

# Especies de plantas de valor científico específico

## Scientific-specific value plant species

Francisco Fontúrbel R.

[fonturbel@mbotanica.zzn.com](mailto:fonturbel@mbotanica.zzn.com)

### Resumen

La botánica económica considera en valor de las especies bajo diferentes parámetros. Uno de los parámetros menos considerados en esta valoración es el valor científico específico de muchas especies, que se usan para diferentes fines en la investigación biológica, en toda su magnitud y variedad de disciplinas. *Arabidopsis thaliana* es el ejemplo más representativo porque a pesar de ser una planta sin utilidad alimenticia, medicinal o industrial, ha sido ampliamente utilizada para toda clase de estudios fisiológicos, genéticos y moleculares. Como esta, existen muchas otras especies útiles en la investigación científica y el desarrollo de tecnologías, a las que se debería reconocer un valor científico específico.

### Abstract

Economic botany considers may valuable species under different parameters. One of these less considerate-parameters is the scientific value of many species, useful to wide-biologic research and their variety of disciplines. *Arabidopsis thaliana* is the most representative example of this matter, although this plant can't be used as food, drug or as industrial source, has been widely used for a kind of researches in plant physiology, genetics and molecular biology. As *A. thaliana* they are many other valuable useful species to R+D of technologies, which must have a proper specific scientific value given.

**Palabras clave:** especies económicas, valor científico específico, investigación científica.

---

### Introducción

Usualmente se consideran como especies de plantas de valor, aquellas que permiten obtener un rédito económico en la vida diaria del ser humano, siendo éstas directa o indirectamente relacionadas con los usos alimenticios, medicinales o industriales que se les pueda dar.

Sin embargo, también deberían considerarse dentro de la botánica económica a las plantas de valor científico específico, puesto que muchas de estas especies que no tienen un uso como alimento, medicina o para fines industriales, pueden resultar sumamente útiles para una serie de estudios científicos en una amplia gama de disciplinas –que van desde la ecología hasta la descripción de modelos moleculares–, propiciando de esta manera un buen desarrollo de la investigación científica.

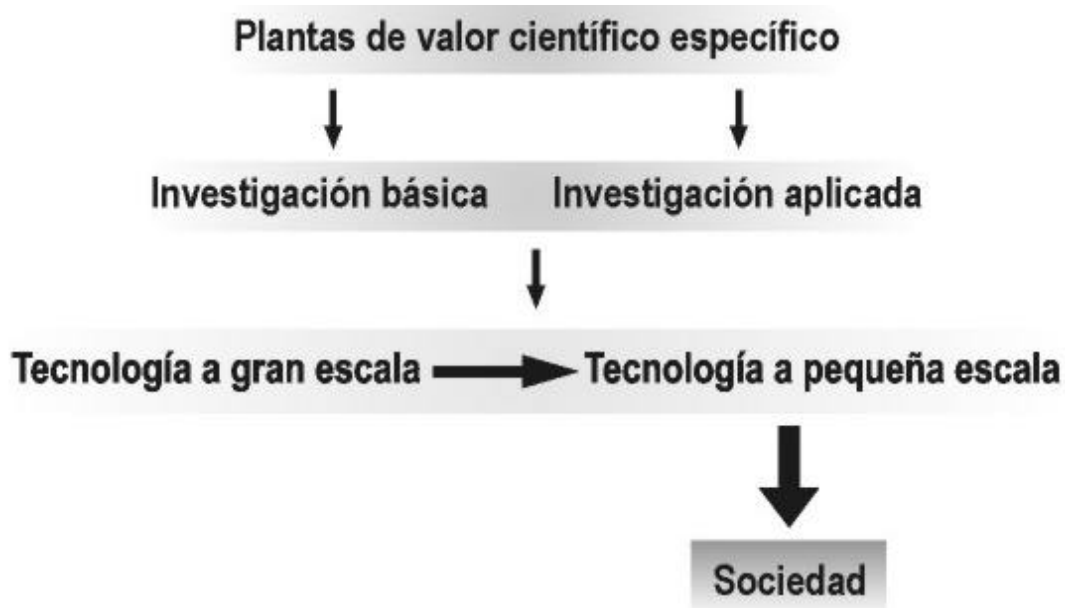
Muchas especies de valor científico específico son poco conocidas al no ser útiles para otros fines, sin embargo es necesario reconocer la importancia que tienen en la investigación y el desarrollo tecnológico, ya que pueden ser usadas como indicadores ecológicos y de perturbación ambiental, como modelos de expresión genética y dinámica molecular, como fuentes de reactivos, o incluso las plantas genéticamente modificadas (plantas transgénicas) son útiles para este tipo de estudios.

