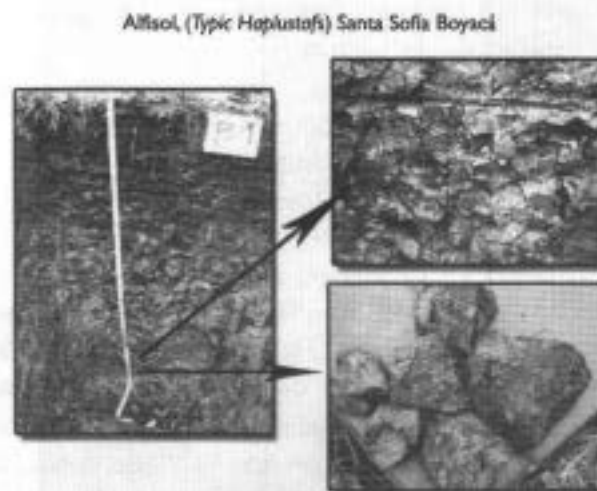


Figura 35. Perfil de suelo que indica su estructura. (Autor, 2009)

Consistencia

La consistencia puede expresarse en función del grado y la clase de las fuerzas de cohesión y adhesión y de la resistencia a la deformación o ruptura que presente el medio; las fuerzas responsables de esta característica se derivan de la atracción molecular (cohesión) y de la tensión superficial (adhesión). La consistencia se expresa en función del contenido de agua presente, estableciéndose en suelo seco, húmedo y mojado. La cantidad de agua presente determina el momento oportuno para realizar las labores del

cultivo y en especial aquellas relacionadas con la preparación para la siembra.

Densidad

Por definición la densidad es una resultante de la relación masa a volumen. En los suelos esta propiedad se determina bajo las fórmulas de densidad real o específica y densidad aparente, la diferencia entre una y otra radica en que se incluya o no en la determinación del volumen total de espacios porosos (densidad aparente) o el ocupado exclusivamente por las fracciones minerales y orgánicas, excluyendo cualquier espacio de poro (densidad real).

Temperatura

Esta propiedad del suelo es una característica básica para su productividad, a través de su influencia sobre los organismos y sobre las velocidades de reacción que suceden en el medio. La temperatura afecta a la materia orgánica presente, su mineralización, los aportes de nitrógeno y fósforo al suelo, entre otros aspectos.

Características físicas derivadas

Con base en las características físicas fundamentales explicadas anteriormente, pueden deducirse propiedades del suelo asociadas con ellas que resultan no por una sola de las características mencionadas, sino por la integración de todas, o al menos de una gran parte de ellas.

Porosidad, capacidad de aire y capacidad de agua

Existe una relación entre la densidad del suelo y la porosidad que determina la capacidad de aire, y en parte la capacidad de agua, de acuerdo con la distribución de poros por tamaño. La capacidad de aire del suelo define el suministro de oxígeno a las raíces, el intercambio gaseoso con el ambiente natural y favorece en ciertas condiciones la formación de un extenso sistema radical que facilita la absorción de nutrientes y

agua para las plantas. Los responsables de la capacidad de aire son los macroporos, y cualquier proceso que los afecta negativamente se llama degradación estructural, debida a prácticas deficientes de manejo, efecto que conlleva un aumento en los microporos y a la vez ocasiona un decrecimiento de los poros encargados de difundir oxígeno a las raíces.

La pulverización del suelo mediante prácticas excesivas de preparación conduce a la formación de agregados muy finos, lo que resulta perjudicial para el adecuado suministro de aire, es decir, influye en su porosidad, lo que aumenta los costos de preparación del suelo en el momento de la siembra y altera las condiciones físicas debido a la oxidación de la materia orgánica.

Compactación y profundidad efectiva radical

La compactación del suelo se asocia a la presencia de capas con muy baja aireación y alta densidad aparente. Ésta puede ser ocasionada por fenómenos de endurecimiento y acumulación de arcillas que responden a procesos genético-evolutivos o son una resultante del manejo de suelos, por lo cual afectan las propiedades físicas y determinan la profundidad efectiva radical. Los principales factores determinantes y asociados a la compactación son:

- La acumulación de arcilla.
- El empleo de maquinaria agrícola cuando el suelo presenta contenidos inadecuados de humedad o el laboreo es exagerado.
- La utilización de maquinaria agrícola pesada no adecuada o en forma repetida, que con el tiempo compacta los suelos, especialmente si se utilizan cuando su contenido de humedad no es óptimo.

Propiedades químicas

La química de los suelos ha sido usada para proponer soluciones directas o indirectas a problemas prácticos tales como la disponibilidad de nutrientes, toxicidad de iones, conversión de formas no asimilables de elementos adicionados en los fertilizantes, reacción de los correctivos y dispersión de suelos, comprensión de las variaciones de fertilidad y necesidades de cal en los suelos ácidos y yeso en los básicos o sódicos. Dentro de las propiedades químicas se encuentran las siguientes:

Intercambio iónico

El cambio iónico puede ser considerado como el más import ante de todos los fenómenos que tienen lugar en el suelo. Algunos autores lo consideran de mayor importancia que la fotosíntesis, pero ambos se pueden considerar como los procesos más importantes para las plantas, especialmente en regiones húmedas. El cambio iónico es un proceso reversible a través del cual cationes y aniones presentes en las fases líquidas y sólidas o entre las fases sólidas del suelo, son intercambiados. Esta propiedad es debida casi en su totalidad a la fracción arcilla y a la materia orgánica, es decir a la fracción coloidal del suelo.

Capacidad de intercambio catiónico

Esta propiedad se define como la medida de la cantidad de cargas negativas del suelo que le permiten retener y liberar iones positivos de acuerdo con su contenido de arcillas. Los cationes de mayor influencia en cuanto al crecimiento de las plantas son el calcio (Ca^{++}), magnesio (Mg^{++}), potasio (K^+), amonio (NH_4), sodio (Na^+) y el hidrógeno (H^+).

La reacción del suelo (pH)

El pH es una de las propiedades físico-químicas más importantes de los suelos: de él depende en gran parte la disponibilidad de nutrientes para las plantas ya sea porque determina su solubilidad o

porque controla la clase y tipo de actividad microbiológica y, por lo tanto, la mineralización de la materia orgánica. También tiene efecto directo sobre la concentración de iones y sustancias tóxicas, la capacidad de intercambio catiónico de suelos y raíces, enfermedades de las plantas y otras propiedades importantes. El pH mide la acidez del suelo e indica el grado de acidez o basicidad de un suelo. El pH 7 se denomina neutro, pero si es mayor a 7, será básico, y si es menor a 7, ácido. La acidez del suelo influye sobre la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Propiedades biológicas

La fauna y los microorganismos del suelo desempeñan un papel fundamental en el proceso de descomposición de la materia orgánica y en el mantenimiento de ciertas condiciones físicas como aireación, drenaje, estructura, etc. La fauna del suelo está compuesta por invertebrados, entre los cuales sobresalen la lombriz de tierra y otros gusanos, termitas, hormigas, arañas, ciempiés, babosas, cochinillos (marranitos), tijeras, huevos y larvas de lombrices e insectos.

Entre todos estos invertebrados es de gran importancia la lombriz de tierra porque al cavar los túneles contribuye a la aireación del suelo, de manera que permite, con mayor facilidad, la penetración de las raíces de las plantas y mejora las propiedades físicas del suelo. La lombriz de tierra se alimenta de materia vegetal en descomposición que su sistema digestivo convierte en excrementos enriquecidos con nitrógeno, potasio, fósforo, magnesio y humus.

Los microorganismos del suelo corresponden tanto a la microfauna como a la microflora, pero entre todos, las bacterias ordinarias y los hongos inferiores son los que poseen mayor importancia ya que en el proceso de humificación causan la putrefacción de plantas y animales muertos hasta descomponerlos en elementos inorgánicos utilizables para las plantas como alimentos o fertilizantes del suelo. También existen las llamadas bacterias nitrificantes que viven en los nódulos de las raíces de las

leguminosas. Este tipo de plantas toman el nitrógeno atmosférico y utilizan una parte para elaborar proteínas y el resto lo fijan al suelo con ayuda de las bacterias nitrificantes, por esta razón se aconseja hacer rotación de cultivos con leguminosas.

Relaciones clima-suelo-planta

La disponibilidad de nutrientes minerales para las plantas está dada básicamente por las propiedades del material parental o de la roca madre de donde se originó el suelo y también por su capacidad de retención del agua. De igual modo, el clima (básicamente las precipitaciones y la temperatura), el relieve, los organismos que viven en el suelo, y la edad del mismo afectan la disponibilidad de los nutrientes para la planta.

En un ambiente no perturbado los nutrientes minerales permanecen en el sistema formado por el suelo, las plantas, los macro y microorganismos que allí. Sin embargo, si la vegetación es alterada consecutivamente por la cosecha de cultivos, por el pastoreo de ganado o por la erosión del suelo causada por el hombre o fenómenos naturales, el horizonte superior rico en humus se pierde y por lo tanto los nutrientes que toman las plantas.

Las relaciones e interacciones se establecen forzosamente entre los seres vivientes (comunidad vegetal, animal y humana) y entre éstos y el ambiente físico donde habitan. En este sentido, el suelo constituye una unidad fundamental, lo que en ecología se denominan ecosistemas, considerándolo como un ecosistema.

Algunas de las relaciones e interacciones del suelo son: los granos de roca y minerales que dejan espacios libres entre ellos, llamados poros, los cuales se llenan de aire y agua; las raíces de las plantas al penetrar en el suelo que producen cambios mecánicos, como ruptura de la roca y aflojamiento del suelo compacto, y cambios químicos, como la liberación de minerales y la formación de ácidos, entre otros.

Las plantas toman del ambiente físico (suelo y aire) todas las sustancias que necesitan, como el agua, oxígeno, nitrógeno potasio, calcio, fósforo, magnesio, dióxido de carbono, etc., y las convierten en materia vegetal que va a ser aprovechada por otros seres vivos como fuente de alimentos.

Factores limitantes en el desarrollo de los cultivos

En términos generales, los factores que influyen en el crecimiento y producción de los cultivos son tan numerosos y variados que se encuentran formando un grupo bastante complejo y están estrechamente interrelacionados; sin embargo, algunos de estos factores, tales como malezas, insectos y enfermedades, afectan negativamente el rendimiento potencial del cultivo, es decir, que ellos reducen el rendimiento que puede haber sido alcanzado por un cultivo particular bajo determinado ambiente libre de esos factores.

Por otra parte, factores como los nutrientes, la densidad de siembra y la variedad se adicionan al rendimiento potencial y afectan positivamente al rendimiento del cultivo. Al analizar las anteriores afirmaciones es fácil comprender que los factores de tipo tecnológico, y algunos de tipo biótico, se pueden someter a medidas de control, y es así como la mayoría de prácticas de manejo de un cultivo están dirigidas a balancear esos factores, con el fin de aumentar su rendimiento.

El tipo de suelo es un factor determinante en la producción agrícola: se requiere un suelo con buena profundidad, alto contenido de materia orgánica, un rango de pH adecuado no muy ácido y no muy básico, y una alta fertilidad natural. Igualmente, junto a las anteriores propiedades químicas se requieren buenas propiedades físicas, bien estructuradas, texturas no muy pesadas o con altos contenidos de arcilla, y una buena aireación que permita la penetración de las raíces de las plantas.

