

M.D. 1

Unidad Temática 1: Fisiología Vegetal

El presente texto didáctico contiene material original y compilación de varios autores, citados como bibliografía consultada al final del texto, y se ajusta a los contenidos de la unidad temática N° 1 del programa vigente (Plan de estudios 2002).

Oro Verde, Paraná, Febrero de 2004

Ing. Agr. *Victor H. Lallana*, Prof. Titular Ord.
Cátedra de FISILOGIA VEGETAL
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Universidad Nacional de Entre Ríos

INTRODUCCIÓN

Fisiología es una palabra de origen griego (Fisio=naturaleza - logos=tratado, estudio). La Fisiología Vegetal es la ciencia que estudia los fenómenos vitales de los organismos vegetales vivos. Su objetivo es familiarizarnos con la vida de éstos y con los procesos que ocurren en su seno, de modo que podamos alterar su marcha conforme a nuestros deseos, dirigir su vida y obtener de ellos la mayor cantidad posible de productos necesarios a la humanidad.

LA FISILOGÍA VEGETAL COMO CIENCIA

El estudio de las plantas puede abordarse bajo diferentes puntos de vista y esto ha originado una serie de ramas de la Botánica como son la Anatomía, la Morfología, la Genética, La Patología, y naturalmente la Fisiología. A todas estas ramas de la Botánica tenemos que ponerles límites, con los que intentaremos determinar su parcela de estudio; sin embargo, esto no es tarea fácil, pues la división de cualquier ciencia en varias partes no deja de ser un artificio introducido por las limitaciones de la mente humana, que hacen que ésta solo pueda abarcar ciertos aspectos de lo que constituye un todo indivisible, en nuestro caso, la planta verde.

La Fisiología Vegetal abarca el estudio de algunos procesos que tienen lugar en las plantas, fundamentalmente desde el punto de vista funcional, aunque por las razones expuestas anteriormente no debe desecharse el estudio estructural de los lugares donde se realizan esos procesos.

Podríamos aproximar otra definición diciendo que es la parte de la botánica que estudia el PORQUÉ y el CÓMO de los fenómenos, en nuestro caso de los fenómenos vegetales. Por ej. ¿porqué los tallos crecen hacia arriba, porque la raíz crece hacia abajo?, ¿cómo toman las plantas el CO₂ y el H₂O?, ¿cómo entra y se desplaza el agua?, ¿cómo lo hacen los solutos?, ¿cómo crece la planta?, ¿cómo influyen las condiciones ambientales sobre el desarrollo?, etc. A todos estos interrogantes intenta dar respuesta la Fisiología Vegetal. Se estudian los mecanismos de cómo son trasladados los solutos orgánicos, estudia de que manera es utilizada la energía y su transformación, como se originan las diversas estructuras y como funcionan. El crecimiento, la diferenciación y el desarrollo.

Si nos detenemos a pensar en todas las preguntas que acabamos de hacernos, nos daremos cuenta que dedicándonos sólo a un campo de investigación aisladamente, pocas respuestas válidas vamos a obtener, ya que existe una estrecha relación entre ESTRUCTURA Y FUNCIÓN. Todo proceso fisiológico está condicionado por la anatomía del tejido, y por las características de las células que lo integran. Por otro lado sabemos que el crecimiento coordinado de la planta es un proceso fisiológico muy complejo.

Dentro del reino vegetal existe una gran diversidad de formas y estructuras a las que necesariamente corresponden diferencias en su fisiología. En general estas diferencias en las plantas verdes superiores son más de tipo cuantitativo que cualitativo, no sólo entre diferentes especies, sino entre variedades de una misma especie.

La Fisiología Vegetal como toda ciencia se basa en la premisa fundamental de que los fenómenos naturales resultan de la relación entre *causa y efecto*. Un suceso ocurre a causa de otros hechos anteriores que son las causas; que si se repiten bajo las mismas condiciones producirán los mismos resultados que son los efectos. Por medio *del método científico* se trata de establecer las leyes que rigen su actividad, su significación y las condiciones requeridas y comprende la observación, la experimentación y el examen crítico de la información obtenida.