En la presente revisión se pretende dar un enfoque sintético a los diferentes usos y posibilidades de las plantas de valor científico específico, dando algunos ejemplos concretos para los casos de estudio tratados a continuación.

## Las plantas sin fines alimenticios o industriales también son útiles

Usualmente la botánica económica considera aquellas especies de plantas que se encuentran clasificadas como alimenticias, brebaje, estimulantes, medicinales o industriales, de acuerdo a los aportes de las mismas a la vida cotidiana. Sin embargo, existe un grupo de plantas que también posee un cierto valor económico, el cual muchas veces no es considerado: las plantas de valor científico específico.

La investigación científica, tanto básica como aplicada, es la base del desarrollo de nuevas tecnologías que permiten mejorar la calidad de vida del ser humano, y desde este punto de vista, los proyectos de investigación científica benefician a la colectividad de la sociedad, y no sólo a un reducido grupo de científicos (Fig. 1). Investigaciones que pueden parecer interesantes sólo para el investigador, como por ejemplo un estudio de fisiología del desarrollo de las plantas, pueden ser empleadas para mejorar el rendimiento de los cultivos de los cuales depende la seguridad alimenticia de una nación.



**Fig. 1:** Proceso de relación de las plantas de valor científico específico con la sociedad.

El valor económico que se puede asignar a las especies de interés científico específico –a diferencia de las demás categorías– es un valor indirecto, porque la mayoría de las veces no se utilizan directamente las plantas o parte de ellas para los fines de aplicación mayor, sino que son parte del proceso de generación de estos procesos.

También deberían considerarse aquellas plantas de cultivo que actualmente están subutilizadas o tienen un uso científico neto, ya que también podrían tener potencialidades alimenticias (Izquierdo & Roca 1997), y de esta manera emplear la investigación científica como un nexo con la parte social.

Existen especies como *Arabidopsis thaliana* (Fig. 2) que se han utilizado muy ampliamente por la simpleza de su genoma (Smith & Wood 1997) y la plasticidad que tiene para estudios fisiológicos (Azcón-Bieto & Talón 1993). Estas especies constituyen buenos modelos de estudio para una serie de disciplinas biológicas.



Fig. 2: *Arabidopsis thaliana* (tomado de Smith & Wood 1997).

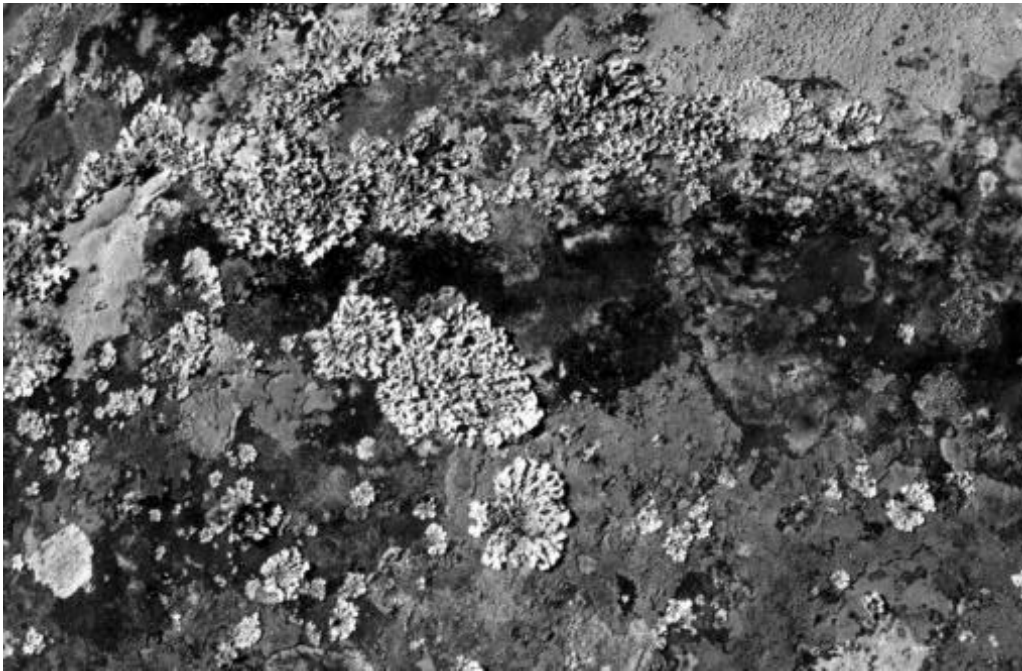
### Plantas indicadoras

El empleo de especies vegetales como indicadores ambientales se viene dando desde hace varias décadas. Puesto que ciertos grupos de plantas responden de una determinada manera a las perturbaciones, pueden ser usadas para evidenciar y monitorear los procesos de la biosfera.