Procesos de degradación de los suelos

La degradación del suelo se relaciona con procesos de salinización, extracción excesiva de agua, compactación, contaminación por plaguicidas, pérdida de estructura por el sobrepastoreo del ganado y mecanización agrícola excesiva, pérdida de fertilidad y erosión. Sin embargo, no solamente la actividad agrícola inadecuada degrada el suelo; otras prácticas de uso del suelo como la expansión urbana, la construcción de carreteras, la industria y la minería han influido en la pérdida de millones de hectáreas de suelo de gran calidad productiva.

Debido a que el factor suelo es un recurso finito o no renovable, ya que los procesos naturales para restaurarlo o renovarlo no ocurren a la misma velocidad con la que es degradado, la agricultura no puede ser sostenible sino hasta que se dé marcha atrás a los procesos de degradación de los suelos; las malas prácticas agrícolas actuales deben cambiar considerablemente si es que realmente se busca su conservación para las futuras generaciones, dentro del concepto de desarrollo sostenible.

Definición de la erosión de los suelos

La erosión es el proceso mediante el cual se produce el desgaste de la superficie terrestre debido a las fuerzas del agua y del viento. Desde el punto de vista agrícola, la erosión significa el arrastre de los materiales del suelo por diversos agentes como el agua y el viento o por acciones indebidas del hombre, haciéndolo cada vez menos productivo.

De lo anterior se desprende que la erosión puede ser natural o artificial. Es natural si es causada por el agua, denominada erosión hídrica, o por el viento, erosión eólica. Es artificial si es producida por el hombre sobre el paisaje natural cuando realiza actividades como el pastoreo excesivo, la quema,

la tala de los bosques y cualquier movimiento de tierra no controlado, de manera que tiene efecto inmediato para debilitar o destruir la cubierta vegetal y expone el suelo al movimiento superficial de las aguas o al viento, a partir de los cuales comienza el proceso erosivo.

En los procesos erosivos la capa superficial y más rica en materia orgánica es la más afectada, generando por consiguiente un perjuicio en el rendimiento del suelo y en su utilización como recurso, pues es factible restituirle al suelo los fertilizantes más no las capas vegetal, y aún más grave las mismas partículas de suelo.

Clases o tipos de erosión de los suelos

Se consideran entonces los siguientes tipos de erosión:

Erosión hídrica

Es el tipo de erosión en la que el agente causante es el agua. Existen los siguientes tipos de erosión hídrica: laminar, en surcos, en cárcavas y derrumbes (grandes desprendimientos de suelo en terrenos quebrados o muy pendientes en las orillas de las carreteras y los ríos).

Erosión eólica

Es aquella erosión causada por el viento en terrenos sueltos y áridos, localizados en regiones con variaciones altas de temperatura, poca precipitación y predominancia de vientos fuertes, en los cuales la acción del viento causa pérdida de suelo.

Erosión antrópica

Este tipo de erosión es causada por las actividades del hombre, como las quemas, que dejan desprotegido el suelo y lo hace susceptible a los agentes erosivos, la sobreexplotación en actividades agrícolas, el sobrepastoreo en actividades

pecuarias, la siembra de cultivos limpios, semestrales y anuales, en terrenos con pendientes muy pronunciadas o la tala del bosque para sembrar cultivos agrícolas productivos, entre otras prácticas nocivas para la conservación del suelo.

Erosión laminar

Se trata de terrenos en los cuales el suelo se va perdiendo de una manera uniforme, hasta que quedan al descubierto las raíces de las plantas.

Erosión en surcos

Se presenta en terrenos pendientes en los cuales se han formado pequeñas zanjas o surcos, por los cuales el agua corre durante las precipitaciones arrastrando lenta o abruptamente el suelo, dependiendo de la intensidad de las lluvias y de la desprotección del suelo por falta de la vegetación. El agua se desplaza por las irregularidades del terreno formando las zanjas o surcos mencionados.

Erosión en cárcavas

Se presenta en terrenos en los cuales los surcos han alcanzado un tamaño y una profundidad tales que se han formado zanjas, fisuras grandes o cárcavas. Se genera cuando el agua retenida en los surcos es tanta que arrastra más suelo año tras año; así se van formando hendiduras cada vez más profundas llamadas zanjones o cárcavas, las cuales constituyen la forma más dramática de la erosión hídrica.

Prácticas de conservación de suelos

Siembras en contorno

Consiste básicamente en que si el terreno es muy inclinado o pendiente, se prepara el suelo siguiendo las líneas de contorno o curvas de nivel y se siembran las plantas en hilera. La siembra en contorno se debe complementar con desyer-

bas y aporques. El cultivo en contorno debe implantarse en todos los casos en que la pendiente del terreno sea superior al 5%. Esta sola práctica no es suficiente, sin embargo, para evitar la erosión; cuando la pendiente es mayor del 10% y el suelo es poco permeable, se debe complementar con otras prácticas, tales como construcción de acequias, barreras vivas y cultivos de cobertura, según las necesidades.

Cultivos de cobertura

El término cultivo de cobertura se aplica a la vegetación que se siembra entre las plantas, para que se desarrollen en asocio con ellas. Un ejemplo del uso de coberturas se realiza en el cultivo de la palma de aceite, donde se siembran leguminosas que contribuyen de manera eficiente a mejorar las condiciones físicas y químicas de los suelos y a mantener la humedad; también sirven para controlar la vegetación indeseable. Su utilización permite una mayor sostenibilidad del agro-ecosistema y reduce costos en la fertilización y en el control de malezas.

Los cultivos de cobertura ofrecen ventajas, pues protegen al suelo de la erosión, minimizando el efecto de la precipitación, ya que protegen la fauna del suelo de los rayos solares y aportan nitrógeno o ayudan a que este elemento sea asimilable para las plantas, como ocurre en el caso de las leguminosas. Una desventaja que pueden tener los cultivos de cobertura, si su manejo no es adecuado, es la competencia por los nutrientes y la invasión rápida del terreno con lo cual afectan a la planta principal.

Barreras vivas

Son hileras de plantas permanentes de crecimiento denso sembradas a través de la pendiente en contorno de curvas a nivel (véase figura 36); las barreras vivas reducen la velocidad y energía del agua de escorrentía y retienen el suelo arrastrado. En los bordes superiores de las acequias de ladera, canales de desviación y drenajes se recomienda sembrar una barrera simple o doble

con el fin de evitar al máximo la sedimentación de los canales, al interceptar el suelo arrastrado y evitar el deterioro de los taludes. Las barreras vivas en cultivos perennes se siembran en surcos cada 5 a 30 metros, dependiendo de la pendiente y resistencia del suelo a la erosión. Se hacen en curvas en contorno o a nivel, con material vegetal sembrado a 20 centímetros entre plantas. En barreras múltiples la distancia entre surcos es de 30 a 40 centímetros. Se establecen, como todo cultivo, con fertilización y resiembra, deben manejarse como los pastos de corte, efectuando cortes periódicos para mantenerlas a una altura de 50 centímetros y evitar que se ensanchen e invadan los cultivos.

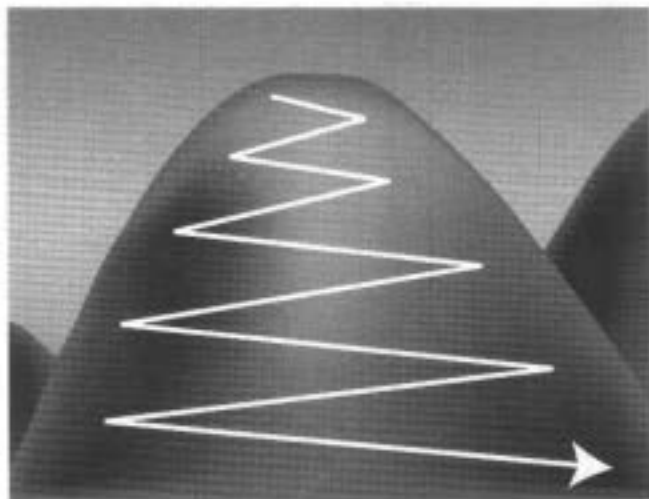


Figura 34. Cultivos en contorno. (UNIMINUTO - IEVD, 2009).

Incorporación de abono orgánico

Se puede fabricar en la finca en un foso o en una pila; el abono resultante se llama *compost* y es una mezcla de desechos animales y residuos vegetales de las cosechas, descompuestos por acción de los microorganismos.

El *compost* es un abono orgánico fabricado en las fincas, que se convierte en humus, el cual enriquece el suelo, al brindarle nutrientes, por ejemplo, elementos mayores esenciales para las plantas, como el nitrógeno, el fósforo y el potasio, y elementos menores, como azufre, magnesio, calcio, manganeso, hierro, cobre y boro.

La aplicación de abono orgánico o *compost* al suelo mejora las propiedades físicas y químicas del suelo, cohesiona sus partículas haciéndolo más laborable o manejable, mejora la circulación del aire en el suelo, le ayuda a retener el agua, aumenta su capacidad para almacenar alimentos para las plantas, reduce la necesidad de fertilizantes artificiales, fomenta la multiplicación de bacterias y hongos que son benéficos para el crecimiento de las plantas, hace que las plantas sean más resistentes a las enfermedades, aumenta el rendimiento de las cosechas y contribuye además a la salud humana, al ayudar a producir alimentos sanos y más nutritivos.

La ecología

i

Como ciencia, la ecología es más o menos joven y sólo se constituyó como tal cuando los biólogos determinaron la cantidad de variables que inciden sobre los organismos en su ambiente natural, lograron estudiar dichas variables cuantitativamente, construir modelos, establecer hipótesis y poner a prueba las predicciones que surgieran de dichas hipótesis.

Definición de ecología

Se puede decir que la ecología es, dentro de las ramas de la biología, la más antigua y a la vez la más reciente. Trata de establecer de qué manera los organismos afectan y son afectados por los factores bióticos y abióticos, con lo cual define la manera en que estas interacciones determinan las clases y el número de organismos que se encuentran en un lugar determinado y en un tiempo dado. La ecología estudia las interacciones ambientales, a nivel de organismo, esta ciencia examina cómo una clase de organismo supera los contratiempos e inconvenientes que le presenta el entorno. Trabajando a este nivel se pueden estudiar, por ejemplo, las adaptaciones de los organismos a las temperaturas extremas de su entorno y otras características adversas del ambiente en el que habitan.

Definición de población

El biólogo Ernst Mayr (1904-2005) definió en 1970 a la *población* como el conjunto de individuos que pueden intercambiar material genético en una localidad dada; siendo la población una unidad definida por su reservorio genético. Una población consiste en un grupo de organismos de la misma especie que conviven en el tiempo, se cruzan entre sí y habitan un área geográfica determinada. Posee características y funciones comunes, más bien del grupo que de cada uno de los individuos, tales como la densidad de población, frecuencia de nacimientos y muertes, distribución por edades, ritmo de dispersión, potencial biótico y forma de crecimiento. Si bien los individuos nacen y mueren, los índices de natalidad y mortalidad no son características del individuo sino de la población global.

Definición de comunidad

La *comunidad* involucra a todas las poblaciones de las especies diferentes que habitan en un área geográfica determinada, en un ambiente común y que interactúan entre sí. Estas interacciones son las fuerzas principales de la selección natural. Las interacciones también regulan el número de individuos de cada población, y el número y el tipo de especies existentes en la comunidad. Estas interacciones de una comunidad se presentan entre las diferentes poblaciones que la componen, son muy variadas y complejas, y en general se clasifican en competitivas, predatoras y simbióticas.