CONCEPTO DE AGROECOSISTEMA.

Las plantas crecen y se multiplican pero a diferencia de los animales, hacen esto sin ir a la búsqueda de comida, y sin realizar ningún apareamiento visible. Aristóteles definió las plantas de esta forma hace más de 2000 años y aún sirve como definición aceptable de sus características externas. Las plantas constituyen el único medio que disponen los organismos vivos para sobrevivir, mediante su capacidad de aprovechar la energía de las radiaciones solares en el proceso de la fotosíntesis. Las plantas extraen grandes cantidades de carbono a partir del anhídrido carbónico del aire y lo incorporan a su organismo. Estos compuestos carbonados que integran el organismo vegetal se transforman en otros productos, que finalmente - a través de procesos de oxidación biológica- volverán de nuevo al aire en forma de anhídrido carbónico cerrándose así un ciclo dinámico que mantiene vivos a todos los seres sobre la faz de la tierra (Fig. 1.1. y 1.2.).

Las plantas pueden encontrarse bajo diferentes climas, desde las selvas tropicales hasta las tundras boreales, las algas de lagos, ríos y océanos, bajo gran número de formas y tamaños. Pero a pesar de la aparente diversidad, fundamentalmente los procesos mediante los cuales los vegetales viven y se desarrollan, son extraordinariamente uniformes y se aplican por igual a toda la extensa gama de las formas vegetales.

Las comunidades de organismos en la naturaleza están *estructural y funcionalmente interrelacionados* con su medio ambiente inanimado. Se denomina ECOSISTEMA o biogeocenosis a una parte limitada, en cierto modo unitaria, de la biósfera. H. Elleberg define el ECOSISTEMA como un sistema unitario de interrelaciones entre los seres vivos y su entorno inorgánico, que es capaz de autorregularse hasta un cierto tiempo.

ECOSISTEMA = comunidad de organismos + condiciones ambientales.

A las plantas les corresponde un papel de gran importancia: a través de la fotosíntesis son capaces de captar y de fijar energía de su entorno -radiación solar- y en su desarrollo alcanzan masas muy superiores a las del resto de los seres vivos; aproximadamente el 99 % de la masa total de los seres vivos (biomasa) sobre la tierra corresponde a la masa vegetal (fitomasa). La cubierta vegetal representa a través de este extraordinario desarrollo en masa un factor de estabilización en el ciclo de los elementos e influye decisivamente en el clima.