Las plantas  $C_3$ ,  $C_4$  y CAM son buenos indicadores de calentamiento y efecto invernadero (Achá & Fontúrbel 2000). Una mayor presencia de plantas  $C_4$  indicará que las temperaturas y la concentración de  $CO_2$  en el ambiente están aumentando, mientras que una mayor presencia de plantas CAM indicará falta de agua, y en casos más extremos, procesos de desertificación (Fontúrbel 2001). Las plantas CAM características como las bromeliáceas se encuentran ampliamente dispersas en todo tipo de ambientes, pero no necesariamente implica una perturbación ambiental, porque la mayoría de las plantas CAM pueden alternar con fotosíntesis tipo  $C_3$ .

Hirano et al. (1996) plantean que las plantas de poroto (*Phaseolus vulgaris*) tienen un gran potencial como indicador de cambios microclimáticos, principalmente influenciados por la estacionalidad.

Los líquenes (Fig. 3) destacan en este grupo por ser excelentes indicadores de contaminación por la capacidad que tienen de acumular grandes cantidades de químicos letales (como por ejemplo metales pesados) y retenerlas indefinidamente (Madigan et al. 1999). Anze (1996) plantea que los líquenes son especialmente útiles para realizar monitoreos de la contaminación del aire por sustancias como el  $SO_2$ , el  $NO_2$ , el HF, el  $O_3$ , el PAN (peroxiacetilnitrato), los metales pesados o algunos gases tóxicos. Los efectos de la contaminación por estas sustancias pueden verse en las características morfológicas de los líquenes (Anze 1996).



**Fig. 3:** Líquenes creciendo sobre rocas.

Si se toma en cuenta el papel ecológico que cumplen las especies vegetales, se podrá identificar fácilmente aquellas especies útiles como plantas indicadoras, ya que éstas se ven fuertemente afectadas por las perturbaciones repercutiendo en su abundancia o en sus características exteriores, por ejemplo, la presencia de *Nicotiana glauca* en el valle de La Paz demuestra poca intervención.

### **Especies útiles en procesos productivos de reactivos**

Muchas plantas tienen un gran potencial extractivo en el campo de los reactivos útiles para la investigación científica. Fernández (1999) cita algunos de los principales productos que se pueden obtener de las plantas:

- Insecticidas
- Enzimas
- Inhibidores de enzimas
- Proteínas
- Planticuerpos (inmunoglobulinas gamma y kappa producidas en plantas)

El campo más amplio de estos productos es el de las enzimas, que comprende todo tipo de catalizadores biológicos que van desde proteasas hasta DNA-polimerasas. Una mayor producción de estas sustancias puede obtenerse por selección artificial, selección masal e intervención genética.

La tecnología de producción de anticuerpos recombinantes en plantas (o planticuerpos) es uno de los mayores avances de la biotecnología moderna (Fontúrbel en prensa). Mediante el aislamiento de genes específicos en mamíferos, se pueden obtener grandes cantidades de anticuerpos monoclonales en las plantas, los cuales sirven para la investigación en virología y para la detección de muchas enfermedades virales por medio de métodos inmunológicos como la prueba ELISA (Cann 1997).

Las plantas de tabaco (*Nicotiana tabacum*), petunia (*Petunia spp.*), zanahoria (*Daucus carota*), *Arabidopsis thaliana* y *Corydalis sempervirens* son fuente primaria de metabolitos como la achicoria

(Fernández 1999), que es un aditivo principal para los alimentos procesados ya que favorece la asimilación de nutrientes en el organismo. Otro metabolito importante extraído de las plantas es el manitol, un azúcar alcohólica que se usa en la industria de alimentos, en la industria farmacéutica y ampliamente en la química analítica y la microbiología, puesto que es un buen regulador osmótico neutro.