Definición de ecosistema

El *ecosistema* incluye todas las formas de vida que existen en un área dada, así como todos los factores no vivos. Estos factores no vivos, también llamados *factores abióticos*, corresponden a la temperatura y al clima en general, los nutrientes y otras sustancias químicas, el agua, las formas de energía, las rocas y los gases. Los factores bióticos son los organismos que forman la comunidad de especies en un área geográfica determinada.

Dentro de un ecosistema hay niveles tróficos o alimenticios. Todos los ecosistemas tienen, por lo general, tres de dichos niveles: a) productores, que normalmente son las plantas o algas, b) consumidores primarios, que son animales que viven de los otros animales, de los tejidos vegetales y de animales muertos, y c) consumidores

secundarios o mayores. En la tabla 3 se observan los niveles tróficos y su papel en la comunidad dentro del ecosistema.

El ecosistema se considera la unidad funcional de estudio de la ecología, ya que existe un flujo constante de materia y energía, con límites naturales (orilla de un lago por ejemplo) o arbitrarios; en el cual existen entradas y salidas continuas de energía. Un ecosistema en equilibrio puede considerarse sostenible ya que se recupera de perturbaciones y se adapta al cambio al tiempo que es capaz de mantener su productividad.

Ecología de poblaciones

En 1930 el ecólogo inglés Charles Elton observó que ninguna población animal sigue siendo la misma durante un periodo de tiempo prolongado y la mayoría de las especies están sometidas a fluctuaciones violentas. Estudios posteriores han demostrado que el tamaño y la densidad de una población pueden variar considerablemente en un periodo de tiempo determinado. Estas variaciones en tamaño y densidad de las poblaciones se deben a diversos factores y son diferentes de acuerdo con la población.

Se menciona como de importancia crítica el rango de tolerancia que tienen los organismos hacia factores como la luz, la disponibilidad de agua, el espacio para la reproducción, la escasez de nutrientes, la temperatura y la salinidad. Si algún recurso básico para la población escasea o cualquier condición del ambiente es demasiado rigurosa, no hay posibilidad que la población

Tabla 3. Niveles tróficos

| Tipo de organismo | Papel trófico | Nivel trófico | Clasificación fisiológica |
|--------------------------|------------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| Plantas | Productores | Primario | Autótrofo |
| Herbívoros | Consumidor primario | Secundario o superior | Heterótrofo |
| Depredadores y parásitos | Consumidores secundarios y mayores | Terciario y más alto | Heterótrofo |

Fuente: adaptada de Gillesman S. (2002).

crezca, aunque todos los otros requerimientos estén cubiertos

Ecología de los agroecosistemas

Un agroecosistema es un sitio de producción agrícola, por ejemplo una granja, visto como un ecosistema. El concepto de agroecosistema ofrece un marco de referencia para analizar sistemas de producción de alimentos en su totalidad, incluyendo el complejo conjunto de entradas y salidas y las interacciones entre sus partes. El agroecosistema, también llamado *ecosistema agrícola*, se relaciona estrechamente con la agroecología, y para este punto de vista es necesario mirar al sistema en su conjunto, analizando todo el entorno de un sistema de producción agrícola. Esta concepción difiere de la visión estrecha de la agricultura, que se enfoca casi únicamente en el desarrollo de prácticas o tecnologías diseñadas para incrementar los rendimientos y mejorar los márgenes de beneficio económico.

Los agroecosistemas hay que mirarlos y evaluarlos a la luz de las contribuciones que hacen para alcanzar la sostenibilidad total del sistema de producción y ver el complejo conjunto de interacciones biológicas, físicas, químicas, ecológicas y culturales que determinan los procesos que nos permiten obtener y sostener la producción de alimentos en armonía con el ambiente. Los agroecosistemas son, normalmente, más difíciles de estudiar que los ecosistemas naturales, porque se complican con la intervención humana, que altera la estructura y función de los ecosistemas normales. No hay duda de que para que cualquier agroecosistema sea sostenible, se debe tomar en cuenta una amplia serie de factores y procesos ecológicos, económicos y sociales que interactúan entre sí.

El análisis anterior nos permite reconocer la importancia de entender la estructura y función de un agroecosistema, con base en el conocimiento que nos proporciona la ecología. Sin embargo, la estructura y función de un agroecosistema tam-

bién es el resultado de un tejido social que tiene una fuerte influencia. Las decisiones que impactarán el diseño y manejo del agroecosistema, provenientes del productor, ciertamente toman en cuenta los factores ecológicos pero también factores económicos, sociales, políticos, estéticos, etc.

Definición y aplicación de la fisiología vegetal en el desarrollo de un cultivo agrícola

Como ciencia, la fisiología vegetal ayuda a entender la estructura, funciones y procesos que ocurren en los vegetales y su aplicación, con el objeto de mejorar su desarrollo y eficiencia para aprovechar sus productos en beneficio de la vida de los humanos. También estudia las funciones y procesos que ocurren en las plantas en relación con sus estructuras propias y con el sistema ecológico en el que se desarrollan, con el propósito de manejar eficientemente su productividad y obtener el mejor aprovechamiento de ellas. La fisiología vegetal aporta las definiciones, conocimientos y conceptos acerca de la estructura de las plantas, funciones estructurales y procesos fisiológicos, como la adsorción y transporte de nutrientes, metabolismo, fotosíntesis, respiración y nutrición.

Agricultura ecológica

La agricultura ecológica busca mantener un sistema de producción sostenible, en el cual se restringe el uso de fertilizantes, herbicidas o pesticidas químicos, o de sustancias tóxicas que pueden alterar la salud humana y el ambiente. En Colombia, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural la define bajo el término "Sistema de producción ecológica", aunque cuando se refiere a los términos ecológico, orgánico o biológico, se habla de todos los sistemas agrícolas que desarrollan la producción agropecuaria bajo una concepción de sanidad y seguridad, desde el punto de vista ambiental, social y económico.

La agricultura ecológica se convierte en una oportunidad de desarrollo sostenible para el sector rural, ya que se presenta una creciente demanda del mercado nacional e internacional por productos ecológicos. Este tipo de agricultura tiene los siguientes objetivos: a) producir alimentos sanos, b) buscar la armonía con el ambiente, c) recuperar, mantener y aumentar a largo plazo la fertilidad de los suelos, d) facilitar el reciclaje de nutrientes minerales y materia orgánica, e) proporcionar las condiciones de vida adecuadas para que las especies animales adecuadas mantengan su comportamiento natural, y f) que la familia campesina y la comunidad en general obtengan una fuente de ingresos económicos estable y permanente.

Monitoreo del crecimiento y desarrollo de especies vegetales en su ecosistema

El monitoreo consiste en llevar un registro ordenado y sistemático sobre los avances de un programa o proyecto, para verificar el grado de avance en el cumplimiento de tareas y actividades, la obtención de productos y el logro de los objetivos propuestos, en donde se detectan las dificultades presentadas y se aplican los correctivos, asegurando el éxito del proyecto o programa agrícola.

El monitoreo como proceso permite recoger la información rutinariamente sobre todos los aspectos del desarrollo y crecimiento de cultivos o especies vegetales en el ecosistema a que pertenecen, para lo cual se deben establecer indicadores relacionados con el crecimiento y desarrollo de las especies agrícolas, y las características del ecosistema en el que se desarrollan.

Al respecto se debe llevar un registro como sistema de monitoreo de las fases del cultivo: siembra, desarrollo, manejo y cosecha.

Otros factores de producción agrícola que deben ser considerados en el sistema de monitoreo son: el tipo de siembra de acuerdo con la variedad; el control de los procesos y periodos de desarrollo del cultivo; las prácticas culturales, como desyerbas y aporques; la fertilización; el tipo de suelo y condiciones aptas para las labores agrícolas; riegos programados para épocas de sequía y para atenuar las heladas, y el manejo y control de malezas, plagas y enfermedades.

Igualmente, en dicho monitoreo y control del crecimiento y desarrollo vegetal, se deben tener en cuenta los factores ambientales que inciden sobre las plantas como: radiación solar, temperatura, humedad, precipitación, vientos, suelo y agua en el suelo; la relación clima-suelo-planta, y la estructura y funcionamiento de los ecosistemas naturales.

El tiempo adecuado para el monitoreo de las especies vegetales varía desde una fase a, idealmente, varias fases de crecimiento, aunque puede cubrir periodos de tiempo mucho mayores cuando se quieren evaluar aspectos tales como la influencia del clima, los ciclos bióticos y los impactos causados por el hombre. El monitoreo regular de una planta, población o de un hábitat específico de una forma estructurada y reproducible quizá no sea una actividad que resulte fácil de implementar. Sin embargo, los datos del monitoreo logran que entendamos mejor el cambio de los patrones de distribución y abundancia de las especies.

Así, la información o los datos permiten también la generación de propuestas que maximicen la eficacia de los programas de control y manejo de la producción agrícola. La principal razón de la recopilación de estos datos es el control y, cuando se requiera, la erradicación temprana de los factores que son potencialmente nocivos y que ocasionan graves impactos en los ecosistemas naturales.

Glosario

Absorción: toma de agua y nutrientes por las raíces.

Ácido desoxirribonucleico (ADN): ácido nucleico de doble cadena, compuesto de adenina, guanina, citosina, timina, desoxirribosa y fosfato, y portador de información genética.

Ácido ribonucleico (ARN): ácido nucleico de una sola cadena, compuesto de adenina, guanina, citosina, uracilo, ribosa y fosfato.

Ácido ribonucleico mensajero (ARNm): ácido ribonucleico que se transcribe a partir de la matriz de ADN.

Ácido ribonucleico ribosomal (ARNr): ácido ribonucleico que participa en la formación de los ribosomas.

Ácido ribonucleico de transferencia (ARNt): molécula pequeña de ácido ribonucleico, que participa en la transferencia de aminoácidos específicos para la síntesis de una proteína.

Adenina: base nitrogenada hallada en el ADN y ARN.

Adenosin trifosfato (ATP): compuesto orgánico que contiene adenina, ribosa y tres grupos fosfatos. Constituye la mayor fuente de energía química para las reacciones metabólicas.

Aeróbico: organismo que metaboliza en presencia de oxígeno molecular.

Alcalina: sustancia que libera iones hidroxilos en solución. Aumenta el pH por encima de 7,0.

Aminoácido: ácido orgánico con un grupo amino (NH_2) y un grupo carboxilo (COOH). Los aminoácidos se unen entre sí para formar las moléculas de proteínas.

Amilasa: enzima que hidroliza el almidón y lo convierte en azúcares.

Anaeróbico: organismo que funciona en ausencia de oxígeno molecular.

Aparato de Golgi: organelos compuestos de pilas de membranas aplanadas, que funcionan en el empaquetamiento y síntesis de membranas y pared celular.

Autótrofo: organismo que produce sus propios alimentos a través de la fotosíntesis, por ejemplo las plantas verdes. También es un tipo de microorganismo que utiliza moléculas orgánicas simples para convertirlas en moléculas orgánicas complejas.

Biodiversidad: es la totalidad de los genes, las especies y los ecosistemas de una región.

Biomasa: expresa la cantidad total de materia viva presente, en un momento dado y en un área determinada. Se expresa en gramos de carbono, o en calorías, por unidad de superficie.

Carbohidrato: un compuesto orgánico que contiene carbono, hidrógeno y oxígeno.

Catalizador: cualquier sustancia que acelera la velocidad de una reacción sin participar en ella. En las reacciones bioquímicas, las enzimas son proteínas que actúan como catalizadores, disminuyendo la energía de activación.