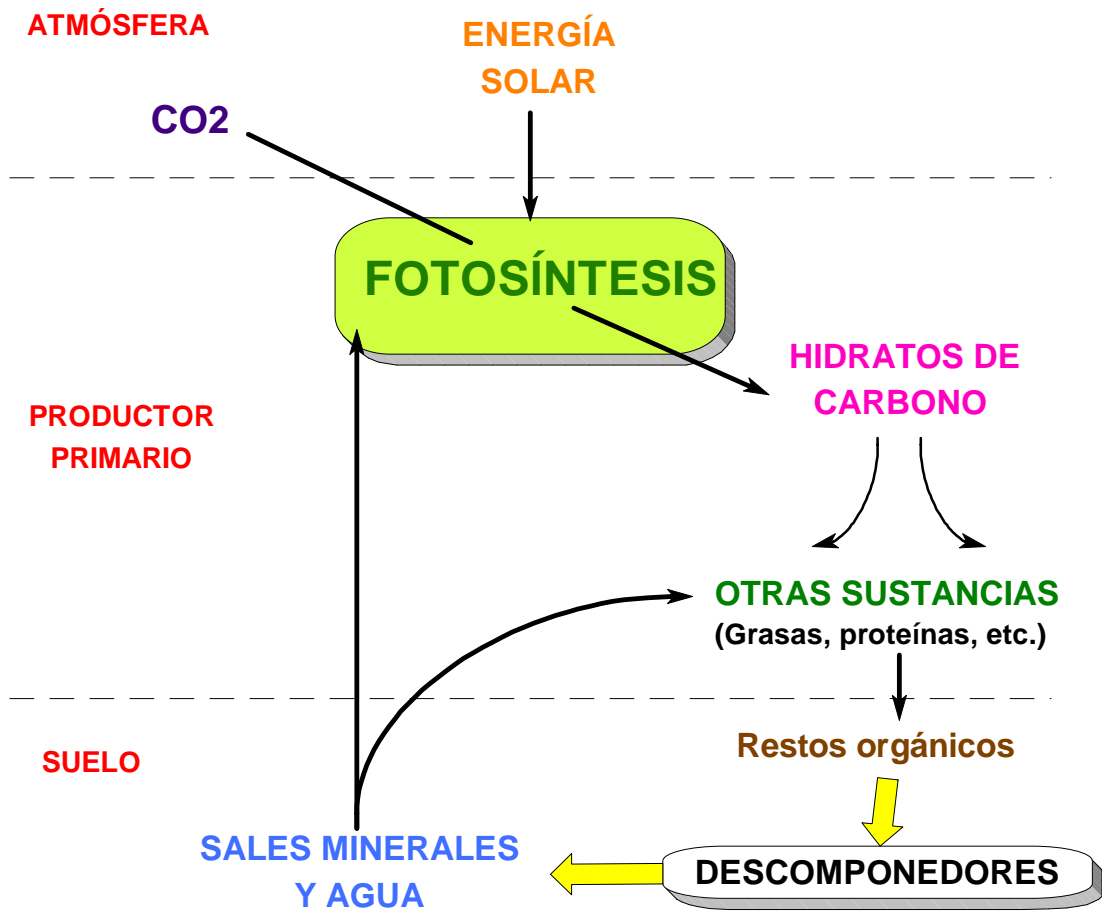


Figura 1.1. El proceso fotosintético y ciclado de elementos minerales.

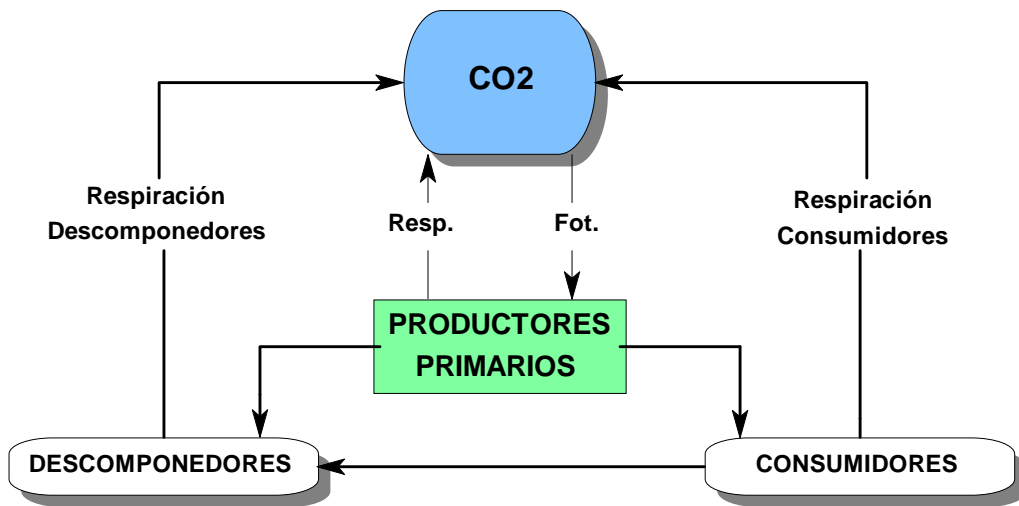


Fig. 1.2 Ciclo del carbono.