### **Plantas útiles en la investigación genética**

Si bien las moscas de la fruta (*Drosophila melanogaster*) siguen siendo el modelo genético más empleado en el mundo, existen dos especies vegetales por excelencia para este fin: *Arabidopsis thaliana* y *Neurospora crassa* (Smith & Wood 1997), aunque no son las únicas que se emplean para este fin.

Se han escogido estas especies como modelo genético porque poseen un genoma simple y compacto en comparación a especies comerciales como la papa (*Solanum tuberosum*) o el maíz (*Zea mays*) (Smith & Wood 1997). Esta simpleza hace que los resultados obtenidos sean fáciles de interpretar y permitan comprender más a fondo los procesos de la dinámica molecular en plantas.

El hongo *Neurospora crassa* es utilizado como modelo de entrecruzamiento genético y ha sido la pauta inicial para la construcción de los mapas de ligamiento, además de explicar la influencia de la temperatura y la regulación de la expresión génica (Klug & Cummings 1999). También se empleó el lirio (*Lilium sp.*) para estudiar el entrecruzamiento genético (Klug & Cummings 1999).

Otra especie importante en este campo es *Nicotiana tabacum* (la planta del tabaco) que fue usada inicialmente para el estudio de los circuitos de regulación y expresión genética (Madigan et al. 1999) mediante la construcción de una planta transgénica que expresaba el gen de la luciferasa (enzima que produce la luminiscencia en las luciérnagas), y la respuesta luminosa de la planta permitió dilucidar muchos mecanismos de interacción entre genes que no se conocían antes (Fig. 4). También fue un modelo principal para el desarrollo de las técnicas de ingeniería genética, y es considerada como un buen modelo evolutivo en plantas (Klug & Cummings 1999).



**Fig. 4:** *Nicotiana tabacum* transgénica expresando el gen de la luciferasa (tomado de Madigan et al. 1999).

*N. tabacum* también se empleó para la expresión de proteínas víricas como la P24 del virus X de la papa y la generación de plantas resistentes a virus mosaico (Ares et al. 1998). Otra especie cercana a *N. tabacum* es *N. longiflora* que se usó ampliamente como modelo de genética mendeliana.

La especie modelo por excelencia para el estudio genético sigue siendo *Arabidopsis thaliana*, actualmente se ha secuenciado todo el genoma de esta especie y se tienen amplio conocimiento de su sistema de regulación génica. Esta planta se ha usado para expresar un sin fin de proteínas y agentes como por ejemplo la proteína VP1 del virus FMDV (Carrillo et al. 1998). Como este hay cientos de casos, algunos de ellos se verán a detalle más adelante.

### **Plantas útiles en la investigación en fisiología vegetal**

La fisiología vegetal es uno de los campos de investigación científica más relacionados con las ciencias agronómicas puesto que los resultados obtenidos permiten mejorar los cultivos y la producción.

La mayor parte de los estudios realizados en fisiología vegetal se han hecho sobre *Arabidopsis thaliana* por su plasticidad y facilidad de uso para múltiples pruebas. Con esta especie se han realizado estudios de adaptación a la variación de las condiciones de luz (Peart 2000), modelos de crecimiento, de efecto de los reguladores de crecimiento y de efectos de transición floral entre otros (Azcón-Bieto & Talón 1993). A continuación se detallan los principales estudios en el campo de la fisiología vegetal descritos por Azcón-Bieto & Talón (1993), donde es evidente la predominancia de *A. thaliana* pero también se mencionan otras especies con y sin importancia económica en otras ramas:

- *Lemna sp.* (lenteja de agua) y *A. thaliana* fueron usadas como modelos para explicar la ruta del AIA en plantas superiores.
- *A. thaliana* se usó como modelo de mutantes biosintéticos a nivel de las giberelinas para explicar los efectos de la desproporción de este regulador de crecimiento.
- Se emplearon mutantes de *A. thaliana* para explicar los mecanismos de latencia y germinación de las semillas.
- *A. thaliana* sirvió como modelo para la caracterización y *Cucurbita sp.* como modelo de la síntesis del fitocromo.
- *A. thaliana* se empleó como modelo para explicar la genética de la transición floral.
- *Ecballium elaterium* (pepinillo del diablo) y *Coleus sp.* se emplearon como modelo para explicar la absorción de nutrientes.
- *N. Tabacum*, *A. thaliana*, *Zea mays* y *Brassica sp.* se emplearon para explicar los mecanismos de autoincompatibilidad por falta de polinización cruzada (autopolinización).
- *Antirrhinum majus* se empleó para describir el control genético de la floración y una variedad híbrida de *Petunia sp.* se empleó para explicar la síntesis de antocianinas.
- *Nerium olander* (adelfa), *Atriplex sabulosa* y *Fidestromia oblongifolia* se utilizaron para entender la adaptación de las plantas a las variaciones de temperatura. *A. thaliana* se empleó para explicar los efectos del congelamiento.
- *Populus balsamifera* se empleó como modelo para explicar la relación de la temperatura con el estrés hídrico.