Célula eucariótica: célula que posee núcleo verdadero limitado por la envoltura nuclear.

Células somáticas: las células de un organismo superior, diferentes de las células sexuales, que contienen al menos los dos conjuntos de cromosomas heredados de ambos padres.

Celulosa: el principal carbohidrato estructural de las células vegetales. Es un polímero de la glucosa (está compuesta de muchas unidades de glucosa).

Cianobacterias: algunas veces llamadas algas verdeazuladas, bacterias fotosintéticas productoras importantes de oxígeno para la evolución de la vida sobre la Tierra.

Clorofila: pigmento de color verde responsable de captar la energía luminosa para el proceso de la fotosíntesis.

Cloroplastos: organelos de las plantas que contienen clorofila y realizan la fotosíntesis.

Cromatina: material nuclear compuesto de ADN y proteínas.

Cromoplasto: organelos rodeados por una membrana que almacenan carotenoides.

Cromosoma: filamentos microscópicos dentro del núcleo de células eucarióticas, que tienen el ADN responsable de la herencia. Contienen las unidades hereditarias o genes.

Clon: organismos genéticamente idénticos.

Crestas: pliegues presentes en la membrana interna de las mitocondrias.

Citoplasma: es el contenido viscoso de la célula, que se encuentra en la parte interna de la membrana plasmática, excluyendo al núcleo.

Citosol: es la savia celular, medio acuoso en el cual están suspendidos los organelos y las partículas insolubles de la célula.

Desarrollo sostenible: sistema de producción que permite el crecimiento económico, la elevación de la calidad de vida y el bienestar social sin agotar la base de los recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente

Desoxirribosa: azúcar de cinco carbonos que forma parte del ADN.

Difusión: movimiento de moléculas al azar, de una región de alta concentración a otra de baja concentración.

Dióxido de carbono: molécula compuesta de un átomo de carbono y dos de oxígeno, que participa en la fotosíntesis y es liberada en la respiración.

Diversidad: abundancia relativa de las especies presentes en una región.

Doble hélice: hélice compuesta de dos cadenas moleculares que se enrollan entre sí, como sucede en el ADN.

Envoltura nuclear: la membrana que rodea el núcleo en células eucarióticas.

Enzima: biocatalizador de naturaleza proteica.

Espora: célula reproductora, habitualmente unicelular, típica de los helechos.

Estroma: la matriz proteica entre las granas de los cloroplastos. Sitio de las reacciones oscuras de la fotosíntesis.

Eucariota: organismo cuyas células poseen núcleo delimitado por membrana.

Evolución: conjunto de cambios que ocurren en los organismos, por efecto de las condiciones ambientales

Fisión: proceso de reproducción asexual en el que un organismo u organelo se divide en dos partes más o menos iguales.

Fotosíntesis: producción de carbohidratos por la combinación de CO_2 y H_2O , en los cloroplastos, catalizada por la luz, con la liberación de O_2 .

Gameto: célula sexual madura, capaz de unirse a la del sexo opuesto para formar el cigoto.

Gen: la unidad de la herencia. Es un grupo de nucleótidos en la molécula de ADN responsable por la herencia de un carácter particular. Codifica una proteína.

Genoma: conjunto de todos los genes de un organismo.

Genética: Parte de la biología que trata de la herencia y de lo relacionado con ella.

Grasas: moléculas orgánicas que contienen gran cantidad de carbono e hidrógeno, pero poco oxígeno. Los aceites son grasas en el estado líquido.

Glucosa: un monosacárido de 6 carbonos (azúcar simple); es el primer sustrato de la respiración.

Glucólisis: una serie de reacciones que preceden la respiración aeróbica o anaeróbica, en la que la glucosa es oxidada a ácido pirúvico.

Grana: estructura en el interior de los cloroplastos.

Herencia: transmisión de caracteres genéticamente controlados de padres a hijos a través de la reproducción sexual.

Heterótrofo: un organismo que obtiene sus alimentos a partir de otros organismos.

Histonas: proteínas básicas que constituyen una porción del material nuclear, asociadas funcionalmente al ADN.

Hidrólisis: rompimiento de una molécula grande en moléculas pequeñas, mediante la adición de agua.

Impermeable: que tiene la propiedad de restringir el pasaje de sustancias.

Inorgánico: compuesto químico sin carbono en su esqueleto atómico.

Interfase: período que ocurre entre una mitosis y la próxima.

Ion: átomo o molécula que ha ganado o perdido un electrón, lo cual hace que la partícula esté cargada eléctricamente.

Leucoplasto: organelo rodeado por una membrana, especializado en el almacenamiento de almidón.

Lignina: molécula orgánica compleja componente de las paredes secundarias en plantas leñosas.

Lípido: aceite o grasa, formado por glicerol y ácidos grasos.

Macromolécula: molécula muy grande. Término generalmente aplicado a polisacáridos, lípidos, proteínas y ácidos nucleicos.

Meiosis: proceso que mediante dos divisiones nucleares sucesivas hace que el número de cromosomas se reduzca a la mitad.

Membrana: en los organismos vivos, es una bicapa de fosfolípidos impregnada con proteínas y otros compuestos; funciona en la actividad celular.

Meristemo: zona o tejido a partir del cual se forman células nuevas por división.

Metabolismo: grupo de reacciones químicas que ocurren en un organismo.

Microtúbulos: estructuras delgadas cilíndricas, formadas por la proteína tubulina.

Mitocondria: organelo celular rodeado por una doble membrana, cuya función es la respiración aeróbica.

Mitosis: división nuclear de las células somáticas, que da como resultado dos núcleos hijos idénticos.

Núcleo: es el organelo más grande de la célula eucariota, rodeado por una envoltura nuclear; contiene los cromosomas y mucho del ADN celular.

Organelo: partícula subcelular que realiza una función determinada en la célula.

Ósmosis: caso especial de difusión de agua, a través de una membrana selectivamente permeable.

Pared celular: la capa rígida más externa encontrada en las células de las plantas, formada principalmente de celulosa.

Pectina: sustancia cementante encontrada en la lámina media, compuesta principalmente de ácido péptico.

Permeabilidad: propiedad de la membrana de dejar pasar libremente sustancias.

Plastidios: organelos de la célula vegetal, entre los cuales están los cloroplastos, los cromoplastos y leucoplastos.

Polímero: macromolécula formada por la unión de pequeñas moléculas (monómeros) idénticas, por ejemplo, celulosa y almidón.

Procariotas: Células unicelulares, poco evolucionadas, que carecen de envoltura nuclear y de organelos delimitados por membranas.

Profase: primera etapa de la división nuclear, caracterizada por la desaparición de la envoltura nuclear y la aparición de cromosomas acortados.

Proteína: principales componentes estructurales de las células.

Protoplasto: porción viva de la célula. Se excluye la pared celular.

Retículo endoplasmático: red de membranas aplanadas que recorren el citoplasma celular; si tienen ribosomas adheridos se denominan retículo endoplasmático rugoso; si no se encuentran presentes ribosomas, la membrana se denomina retículo endoplasmático liso.

Ribosoma: el organelo celular responsable de la traducción de la síntesis de proteínas.

Saprófito: microorganismo que obtiene sus nutrientes a partir de materia orgánica en descomposición.

Tejido: grupo de células similares en origen y estructura, que realizan una función particular.

Transcripción genética: proceso por el que se transmite la información contenida en el ADN al ARN. Síntesis de una molécula de ARN complementaria a una cadena de ADN, catalizada por enzimas.

Vacuola: inclusión citoplasmática con un contenido acuoso de sustancias de bajo peso molecular.

Xilema: en las plantas vasculares es el tejido conductor de agua y sales minerales. En varias plantas el xilema está compuesto por vasos, traqueidas, fibras y parénquima.

Glossary

Absorption: process of accumulation, like the absorption by roots.

Active transport: movement of ions or molecules into the interior of a cell against a concentration gradient, using metabolic energy.

Adenine: nitrogenous base found in DNA and RNA.

Adenosine triphosphate: containing organic compounds, adenine, ribose and three phosphate groups. It is the largest chemical energy source in metabolic reactions.

Aerobic: body metabolism in the presence of molecular oxygen.

Alkaline: substance that releases hydroxyl ions in solution. It increases the pH above 7,0.

Allelic frequencies: the allelic frequency or gene frequency is the order in which the genes and their bases in each chromosome are stated. Its variation is caused by mutations and leads to the application of natural selection, resulting in the evolution of species.

Amino acid: organic acid with an amino group (NH_2) and a carboxyl group (COOH). Amino acids are joined together to form protein molecules.

Amylase: enzyme that hydrolyzes starch into sugars making.

Anaerobic: body that functions in the absence of molecular oxygen.

Autotroph: organism that produces its own food through photosynthesis such as green plants. It is a microorganism that uses simple organic molecules into complex organic molecules.

Biodiversity: totality of genes, species and ecosystems in a region.

Biomass: the total amount of living matter, at any given time, in a certain area or in one of their trophic levels, and is expressed in grams of carbon, or calories per unit area. The pyramids of biomass are very useful to show the biomass in one trophic level. The increase of biomass in a given period is called a production system of a particular area.

Carbohydrate: organic compound containing carbon, hydrogen and oxygen in the basic pattern CH_2O , as sugars, starch and cellulose.

Carbon dioxide: gaseous molecule composed of one carbon atom and two of oxygen, which is involved in photosynthesis and is released in the breath.

Catalyst: any substance that accelerates the speed of a reaction without participating in it. Biochemical reactions in enzymes are proteins that act as catalysts, lowering the activation energy.

Cell wall: outer rigid layer found in the cells of plants, many protista and some bacteria. In plants consists mainly of cellulose.

Cellulose: main carbohydrate structure of plant cells. It is a polymer of glucose (made up of many glucose units).

Chlorophyll: molecule responsible for capturing light energy in the early events of photosynthesis. It is a green pigment.

Chloroplasts: organelles found in the upper parts of plants (stems, leaves, fruits, etc.) Contain chlorophyll and perform photosynthesis.

Chromatin: nuclear material that is dyed in dark over the interface. It is composed of DNA and proteins.

Chromoplast: organelles surrounded by a membrane that store carotenoids.

Chromosome: microscopic filaments inside the nucleus of eukaryotic cells, which have the DNA responsible for the inheritance. Contain hereditary units or genes.

Clone: genetically identical organisms.

Cyanobacteria: sometimes called blue-green algae, photosynthetic bacteria which are important producers of oxygen to the evolution of life on earth.

Cytoplasm: viscous content of the cell, which is located in the inner plasma membrane, excluding the nucleus.

Cytosol: the cell sap. It is an aqueous medium in which the organelles and insoluble particles of the cell are suspended.

Deoxyribonucleic acid (DNA): double-chain nucleic acid composed of adenine, guanine, cytosine, thymine, deoxyribose and phosphate. It is an organic compound in charge to carry the genetic information which is able to double and to determine the synthesis of RNA (ribonucleic acid).

Desoxirribosa: five-carbon sugar that is part of the DNA.

Differentially permeable membrane: membrane that allows passage of certain particles and prevents the passage of other, also known as a selectively permeable membrane.

Diffusion: random motion of molecules, a region of high concentration to low concentration of another.

Diversity: relative abundance of species in biogeographic regions and in specific ecological niches.

Double helix: helix composed of two molecular chains that are wound one another, as in DNA.