El ecosistema puede ser natural o modificado. El hombre maneja ecosistemas modificados y se los llama agroecosistemas, está dotado de dinamismo propio. El determinante de las características del ecosistema, es la relación entre la energía (E). Es

decir como fluye la E a partir de su incorporación por los productores primarios y los demás constituyentes de las cadenas tróficas.

PRODUCCIÓN AGROPECUARIA.

La producción o productividad de un cultivo anual se define como la interacción entre los organismos vegetales (Productores primarios), y los recursos de Energía (E) y de materia del ambiente. Se expresa en tres dimensiones (masa x área x tiempo):

$$p = \frac{M}{A \times T} \qquad \text{ej.} = \frac{qg}{ha \times \text{año}}$$

Los recursos de E. y Materia del ambiente (\hat{P}) se definen como la cantidad e intensidad con que es provista la E.; el CO₂ y O₂, el agua y los nutrientes, en ese ambiente a través del tiempo. En el ambiente tenemos una E. que tiene una intensidad de provisión y puede ser procesada con mayor o menor eficiencia por la planta. Ello dependerá de la eficiencia biológica (Eb) que es propia de cada vegetal y que está determinada genéticamente.

La PRODUCCIÓN (p) la definimos como el resultado o interacción de la Eb de la planta, con los recursos de E. y materia que brinda el medio.

$$p = Eb \times \hat{P}$$

La EFICIENCIA es la relación entre lo producido y lo producible.

$$e = \frac{p}{\hat{P}}$$

El límite de producción (lim p) se da cuando la Eb llega a un máximo, es la producción máxima lograble (Px).

$$\lim_{Eb \rightarrow \max \dots Ebx} p = Px = Ebx \times \hat{P}$$

A igualdad de recursos de E y materia del ambiente, a mayor Eb se obtendrá mayor producción.

La tecnología agropecuaria esta orientada a modificar la eficiencia del cultivo y los recursos del ambiente. En la Fig. 1.3. se representa la evolución histórica de la tecnología agropecuaria aplicada al aumento de producción vegetal.

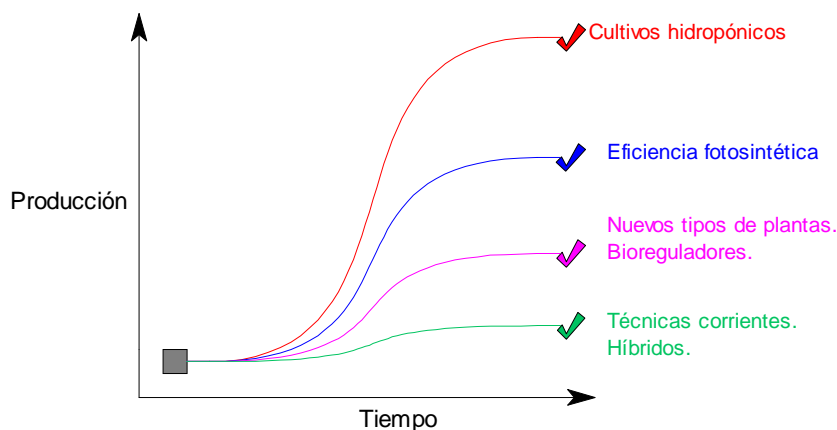


Figura 1.3.

La Producción Animal (pa) se define en función de la eficiencia animal (Ea) y la producción vegetal (p); es decir:

$$pa = Ea \times (p) \quad \text{ó} \quad pa = Ea \times (Eb \times \hat{p})$$

Ciencia Agropecuaria: Persigue la obtención del conocimiento y describe las interacciones mencionadas tal como ocurren en el tiempo y en el espacio. Se basa en la observación, la experimentación y el examen crítico de la información obtenida, es decir los principios del método científico.

Ingeniería Agronómica: Aplica los conocimientos –generados por la ciencia agropecuaria- y los pone al servicio de la humanidad. Es decir, el Ing. Agrónomo toma los conocimientos de la ciencia agropecuaria y los aplica en forma inteligente desarrollando tecnologías apropiables para el sector agropecuario.