Endoplasmic reticulum: network of flattened membranes that traverse the cytoplasm; if ribosome is attached, it is called rough endoplasmic reticulum; if ribosome is not present, the network is called smooth endoplasmic reticulum.

Enzyme: a type of protein biocatalysts.

Enzyme protein: organic compound formed by many (100 or more) amino acids linked by peptide linkages, capable of accelerating specific chemical processes by decreasing the activation energy required.

Eukaryotic: organism whose cells have membrane-delimited nucleus.

Eukaryotic cells: cell that has a real nucleus limited by the real nuclear envelope.

Evolution: development of the organisms, in which they pass gradually from one state to another, descent with modification, the process by which all living things on Earth have diverged by direct from a single source that existed ago more than 3,000 million years.

Fat: large organic molecules containing carbon and hydrogen, but little oxygen. Oils are fats in the liquid state.

Fission: process of asexual reproduction in which an organism or organelle is divided into two roughly equal. It is the most common form of reproduction in prokaryotes.

Gametes: mature sexual cells, able to join the opposite sexual cell to form the zygote.

Gene: unit of heredity. It is a group of nucleotides in the DNA molecule responsible for inheritance of a particular character. It encodes a protein.

Gene transcription: process by the one contained information is transmitted in DNA to RNA. It is the synthesis of a molecule of RNA complementary to a strand of DNA, catalyzed by enzymes.

Genome: total genetic complement of an organism is the set of all genes of an organism, the genetic heritage of all stocks in all of his DNA or chromosomes.

Genetics: part of biology that deals with heredity and everything related to it, scientific study of how they are transmitted physical characteristics, biochemical and behavioral characteristics of parents to children.

Glucose: a 6-carbon monosaccharide (simple sugar), the first substrate of respiration.

Glycolysis: series of reactions that precede the aerobic or anaerobic respiration, where glucose is oxidized to pyruvic acid.

Golgi apparatus: organelles composed of stacks of flattened membranes that function in packaging and synthesis of membrane and cell wall.

Grana: structures inside the chloroplasts, which are seen as green granules with the light microscope and electron microscope with a stack of membranes in the form of discs. The grana contain the chlorophylls and carotenoids and are the site of the light reactions of photosynthesis.

Heredity: transmission of genetically controlled characteristics from parents to children through sexual reproduction.

Heterotrophs: organism that derives its food from other organisms.

Histone: proteins that constitute a core portion of nuclear material, functionally linked to DNA.

Hydrolysis: rupture of a large molecule into smaller molecules by adding water.

Ion: atom or molecule that has gained or lost an electron, making the particle electrically charged.

Inorganic: chemical compound without carbon atoms in its skeleton.

Interface: nuclear status between mitosis and the next one. Chromosomes are not visible, but an intense metabolic activity occurs.

Krest: folds at the inner membrane of mitochondria.

Leucoplast: organelle surrounded by a membrane, which specializes in storage of starch.

Lignin: complex organic molecule found as an important component of secondary walls; provides strength and rigidity to the cellulose microfibril.

Lipids: fat or oil formed by glycerol and fatty acids.

Macromolecule: very large molecule. Term commonly applied to polysaccharides, lipids, proteins and nucleic acids.

Meiosis: process that consists of two successive nuclear divisions in which the number of chromosomes is halved, leading to further segregation and recombination of genes, as a result of meiosis can form gametes or spores.

Membrane: In living organisms, a phospholipids bilayer impregnated with protein and other compounds; operates in the cellular activity.

Meristem: zone or tissue from which new cells are formed by division.

Messenger ribonucleic acid (mRNA): ribonucleic acid that is transcribed from the DNA array.

Metabolism: the sum of all chemical reactions that occur in a cell, including the synthesis, such as degradation.

Microtubules: thin cylindrical structures formed by the protein tubulin, which are important in the synthesis of some membranes.

Mitochondrion: organelle surrounded by a double cell membrane, whose role is aerobic respiration.

Mitosis: nuclear division of somatic cells, resulting in two identical nuclei children.

Nuclear envelope: membrane that surrounds the nucleus in eukaryotic cells.

Nuclear pores: perforated regions in the nuclear envelope, through which the mRNA migrates to the ribosome of the cytoplasm.

Nucleolus: structure nuclear specialist with dense regions of DNA associated with certain chromosomes, rather than synthesis of the precursors of ribosome.

Nucleus: the largest organelle of eukaryotic cells, surrounded by a nuclear envelope, chromosomes, and contains much of the cellular DNA.

Organelle: sub cellular particle that performs a specific function in the cell.

Osmosis: a special case of diffusion of water across a selectively permeable membrane.

Pectin: cementing substance found in the lamina media, composed mainly of acid peptic.

Permeability: membrane properties of substances to pass freely.

Photosynthesis: production of carbohydrates by the combination of CO₂ and H₂O in the chloroplasts, catalyzed by light, with the release of O₂.

Plasmolysis: osmotic loss of water from the cytoplasm and the vacuole, because the cytoplasm is separated from the cell wall, contraction of protoplasm of the living cell as a result of losing water. It occurs when the cell is in contact with a hypertonic solution which causes the output of water.

Plastids: organelles of the plant cell, among which are the chloroplasts, Chromoplast and leucoplasts.

Polymer: macromolecule formed by the binding of small molecules (monomers) identical, eg, cellulose and starch.

Polymerization: chemical reaction in which large molecules form linear (polymer) by a combination of small molecules (monomers). If the linear polymer chains are connected by chemical bonds are formed interlocking polymers.

Prof: first stage of nuclear division is characterized by the disappearance of the nuclear envelope and the appearance of chromosomes shortened.

Prokaryotes: organisms whose cells contain no nucleus, including bacteria and algae. These are cells that lack nuclear envelope and membrane-bound organelles.

Protein: macromolecule composed of a linear sequence of amino acids. Containing C, H, O, N, S. Proteins are the main structural components of cells.

Protoplast: the living portion of the cell. The cell wall is excluding.

Respiration: process by which energy is converted to glucose in ATP; it occurs in the cells of all living organisms and releases CO₂ as a byproduct. Aerobic respiration requires the presence of O₂, although some organisms can breathe anaerobically.

Ribonucleic acid (RNA): nucleic acid of a single chain consisting of adenine, guanine, cytosine, uracil, ribose and phosphate.

Ribosomal ribonucleic acid (ARNr): ribonucleic acid that participates in the formation of ribosome.

Ribosome: cellular organelle responsible for the translation of protein synthesis

Saprophytes: micro-organisms that obtain their nutrients from decaying organic matter
Somatic cells: all cells in the soma, or in the body, different from the sex cells, which contain at least two sets of chromosomes inherited from both parents.

Spore: reproductive cell, usually unicellular, capable of giving rise to an adult without merging with any other cell.

Stroma: protein matrix between the grains of chloroplasts. This is the site of the dark reactions of photosynthesis.

Structure: in science, the structure refers to the organization of living beings as a group of cells, organelles, organs, and histological-organic systems, and hardware for the manifestation of life activities as gene expression inherited.

Sustainable development: sustainable management means that enables economic growth, raising the quality of life and social welfare without depleting the natural resource base that supports renewable or damaging the environment or the right of use it for future generations to satisfy their own needs.

Tissue: group of cells similar in structure and origin, which perform a particular function.

Transfer ribonucleic acid (tRNA): small molecule of ribonucleic acid, which participates in the transfer of specific amino acids for the synthesis of a protein.

Translation: converting the information contained in the mRNA in a specific sequence of amino acids during synthesis of a protein on the surface of a ribosome.

Turgor: state in which the cell membrane is smooth and rigid as a result of an increase in vacuolar volume and protoplasmatic during water absorption. The turgor is essential for mechanical support of plant tissue.

Vacuole: cytoplasm inclusion, containing water, surrounded by stores and tonoplast ions and molecules of low molecular weight.

Vesicle: small bag surrounded by a membrane which is separated by a membrane as a constriction in the Golgi apparatus.

Virus: particle similar to a crystal which has a cover and a core protein of DNA or RNA, but not both.

Waterproof: it has the ability to restrict the passage of substances.

Xylem: vascular plants in the driver tissue water and mineral salts. In several plants the xylem consists of vessels, tracheid, fibers and parenchyma.

Zygote: cell diploid (2n) resulting from the union of two haploid gametes (n), as a result of egg fertilization.

Bibliografía

- Altieri, M. (2006). *Agroecología, perspectivas para una agricultura biodiversa y sustentable*. Loja, Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja.
- Audesirk, T., Audesirk G. y Byers B. (2008). *Biología La vida en la Tierra*. Méjico: Pearson Educación.
- Azcón, B. y Talón, M. (2000). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Madrid: Interamericana - McGraw Hill.
- Barcelo, J., Nicolás, G., Sabater, F. y Sánchez R. (2005). *Fisiología vegetal*. Madrid: Editorial Pirámide.
- Bernal, F. (2005). *El cultivo de la palma de aceite y su beneficio*. Bogotá, Colombia: Fedepalma.
- Buol, S., Hole F. y Mc. Cracken, R. (1986). *Génesis y clasificación de suelos*. Méjico: Trillas.
- Campbell A., Mitchell G. y Reece B. (2007). *Biología, conceptos y relaciones*. Méjico: Pearson educación.
- Corripio, F. (1994). *Diccionario práctico de sinónimos y antónimos*, Madrid España: Larousse.
- Curtis, H. (2006). *Invitación a la biología*. Madrid, España: Editorial Médica Panamericana.
- Desarrollo Forestal Participativo, SENA y FAO. (1995). *Sistemas agroforestales en la zona andina colombiana*. Bogotá, Colombia.
- Federación Nacional de Cafeteros. (1975). *Manual de conservación de suelos de ladera*. Chinchiná, Caldas: Cenicafé.
- Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2006). *La agroindustria de la palma de aceite en Colombia*. Bogotá: Oficina de Comunicaciones de Fedepalma.
- Figueredo, E. y Urrego, C. (1994). *Prácticas agroecológicas*. Bogotá, Colombia: Fondo FEN.
- Garavito, J. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. Bogotá, Colombia: IGAC.
- Gliessman, S. (2002). *Agroecología, procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica: Litocat.
- Gliessman, S.R., Rosado-May, F.J., Guadarrama-Zugasti, C., Jedlicka, J., Cohn, A., Mendez, V.E., Cohen, R., Trujillo, L., Bacon, C. Jaffe R. (2007). *Agroecología: promoviendo una transición hacia la sostenibilidad*. www.revistaecosistemas.net, 16, 13-23. Recuperado en 2009 de <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=459>.
- Hernández, J. (2006). Los elementos químicos y sus nombres. *Pliegos de Yuste*, 4, 57-68. Recuperado en 2009 de <http://www.acienciasgalilei.com/alum/qui/etimologia-elementos-quimicos.pdf>.
- Hernández, R. (2002). *Libro Botánica OnLine*. Recuperado en 2009 de <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1992). *Manual codificado para descripción de perfiles*. Bogotá Colombia: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1995). *Suelos de Colombia*. Bogotá, Colombia: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1997). *Revista informativa del proyecto SIG-PACF*. Bogotá Colombia: IGAC.
- Jiménez, L. y Merchant, H. (2003). *Biología celular y molecular*. Méjico: Pearson Educación.
- León, T. (2007). *Medio ambiente, tecnología y modelos de agricultura en Colombia*. Bogotá Colombia: ECOE.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (Marzo de 2007) *La agricultura ecológica en Colombia*. Recuperado en 2009 de http://www.asoleche.org/fileadmin/documentos/biblioteca_virtual/informaci_n_secci_n_interna/memorias_reuniones_temas/Articulo_agricultura_ecologica.2007.MADR_1_01.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente, Sociedad de Agricultores de Colombia y Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2002). *Guía ambiental para el subsector de la agroindustria de la Palma de Aceite*. Bogotá: Fedepalma.
- Mizraji, E. (1988) *Un concepto biofísico de vida*. Recuperado en 2009 de <http://biofisica.fcien.edu.uy/mizraji88bfvida.pdf>.
- Montenegro, H. y Malagón, D. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá, Colombia: IGAC.
- Odum, E. (1994). *Ecología*. Méjico: Editorial Continental.
- Oram, R. (2007). *Biología sistemas vivos*. Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
- Oyama, K. (1986). *La coevolución*. Ciencias: Revista de difusión. Pg. 64-73. Recuperado en 2009 de chloe.dgsca.unam.mx/cns/espno01/CNSE0109.pdf
- Pelczar, M., Reid, R. y Chan, E. (1982). *Microbiología*. Madrid, España: McGraw Hill.

Pontificia Universidad Javeriana. (1994). *Memorias tercer seminario internacional desarrollo sostenible de sistemas agrarios*. Cali Colombia: CIPAV.

Rodríguez, M. y Hoof, B. (2004). *Desempeño ambiental del sector palmero en Colombia*. Bogotá: Fedepalma.

Rojas, M. (1982). *Fisiología vegetal aplicada*. Méjico: McGraw Hill.

Sánchez Sánchez H. (2005). *Coevolución Genética de la Interacción parásito-hospedero*. Recuperado de Internet en 2009 de <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/104/10412205.pdf>.

Sánchez, A. (1988). *Biología vegetal*. Cali, Colombia: Universidad del Valle.

Soberón, J. (2003). *Ecología de poblaciones*. Méjico: Fondo de Cultura Económica.

Sociedad colombiana de la ciencia del suelo. (1984). *Fertilidad de suelos diagnóstico y control*. Bogotá, Colombia: Sociedad colombiana de la ciencia del suelo.

Infojardín (2008). *Tipos de injertos*. Recuperado en 2009 de <http://articulos.infojardin.com/arboles/injertos-tipos-pua-1.htm>

Tyler, G. (1994). *Ecología y medio ambiente*. Méjico: Iberoamérica.

Universidad Nacional del Nordeste. (2008). *Hipertextos del área de la biología*. Recuperado en 2009 de http://www.biologia.edu.ar/reproduccion/indic_reproduc.htm.

Valdivia, B., Granillo, P. y Villarreal, M. (2003). *Biología la vida y sus procesos*. Méjico: Publicaciones Cultural.

Vásquez, A. (2009). *Propagación vegetativa*. Recuperado en 2009 de <http://ut.edu.co/ff/0941/documentos/LIBRO%20ARMANDO%20VASQUEZ/CAP4.DOC>.

Guía del estudiante Modalidad a distancia

Las Ciencias Naturales aplicadas al contexto agrícola



Datos de identificación

Tutor: _____
Teléfono: _____
E-mail: _____

Uniminuto

Línea nacional gratuita: 01 8000 936670 Líneas atención en Bogotá: 5933004 y 2916520 Extensión 6864.
Celular: 320 - 3131732 <http://virtual.uniminuto.edu> E-mail: admisioneslevd@uniminuto.edu

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Línea nacional gratuita: 01 8000 115223 Calle 14 Sur No. 14 -23 - Bogotá
Teléfono atención en Bogotá : 3443770 Extensiones 334 -335 - 367 y 371 Celular: 312 - 3051011
www.unad.edu.co E-mail: eagricolas@unad.edu.co nelson.diaz@unad.edu.co edna.sandoval@unad.edu.co

Universidad de Nariño Virtual.

Teléfono en Pasto : 7226774 Celular: 315 -8701196. Secretario U. virtual.
www.udenar.edu.co/virtual E-mail: uvirtual@udenar.edu.co

Bienvenida



Bienvenido al curso *Las Ciencias Naturales aplicadas al contexto agrícola*, donde se desarrollan y fortalecen tanto competencias académicas como laborales. Lo invito a incrementar el gusto y el deseo por el aprendizaje y la investigación, por medio de la profundización y el aumento de los conocimientos para llevar a la práctica y a la cotidianidad de la vida.

Igualmente, esta propuesta consiste en interactuar a distancia de manera constante con su tutor y compañeros, mediante aportes que enriquezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje que estamos iniciando, teniendo en cuenta que el mundo actual globalizado requiere de competitividad, preparación y actualización permanentes y considerando que usted es el actor y motor principal de su propio conocimiento y aprendizaje.

Introducción



El cultivo de palma de aceite ofrece diversos productos con un gran potencial y altos beneficios. Además, brinda oportunidades laborales y de desarrollo empresarial representadas en la agroindustria de la palma de aceite. Entre los múltiples productos, derivados de esta industria, se encuentran el aceite, las margarinas, las grasas y los concentrados como suplemento de la nutrición animal.

En muchos casos los aceites de palma sustituyen al petróleo y se utilizan como biocombustibles. Otros usos o aplicaciones de los aceites de palma son: fabricación de jabones y detergentes, velas, cosméticos, grasas para diferentes usos, goma, tintas para impresión y biodiésel, entre otros.

En la presente guía se desarrollarán diferentes actividades prácticas como afianzamiento y refuerzo de la temática planteada en el Texto Base de Estudio, *Las Ciencias Naturales aplicadas al contexto agrícola*. Se tendrán en cuenta temas como la célula para entender el funcionamiento de las plantas; la herencia y la evolución para saber de dónde provienen las plantas y sus diferentes fases, a través de la historia evolutiva y adaptativa.

Así mismo, se revisarán las definiciones, características, estructura y fisiología de las plantas; se analizará la forma de propagación y su aplicación en diferentes cultivos, como el de la palma de aceite; se estudiarán las principales características del suelo, su conservación y degradación y las relaciones clima-suelo-plantas. Finalmente, se repasará el capítulo de ecología, donde se establecen las relaciones entre los procesos del cultivo de la palma de aceite y su entorno.



Unidad de competencia

Aplicar las Ciencias Naturales al contexto agrícola



Elementos de competencia

Al finalizar la guía el estudiante estará en capacidad de:

- Manejar técnicas de propagación de plantas
- Aplicar técnicas de conservación de suelos
- Monitorear el crecimiento y desarrollo de especies en su ecosistema



Temario del módulo

Para conseguir las competencias anteriormente enunciadas, en la presente guía se han estructurado seis capítulos apoyados de ejercicios prácticos para aumentar la comprensión de los contenidos de cada capítulo y llevarlos a situaciones de la vida real.

- **Capítulo 1.** La célula: En este capítulo se presentan las definiciones de la célula; los principios que rigen la vida, la reproducción, crecimiento y desarrollo celular; la organización, estructura y funciones celulares; los mecanismos y clases de reproducción celular, y las características de la célula vegetal con el fin de establecer relaciones con el desarrollo, estructura y funcionamiento del cultivo de la palma de aceite.
- **Capítulo 2.** Herencia y evolución: Se refiere a los conceptos y principios de la evolución; la teoría cromosómica de la herencia y sus patrones; la biología molecular del gen y las características externas e internas de las plantas, expresadas en el fenotipo y el genotipo. Con este capítulo se conocen y entienden los antecedentes de los procesos hereditarios y evolutivos del reino vegetal y cómo se aplican al cultivo de la palma de aceite.

- **Capítulo 3. Las plantas:** Se desarrollan las definiciones y características esenciales de las plantas; su clasificación, la estructura, la organización, la morfología, la evolución, la coevolución y sus adaptaciones al ambiente. En el desarrollo de estos temas el estudiante podrá establecer relaciones prácticas con el cultivo de la palma de aceite.

- **Capítulo 4. La propagación de las plantas:** La propagación de las plantas es fundamental en cualquier proceso productivo agrícola ya que desde aquí se garantiza la prolongación de la vida de las especies vegetales. En el proceso de propagación se seleccionan las semillas y variedades más resistentes a plagas, enfermedades y condiciones ambientales adversas.

En este capítulo se revisan las definiciones y conceptos de propagación de las plantas, de la semilla y su germinación; las generalidades del injerto y los tipos y métodos de propagación de las plantas.

- **Capítulo 5. El suelo:** El buen uso y manejo del suelo con prácticas sostenibles favorece la productividad agrícola y la conservación del agua y de los recursos naturales en general.

Aquí se exponen las definiciones y características básicas del suelo; diferentes propiedades; relaciones clima - suelo - planta; los aspectos edáficos que limitan el óptimo desarrollo de los cultivos; procesos de degradación de los suelos, definición y clases de erosión y prácticas de conservación de suelos.

- **Capítulo 6. La ecología:** Aquí se tratan las definiciones de ecología, población, comunidad y ecosistema; la ecología de poblaciones y de los agroecosistemas; aplicaciones de la fisiología vegetal al desarrollo de un cultivo agrícola y finalmente la agricultura ecológica.

Los anteriores temas proporcionan herramientas básicas para establecer las relaciones y procesos ecológicos del cultivo de la palma de aceite con su entorno, durante las diferentes etapas, como siembra, desarrollo y cosecha.



Evaluación

1. Se realizará una evaluación diagnóstica con el propósito de determinar e identificar el estado actual de los conocimientos de los estudiantes y conocer sus expectativas para enfocar y reforzar el curso y realizar los ajustes necesarios.
2. Se efectuarán controles de lecturas, a través de la formulación de preguntas que deben resolver los estudiantes. Así mismo, se harán talleres.
3. Se valorará el análisis de la información consignada en el texto base y el desarrollo de las actividades presentadas en esta guía de aprendizaje.
4. Se evaluarán los trabajos individuales de investigación que profundicen los temas planteados.

| Actividades de evaluación | 100 | 75 | 50 | 25 | 0 |
|-----------------------------|--|---|--|---|--------------------------|
| Descripción de la actividad | El estudiante realiza la actividad completa de acuerdo con la instrucción. | El estudiante desarrolla más de la mitad de la actividad propuesta. | El estudiante desarrolla la mitad de la actividad propuesta. | El estudiante desarrolla menos de la mitad de la actividad propuesta. | No realiza la actividad. |



Políticas

Las siguientes son las políticas generales que regirán el curso respecto al tutor y al estudiante.

Papel del tutor

- El estudiante juega un papel mucho más activo con respecto al que ha jugado en la educación tradicional. En este nuevo modelo de aprender haciendo, el alumno es el motor y el actor principal de su proceso educativo. Es necesario que llegue con los temas preparados, leídos y estudiados, de manera que se alimenten y enriquezcan los encuentros virtuales y presenciales.

El alumno es responsable de desarrollar y entregar las actividades propuestas en el curso, en el tiempo y con los requerimientos establecidos, mediante la investigación y el trabajo de campo para que adquiera las competencias propuestas y concrete los objetivos planteados.



Bibliografía

Altieri, Miguel. (2006). *Agroecología, perspectivas para una agricultura biodiversa y sustentable*. Loja (Ecuador): Universidad Técnica Particular de Loja.

Barceló, J., Nicolás, G., Sabater, F. y Sánchez R. (2005). *Fisiología Vegetal*. Madrid: Editorial Pirámide.

Bernal, F. (2005). *El cultivo de la palma de aceite y su beneficio*. Bogotá (Colombia): Fedepalma.