FISIOLOGÍA VEGETAL Y AGRICULTURA.

La Fisiología Vegetal como tal es una disciplina cuyo objetivo es conocer el funcionamiento y desarrollo de los vegetales. También estudia la relación entre los factores del medio y la planta (ecofisiología).

El hombre depende para su subsistencia de la actividad de estos organismos, ya sea para su alimentación, vivienda, prendas y como fuente energética (leña, carbón, petróleo).

El conocimiento de las plantas y de su funcionamiento, adquiere cada vez mayor importancia para la humanidad. Las plantas verdes no sólo son la fuente última de todo alimento, sino que surten de materia prima a numerosas industrias. Todo esto hace que el hombre quiera obtener más y mejores productos, es decir que la agricultura cada vez está más en manos de especialistas, y éstos deben poseer un conocimiento de los procesos que tienen lugar en las plantas y también de los efectos del medio sobre estos procesos, es decir, se necesita una aplicación práctica de los principios de la Fisiología Vegetal.

Como bien lo define Sívori, la Fisiología Vegetal comprende conocimientos considerados “teóricos” y conocimientos de aplicación inmediata, y como tal ha sido llamada la “agricultura teórica”, ya que constituye la base de la actividad agronómica. *En la mayoría de los casos estudia los fenómenos que comprenden los fundamentos de la bioproducción.*

La aplicación de investigaciones fundamentales de Fisiología Vegetal han conducido a mejorar los métodos de propagación, de cultivo, recolección, así como de conservación de muchos productos vegetales. El control de plagas y enfermedades de las plantas ha contado con una gran ayuda en la Fisiología Vegetal. Por todo ello, cualquier avance que se logra en esta ciencia, directa o indirectamente contribuye a un avance en la agricultura.

La agricultura constituye una de las empresas económicas que ocupan mayor cantidad de mano de obra, consume más E que las demás empresas económicas y es la que produce la mayor cantidad de materia orgánica (fitomasa).

El estudio de la fisiología consiste en conocer mejor los procesos del crecimiento y desarrollo del vegetal. Ello se obtiene mediante la investigación básica que posteriormente es trasladada a la agricultura para atender uno de los aspectos más importantes que es el aumento de la población humana mundial.

Como agrónomos tenemos que ser ante todo ecólogos, no debemos olvidar que manejamos ecosistemas (agroecosistemas).

RELACIÓN CON OTRAS CIENCIAS.

Aún cuando guarda un vínculo muy íntimo con las ciencias biológicas de carácter descriptivo, la Fisiología Vegetal difiere de ellas en que se funda en las ciencias fisicoquímicas; en consecuencia, cuando analiza los fenómenos vitales y separa las reacciones de los procesos complejos, acude constantemente a la física y a la química y su progreso está enlazado estrechamente con el que experimentan las ciencias fisicoquímicas.

Está integrada a la Biología y su contenido oscila entre la Bioquímica y la Ecología, en tal forma que no se pueden establecer límites entre estas disciplinas. Si bien todo ser vivo depende del medio, en los vegetales esta dependencia es mayor y más directa, ya que el ambiente no sólo los nutre y constituye las condiciones que permiten su crecimiento, sino que también regula y determina en gran medida numerosos procesos y la morfogénesis general. Así las temperaturas y la longitud del día pueden determinar que una planta desarrolle sus órganos florales o permanezca vegetativa.

Como ocurre con casi todas las disciplinas científicas, su contenido no está claramente delimitado, y tanto en sus temas como en sus métodos de trabajo intervienen conocimientos de Química, Física, Meteorología, Genética, Citología, Morfología interna y externa, entre otras.