Buol, S., Hole, F. y McCracken. (1986). *Génesis y clasificación de suelos*. México: Trillas.

Desarrollo Forestal Participativo, Sena y FAO. (1995). *Sistemas agroforestales en la zona Andina colombiana*. Bogotá (Colombia).

Federación Nacional de Cafeteros. (1975). *Manual de conservación de suelos de ladera*. Chinchiná (Caldas): Cenicafé.

Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2006). *La agroindustria de la palma de aceite en Colombia*. Bogotá: Oficina de Comunicaciones de Fedepalma.

Figueredo, E. y Urrego, C. (1994). *Prácticas agroecológicas*. Bogotá (Colombia): Fondo Fen.

Garavito, J. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. Bogotá (Colombia): IGAC.

Gliessman, Stephen. (2002). *Agroecología, procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Costa Rica: Litocat.

León T. (2007). *Medio ambiente, tecnología y modelos de agricultura en Colombia*. Bogotá (Colombia): Ecoe.

Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Sociedad de Agricultores de Colombia y Federación Nacional de Cultivadores de Palma de Aceite. (2002). *Guía ambiental para el subsector de la agroindustria de la Palma de Aceite*. Bogotá: Fedepalma.

Montenegro, H. y Malagón, D. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá (Colombia): IGAC.

Oram, R. (2007). *Biología de sistemas vivos*. Bogotá (Colombia): McGraw-Hill.

Pontificia Universidad Javeriana. (1994). *Memorias del tercer seminario internacional sobre desarrollo sostenible de sistemas agrarios*. Cali (Colombia): Cipav.

Rodríguez, M. y Hoof, B. (2004). *Desempeño ambiental del sector palmero en Colombia*. Bogotá: Fedepalma.

Rojas, M. (1982). *Fisiología vegetal aplicada*. México: McGraw Hill.

Sánchez, A. (1988). *Biología vegetal*. Cali (Colombia): Universidad del Valle.

Soberón, J. (2003). *Ecología de poblaciones*. México: Fondo de Cultura Económica.

Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. (1984). *Fertilidad de suelos, diagnóstico y control*. Bogotá (Colombia): Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo.

Tyler, G. (1994). *Ecología y medio ambiente*. México: Iberoamérica.

Valdivia, B., Granillo, P. y Villarreal, M. (2003). *Biología de la vida y sus procesos*. México: Publicaciones Cultural.

Referencias de internet

<http://www.devida.gob.pe/Documentacion/documentosdisponibles/Manual%20Palma%20Aceitera.pdf>

<http://www.angelfire.com/biz2/palmaaceitera/infotecnica.html#CLIMA>



Competencia 1

Manejar técnicas de propagación de plantas.



Resultados del aprendizaje

- Diferencia las células eucariotas y procariotas.
- Identifica la estructura, evolución, reproducción y metabolismo celular.

- ☑ Define los principios físicos y químicos que rigen los seres vivos.
- ☑ Conoce y maneja la teoría de la herencia, sus bases celulares y los patrones que la rigen.
- ☑ Posee claridad en los conceptos de propagación de plantas, los elementos que la conforman, la tecnología empleada y sus aplicaciones prácticas en la producción de palma de aceite.
- ☑ Aplica los diferentes métodos y procedimientos definidos para propagar plantas.
- ☑ Diferencia los procesos de división celular.
- ☑ Conceptúa y diferencia entre evolución y coevolución.
- ☑ Realiza un método para estimular germinación en semilleros.

Presentación

En la producción agrícola es de suma importancia conocer y manejar las técnicas de propagación de las plantas, para aplicar en diferentes cultivos. En esta unidad se desarrollan los conceptos básicos de propagación de plantas, sus elementos, aplicaciones y prácticas en la producción agrícola; las generalidades de la teoría celular y sus relaciones con las plantas; la genética, herencia y evolución.

Los capítulos 1, 2 y 4 del Texto Base de Estudio *Las Ciencias Naturales aplicadas al contexto agrícola* proporcionan los conceptos básicos y desarrollan la temática presentada en esta unidad. Es necesario hacer una lectura analítica, reflexiva e investigativa del texto para comprender los temas y, al mismo tiempo, ampliarlos, por medio de la investigación, para adquirir elementos o herramientas que le permitan al estudiante resolver las actividades planteadas en la guía.

Temas que se tratarán

- Capítulo 1. La célula
- Capítulo 2. Herencia y evolución
- Capítulo 3. Las plantas
- Capítulo 4. La propagación de las plantas



Actividad 1

Complete el siguiente cuadro comparativo y establezca las diferencias entre las células procariotas y eucariotas. Realice la lectura del Capítulo 1 del texto base de estudio sobre las diferencias entre células procariotas y eucariotas, y ayúdese de la investigación complementaria para completar la actividad:

| Diferencia entre células procariotas y eucariotas | | |
|---|---|--|
| Características | Procariotas | Eucariotas |
| | Ejemplos: bacterias y algas verde-azules. | Ejemplos: protozoarios, algas, hongos, plantas y animales. |
| Tamaño de la célula | | |
| Membrana celular | | |
| Organelos | | |
| Movilidad | | |
| División celular | | |
| Organización celular | | |
| Nutrición | | |
| Pared celular | | |

Actividad 2

La siguiente actividad pretende mostrar que los seres vivos poseen sistemas orgánicos formados por células e identificar a la célula como unidad estructural y funcional de los seres vivos. También se busca reconocer las partes de la célula vegetal.

Tenga en cuenta los siguientes términos: célula, citoplasma, cloroplasto, leucoplastos, cromoplastos, membrana celular, núcleo, pared celular, mitocondrias.

Actividades previas

Lecturas e investigación: por medio de la revisión del Texto Base de Estudio en el Capítulo 1, de textos relacionados con la biología, especialmente la celular, y la investigación virtual, desarrolle los propósitos y requerimientos de la presente actividad.

Investigue sobre la estructura celular y, específicamente, sobre las células vegetales para realizar su identificación.

Interacción virtual: a través de la comunicación e investigación virtual, intercambie la información que se requiere con el tutor y con los compañeros para el desarrollo de la actividad.

Desarrollo de la actividad

Emplee la motivación y dialogue y debata, presencial y virtualmente, sobre las diferencias entre las células que contienen los seres vivos y las estructuras que conforman la célula vegetal.

Resuelva las siguientes preguntas:

1. ¿Las células son iguales en todos los seres vivos? Explique.
2. Indique en qué se diferencian.
3. Identifique y explique las funciones de los diferentes organelos celulares.
4. Elabore un cuadro para explicar las características de la célula vegetal.
5. Diseñe un mapa conceptual donde ilustre los tipos de transporte celular existente y sus definiciones.

Actividad 3

Para el desarrollo de la presente actividad investigue en el Texto Base de Estudio, en los textos relacionados con la biología celular y también en internet. De acuerdo con la consulta e investigación responda las siguientes preguntas:

1. ¿Qué parte de la célula almacena y transporta sustancias?
2. ¿Cómo realiza la célula la respiración celular?
3. ¿Por qué es importante y qué parte de la célula realiza la fotosíntesis?
4. ¿Qué parte de la célula guarda la información genética?
5. ¿Cómo se realiza el transporte celular y qué partes largas y poco numerosas dirigen el movimiento celular?
6. ¿Qué parte de la célula destruye y digiere partículas extrañas?
7. ¿Qué parte dirige el funcionamiento de la célula?
8. ¿Cuáles son las partes cortas y numerosas que dirigen el movimiento celular?
9. ¿Qué parte de la célula la limita y la protege del exterior?
10. ¿Qué parte de la célula realiza la síntesis de proteínas y cómo lo hace?

Actividad 4

La lectura del Capítulo 1 del Texto Base de Estudio, la investigación de textos físicos y virtuales, le permitirán elaborar un resumen que contenga los mecanismos de reproducción asexual y sexual, sus divisiones, con los conceptos, definiciones y principales características de cada tema. Diseñe un mapa conceptual o un diagrama de árbol para ilustrar y explicar la temática desarrollada.

Elabore el resumen en formato de Word 2003, letra Arial 12, con una extensión de cinco páginas; incluya portada y bibliografía consultada.

Actividad 5

Como autocontrol de lectura del Texto Base de Estudio del Capítulo 2 y ampliando la temática, por medio de la investigación, haga lo siguiente:

1. Defina herencia de las plantas y cite ejemplos.
2. Defina evolución de las plantas y dé ejemplos.
3. Explique en qué consiste la teoría cromosómica de la herencia.
4. Defina fenotipo y genotipo y exponga ejemplos.
5. Explique en qué consisten las Leyes de Mendel sobre la herencia.
6. Elabore un mapa conceptual donde ilustre los conceptos de herencia, evolución, cromosoma, gen, fenotipo y genotipo.

Actividad 6

Lea detenidamente el Capítulo 3 del Texto Base de Estudio y elabore un gráfico de una planta distinguiendo cada una de sus partes. Igualmente, diseñe seis mapas conceptuales que resuman y sinteticen cada uno de los siguientes temas:

1. Dibuje una planta y escriba cada una de sus partes; realice un pequeño resumen definiendo cada parte y sus funciones.
2. Elabore un mapa conceptual sobre los diferentes tejidos de las plantas.
3. Elabore un mapa conceptual con las definiciones y características de las plantas.
4. Elabore un mapa conceptual de la clasificación de las plantas.
5. Elabore un mapa conceptual donde indique la estructura y morfología de las plantas.

6. Elabore un mapa conceptual sobre la evolución de las plantas.
7. Elabore un mapa conceptual sobre las adaptaciones de las plantas.

Actividad 7

La propagación de las plantas es la base para mantener las especies vegetales. Teniendo en cuenta la lectura del Capítulo 4 del Texto Base de Estudio, complete el siguiente cuadro, indicando las características de cada tipo de propagación en la columna respectiva. Indique cuál o cuáles métodos de propagación se pueden aplicar al cultivo de la palma de aceite.

| Tipo de propagación de las plantas | Características |
|------------------------------------|-----------------|
| Por semilla | |
| Por injerto | |
| Asexual | |
| Sexual | |
| Por acodo | |
| Por bulbos | |
| Por estolones | |
| Por estomas | |
| Por rizomas | |
| Por tubérculos | |
| Por hijuelos | |
| In vitro | |

Actividad 8

Para investigar: En su proceso de producción la palma de aceite comprende dos fases: la agrícola y la de procesos en planta de beneficio.

La primera comprende los siguientes elementos: adecuación de tierras; cobertura vegetal; previveros, viveros, siembra, plateo, podas, riego y drenajes; fertilización, control de plagas y enfermedades; corte de racimos y ciclos de cosecha; erradicación y renovación de plantaciones; vías y áreas naturales especiales.

La segunda incluye los siguientes elementos: recepción del fruto; esterilización; desfrutamiento; digestión y prensado; clarificación; secado; almacenamiento; deslodado, desfibración, trituración y palmistería.

Con base en la consulta de la bibliografía recomendada en la presente guía y la en su labor de investigación, describa y defina todos los elementos mencionados anteriormente y que forman parte del proceso de producción de la palma de aceite.



Aplicar técnicas de conservación de suelos.