En las últimas décadas surgen con fuerza nuevos campos del conocimiento: la biología molecular y la biotecnología que se vinculan con las disciplinas enunciadas anteriormente, con la fisiología y con la productividad de los cultivos. La *Biología molecular* es aquella rama de las Ciencias Biológicas que intenta proporcionar una explicación de los fenómenos biológicos en términos de la interacción de moléculas y sus polímeros (Walbot, 1990). Las ciencias básicas de esta disciplina son la genética, la bioquímica y la fisicoquímica. En cuanto a la *biotecnología* existen varias definiciones con distintos enfoques:

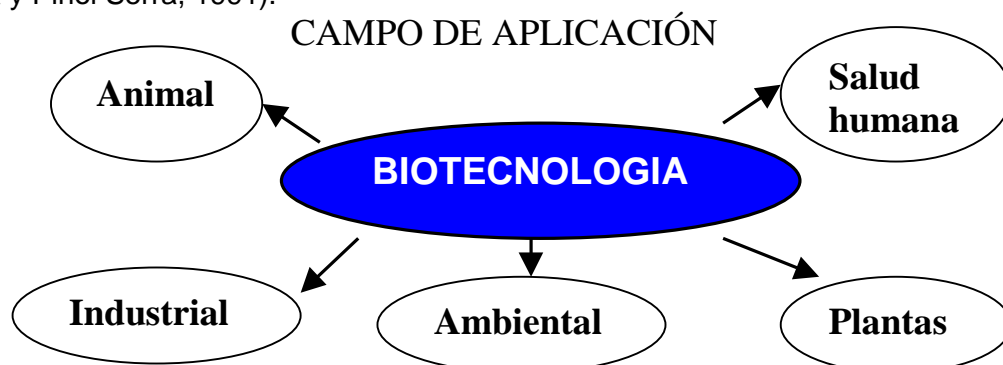
-Según la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico), como **biotecnología** se entiende "las aplicaciones de los principios de la ciencia y de la ingeniería al tratamiento de materias por los agentes biológicos en la producción de bienes y servicios"

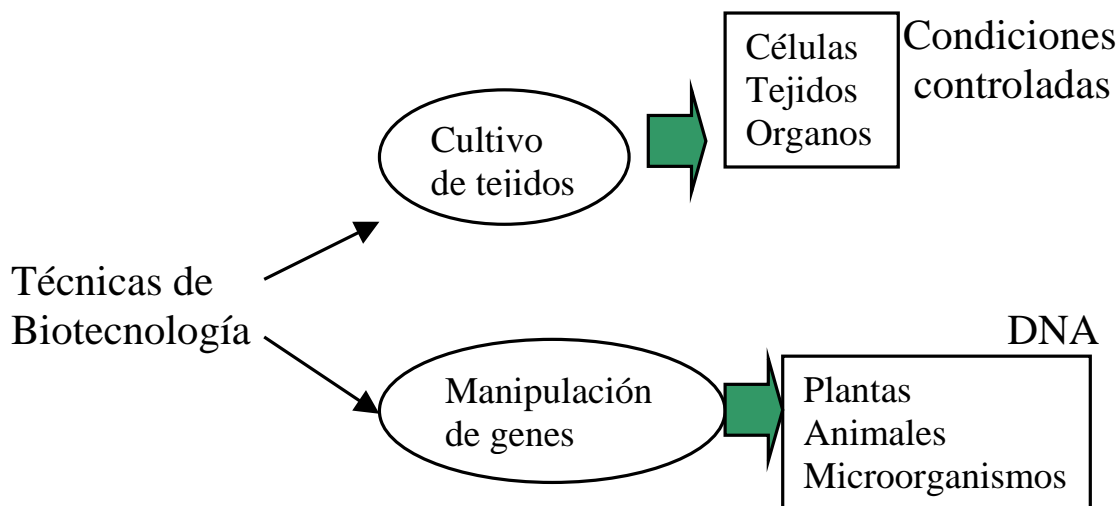
-Según el USDA (Departamento de Agricultura de los EEUU) la define como: "La aplicación de sistemas biológicos y organismos a los procesos técnicos e industriales" o bien "la utilización industrial de procesos biológicos".