Resultados del aprendizaje

- Entiende y maneja las definiciones y conceptos de clima, suelo y ambiente.
- Identifica las diferentes prácticas y técnicas de conservación de suelos.
- Comprende la importancia de la conservación del suelo y de la preservación del ambiente y aplica las buenas prácticas agrícolas.
- Entiende la utilización y aplicación de las técnicas de conservación de suelos.
- Aplica los diferentes métodos y procedimientos para la conservación y recuperación de la erosión del suelo.
- Diferencia los procesos erosivos del suelo y demás agentes degradantes del suelo.
- Conceptúa y diferencia las diversas prácticas de conservación de los suelos.
- Emplea un método o técnica para conservar el suelo.
- Aplica los diferentes métodos y procedimientos para la recuperación de la degradación química, física y biológica del suelo.

Presentación

La producción de palma de aceite en Colombia presenta diversidad en el clima y en el suelo donde se desarrolla el cultivo. En el caso de la precipitación tiene una variación amplia que va desde los 1.000 milímetros hasta los 4.000 milímetros por año. En este sentido, el manejo de los suelos es diferente en el proceso productivo de la palma de aceite dependiendo de las condiciones climáticas de cada zona.

Para el caso de las zonas con las precipitaciones más altas, se deben manejar drenajes para evitar los encharcamientos del suelo y para las zonas de precipitaciones bajas, implementar sistemas de riego y realizar la siembra en las épocas de lluvia.

De igual manera, gracias a la variedad climática los suelos son diversos. Por tal razón, se deben tener en cuenta sus propiedades físicas, químicas y biológicas para establecer las prácticas de manejo del suelo, en el proceso productivo de la palma de aceite.

Así mismo, las relaciones clima - suelo - planta son variadas debido a las condiciones heterogéneas que se presentan en las zonas donde se desarrolla el cultivo de la palma de aceite. Estos factores determinan la implementación de diferentes técnicas de manejo de los suelos, del cultivo en general y para cada condición en particular.

Temas que se tratarán

➤ Capítulo 5. El suelo



Actividades

Actividad 9

Una vez realizada la lectura del Capítulo 5 del Texto Base de Estudio, sobre las propiedades de los suelos, complete el siguiente cuadro:

| Propiedad | Características |
|------------------------|-----------------|
| Propiedades físicas | |
| Propiedades químicas | |
| Propiedades biológicas | |

Actividad 10

Mediante la lectura analítica y reflexiva del Capítulo 5 del Texto Base de Estudio y la investigación adicional del tema erosión de los suelos, haga lo siguiente:

1. Defina erosión.
2. Diga las clases o tipos de erosión y definalos.
3. Observe, revise y analice un estudio de caso donde las prácticas agronómicas de un cultivo de su zona, genere o cause la erosión del suelo. Consulte igualmente sobre el cultivo de la palma de aceite; cómo puede llegar a causar erosión al no

seguir las prácticas de producción y manejo adecuadas. Elabore un escrito desarrollando esta actividad.

Actividad 11

Teniendo como base la lectura del Capítulo 5 del Texto Base de Estudio, del tema prácticas de conservación de suelo, complete el siguiente cuadro:

| Prácticas de conservación de suelos | Características |
|--|-----------------|
| 1. Prácticas culturales | |
| 1.1. Localización de cultivos | |
| 1.2. Siembras en contorno | |
| 1.3. Coberturas vegetales | |
| 1.4. Barreras vivas | |
| 1.5. Sombrío | |
| 1.6. Coberturas muertas | |
| 1.7. Cultivos en faja | |
| 1.8. Incorporación de materia orgánica | |
| 2. Prácticas mecánicas | |
| 2.1. Desagües naturales | |
| 2.2. Zanjillas de absorción | |
| 2.3. Zanjillas de desagüe | |
| 2.4. Zanjillas de ladera | |
| 2.5. Canales de desviación | |
| 2.6. Vertimiento de aguas | |
| 3. Prácticas agronómicas | |
| 3.1. Uso de semillas mejoradas | |
| 3.2. Aplicación de fertilizantes | |
| 3.2. Correctores químicos del suelo | |
| 3.2. Control de plagas y enfermedades | |

Actividad 12

De acuerdo con la tabla anterior y con la investigación de la bibliografía recomendada en la presente guía y la consultada por usted, tanto virtual como físicamente, identifique, escriba y explique de forma breve, las prácticas de conservación del suelo que más se ajustan al cultivo de la palma de aceite. Redacte un resumen sobre la actividad.



Competencia 3

Monitorear el crecimiento y desarrollo de especies en su ecosistema.



Resultados del aprendizaje

- Distingue la morfología, anatomía y fisiología vegetal.
- Entiende la taxonomía, clasificación, identificación de plagas y enfermedades de las plantas con sus organismos benéficos.
- Entiende las definiciones y conceptos de ecología de los agroecosistemas.
- Distingue los diferentes tipos de agroecosistemas, las utilidades prácticas y sus beneficios.
- Comprende y usa de forma correcta los conocimientos sobre los agroecosistemas.
- Selecciona y diseña prácticas de manejo agrícola de plagas y enfermedades a nivel de finca, en los agroecosistemas, considerando los organismos benéficos.
- Aplica prácticas de agricultura ecológica dentro de un ecosistema dado.
- Realiza arreglos o parcelas demostrativas de agroecosistemas.

En los niveles regional, nacional y mundial se requiere dar un rumbo diferente al desarrollo de los sistemas productivos, la industria, el consumo, el mercado, las relaciones nacionales e internacionales, la ciencia y la tecnología y, en general, a las actividades cotidianas en la vida del ser humano.

Para transformar las concepciones tradicionales que el hombre ha sostenido a lo largo de la historia, se deben implementar sistemas de producción agrícolas sostenibles que se adapten a nuestras condiciones tropicales, que estén acorde con la preservación de los ecosistemas y de los recursos naturales en general.

El cultivo de la palma de aceite ofrece excelentes opciones para el desarrollo de un sistema de producción de alta eficiencia, porque es fácilmente adaptable a las condiciones del trópico y a los diversos ecosistemas de nuestro país.

En Colombia se cuenta con un marco biogeográfico como la Orinoquía, considerando las diferentes regiones existentes y sus características, el clima regional como elemento básico para entender los diferentes ciclos climáticos que se presentan y orientar en forma adecuada el diseño del sistema productivo de la palma de aceite que responda a este comportamiento, y a las ventajas y limitantes que las diferentes condiciones presenten.

Para su óptimo desarrollo el cultivo de la palma de aceite requiere de condiciones climáticas adecuadas como precipitación, balance hídrico, temperatura, radiación solar y luminosidad. Igualmente, las condiciones edáficas o del suelo deben tener las características requeridas para el buen desarrollo del cultivo.

El cultivo de la Palma de aceite se siembra a una distancia de 9 metros entre planta y planta, presentándose paisajes forestales donde conviven numerosas especies de flora y fauna favoreciendo la biodiversidad de las zonas donde se desarrolla el cultivo.

De igual manera, la palma de aceite ayuda a mermar el calentamiento global porque fija grandes cantidades de gas carbónico en el proceso de la fotosíntesis; forma microclimas y ambientes favorables para la sostenibilidad de los cultivos y el bienestar general de las poblaciones que habitan alrededor.

Este cultivo ofrece grandes oportunidades de desarrollo a las poblaciones humanas asentadas en las zonas de influencia, representadas en la generación de empleo, en la diversidad de usos del producto y en los subproductos que son susceptibles de comercialización.

Temas que se tratarán

➤ Capítulo 6. La ecología



Actividades

Actividad 13

De acuerdo con la investigación de la bibliografía recomendada en la presente guía y la consultada por usted, tanto virtual como física, identifique y describa las condiciones ecológicas requeridas, y específicamente las climáticas y edafológicas, para el óptimo desarrollo del cultivo de la palma de aceite. Para ello complete el cuadro que aparece a continuación.

| Condiciones ecológicas de la palma de aceite | |
|--|-----------------------------------|
| Condiciones climáticas | Condiciones edafológicas |
| Precipitación | Requerimientos de tipos de suelos |
| Temperatura | Características físicas |
| Brillo solar | Características químicas |
| Altitud | Relieve |
| Humedad relativa | Drenaje |

Actividad 14

Para reforzar, estudiar y comprender la temática planteada en el Capítulo 6 del Texto Base de Estudio, y de acuerdo con la ampliación de los temas, por medio de la investigación, haga lo siguiente:

1. Defina ecología, población, comunidad y ecosistema.
2. Defina ecología de poblaciones.
3. Defina un agroecosistema, cite ejemplos relacionados con el cultivo de la palma de aceite.
4. Defina agroecología y describa su utilidad en la conservación de los ecosistemas y sus aplicaciones en el cultivo de la palma de aceite.

Actividad 15

En el proceso productivo del cultivo de la palma de aceite se generan diversos productos para múltiples usos. Complete el siguiente cuadro basándose en la investigación de la bibliografía propuesta en la presente guía y la que usted encontró cuando consultó otras fuentes.

| Productos y usos de la palma de aceite | |
|--|---------------------------------|
| Comestibles | No comestibles |
| Acsite | Jabón y detergentes |
| | |
| Margarinas y grasas | Cosméticos |
| | |
| | |
| Concentrados para animales | Biodiésel, grasas para lubricar |



"UNIMINUTO, titular exclusivo de todos los derechos de propiedad intelectual de la guía de estudio Las Ciencias Básicas aplicadas al contexto agrícola, ha autorizado la impresión y uso del presente ejemplar únicamente para efectos del desarrollo de los programas TÉCNICO PROFESIONAL EN PRODUCCIÓN DE PALMA DE ACEITE Y TECNOLOGÍA EN GESTIÓN DE PLANTACIONES DE PALMA DE ACEITE como su aporte a los mismos, en su calidad de material de estudio de los programas a distancia que ofrece en ejecución del CONVENIO DE ASOCIACIÓN CONFORMADO POR FEDEPALMA, UNIMINUTO, UNAD, FUNDEWILCHES, CORDEAGROPAZ, EL SENA REGIONAL SANTANDER Y OTROS COMO ALIADOS ESTRATÉGICOS. Por lo tanto, este texto no podrá ser extendido a terceros, ni transformado, reproducido, distribuido, copiado o utilizado, parcial o totalmente, para fines diferentes a los aquí previstos, por cualquier medio de reproducción, sea impresa, digital o por internet y, en general, por cualquier medio de reproducción, comunicación pública o distribución, conocido o por conocer.

La presente autorización no implica transferencia de algún derecho de autor, quedando obligado el CONVENIO DE ASOCIACIÓN CONFORMADO POR FEDEPALMA, UNIMINUTO, UNAD, FUNDEWILCHES, CORDEAGROPAZ, EL SENA REGIONAL SANTANDER Y OTROS COMO ALIADOS ESTRATÉGICOS a mencionar los nombres de los autores respectivos y de UNIMINUTO junto con su logo."

Todo proceso productivo de cultivos, llámese de palma, arroz, café u otro, se apoya en los principios de las ciencias naturales. Por ello, UNIMINUTO, consciente de este acercamiento a las ciencias parte de conceptos generales para que cualquier persona pueda adentrarse con facilidad en el campo agrícola.

El libro "Las ciencias naturales aplicadas al contexto agrícola" busca que el lector aprenda a manejar técnicas de propagación de plantas, aplicar técnicas de conservación de suelos y monitorear el crecimiento y desarrollo de especies en su ecosistema



Calle 81 C #72 B -05 Bogotá, D.C.
Teléfono: (57-1) 2525030 - 2528849

Fax: (57-1) 2237031

Celular: 320 313 1732

Línea nacional gratuita: 01 8000 93 66 70

virtualydistancia@uniminuto.edu

<http://virtual.uniminuto.edu>

ISBN: 978-958-8165-91-2