-De acuerdo a varios autores, la **biotecnología vegetal** comprende "la aplicación de los fundamentos y técnicas del cultivo *in vitro* de material vegetal, de la biología molecular y la ingeniería genética -estrechamente interrelacionados- al conocimiento, mejora y productividad de las plantas en beneficio de la humanidad"

La **biotecnología vegetal** se puede proyectar al conocimiento e investigación de la biología de la célula y la planta, o bien a la obtención de material para la propagación y/o utilización con alguna finalidad industrial, como la producción de valiosos productos.

La biotecnología se caracteriza por su carácter de *ciencia aplicada* y se distingue de la ciencia por su objeto. Comúnmente, como ciencia se entiende la búsqueda de conocimiento a través de una tarea creativa y sistemática y como tecnología su aplicación. La **biotecnología** no es, *sensu stricto*, una ciencia más o menos definida, sino un cuerpo de conocimientos pluri -e interdisciplinarios- procedentes esencialmente de la **genética, fisiología, bioquímica, microbiología, biología molecular y tecnología del DNA recombinante** en el marco general de la biología, integrados para una finalidad (Serrano García y Piñol Serra, 1991).





Dentro del campo de estudio de la Fisiología Vegetal la técnica de cultivo de tejidos vegetales bajo condiciones controladas se viene aplicando desde hace varias décadas, lo cual ha permitido avanzar en el conocimiento de los procesos fisiológicos de células, tejidos y órganos.

UBICACIÓN DE LA ASIGNATURA EN EL CONTEXTO CURRICULAR.

Por lo expuesto esta asignatura constituye un pilar básico dentro de la currícula de la carrera de ingeniero agrónomo. Se inserta en el tercer año dentro del Ciclo Básico Agronómico (Plan 2002). Se considera que su ubicación en el plan de estudios es correcta ya que el alumno ya ha cursado asignaturas como Física, Química Orgánica y Biológica, Biología, Climatología y Fenología Agrícola y Botánica Morfológica, necesarias para lograr una comprensión cabal de la Fisiología Vegetal. A su vez, el alumno que aprueba la asignatura está preparado para aplicar críticamente sus conocimientos en las materias del área de producción vegetal que se dictan a partir del 4to. año de la carrera.

Los alumnos pueden consultar sobre el plan de estudios vigente y correlatividades en la pagina Web de la Facultad: <http://www.fca.uner.edu.ar> académicas / ingeniería agronómica / plan de estudios. De igual forma encontrarán información adicional sobre las **actividades de la cátedra** en el link interno académicas / departamentos y espacios curriculares / paginas de cátedra / Fisiología Vegetal.

BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Barcelo Coll, J.; Rodrigo, N.G.; Sabater García, B.; Sánchez Tamés, T. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Pirámide. Madrid.
- Ferradas. 1978. Ecología, hoy. Ed. Teide. Colección hay que saber.
- Font Quer. 1970. Diccionario de botánica. Ed. Labor.
- Larcher, W. 1977. Ecofisiología Vegetal. Omega. 305 pp.
- Maximov, N. A. 1952. Fisiología Vegetal. ACME Agency. Bs. As.
- Nakayama, F. 1971. Revisiones apuntes del curso de Fisiología Vegetal.
- Serrano García, M.; Piñol Serra, M.T. 1991. Biotecnología Vegetal. Ed. Síntesis, Madrid. Serie Ciencias de la Vida 11. 285 p.
- Sívori, E. 1977. Charla sobre uso de fertilizantes en Argentina. Congreso sobre nutrición mineral y fertilizantes. La Plata. Rep. Arg.
- Sívori, E.; Montaldi, E. y O.H. Caso. 1980. Fisiología Vegetal. Hemisferio Sur. Buenos Aires.
- Wlavot, V. 1990. La biología molecular de las plantas superiores (p. 299-333). En: Carlson, P.S. (Compilador) Biología de la productividad de los cultivos.