Obviamente esta es una breve lista que no pretende englobar en macro la investigación científica en fisiología vegetal, puesto que es un campo muy amplio, pero constituye una buena muestra de las potencialidades de muchas especies para este propósito.

## **Plantas útiles en el estudio de las asociaciones biológicas y microbiológicas**

Las asociaciones que mantienen las plantas con otras plantas y con las demás formas de vida –macro y micro– forman un complejo de relaciones ecológicas del cual depende la estabilidad de los ecosistemas. Muchas veces las crisis de los ecosistemas intervenidos y los ecosistemas cultivados se dan por la ruptura de estas asociaciones, fenómenos que la mayoría de las veces no se toman en cuenta porque no se conocen.

Es por ello que muchos investigadores se han abocado a estudiar estas asociaciones y su efecto, a fin de darle una mayor comprensión a los procesos de asociación. Latour y colaboradores (1996) estudió la asociación existente en plantas de lino (*Linum usitatissimum*) y tomate (*Lycopersicon esculentum*) las asociaciones existentes a nivel de las raíces, con poblaciones de *Pseudomonas* fluorescentes. O’Callaghan y colaboradores (2000) usaron plantas de *Brassica napus* para estudiar el efecto de los glucosinatos y los flavonoides en la colonización de *Azorhizobium caulinodans* OR1571 en las raíces para mejorar la absorción de nutrientes del suelo, la misma prueba se realizó con *Arabidopsis thaliana*.

Uno de los ejemplos más interesantes en este campo es la investigación conducida por Requena y colaboradores (2001). Los investigadores estudiaron la relación que tienen las plantas *Anthyllis cytisoides* y *Lavanda multifida* con hongos y bacterias simbiotes con el fin de restaurar los suelos desertificados del Mediterráneo. Estos estudios mostraron que las especies nativas tienen mejores resultados en estos procesos, que otras especies introducidas, ya que las primeras está más asociadas al tipo de suelo.

## **Plantas transgénicas e investigación**

Muchas veces las plantas en estado silvestre no son capaces de expresar ciertas características y es necesario construir plantas transgénicas para muchos de los estudios científicos a realizarse.

Si bien los circuitos de regulación génica son mucho más simples en plantas que en animales, algunas veces es necesario introducir en la planta otros genes que sirvan como marcadores de los procesos moleculares que ocurren. Un buen ejemplo de ello es la planta transgénica de tabaco que expresa el gen de la luciferasa (el caso puntual se describió anteriormente), en este caso hubiese sido imposible conseguir estos resultados sin la intervención de la ingeniería genética.

La mayoría de las veces se construyen plantas transgénicas para la producción de proteínas ajenas al genoma de la planta, el caso más conocido es la producción de proteínas víricas para generar inmunidad (Ares et al. 1998, Carrillo et al. 1998).

Las plantas transgénicas también sirven para inducir la producción de un determinado reactivo (Fernández 1999) como ser enzimas o anticuerpos monoclonales, cuyos genes –obviamente– no se encuentran en el genoma celular ni extracelular de la planta. Una de las principales aplicaciones en este campo es a producción de vacunas para la Hepatitis B en las hojas de tabaco y espinacas (Fontúrbel en prensa).

## **Plantas que permiten desarrollar modelos de protección contra enfermedades virales**

Las enfermedades virales afectan a las plantas produciéndoles diversos problemas y en muchos casos produciéndoles la muerte (Cann 1997). Estas enfermedades ocasionan grandes pérdidas en los cultivos y por ello se ha buscado la manera de combatirlas.

Las técnicas de cultivo de tejidos *in vitro* ha conseguido la obtención de plantas libres de virus por microinjertación, pero esto no protege a las plantas de infectarse y desarrollar el virus.

Es por ello que la ingeniería genética moderna ha logrado la expresión de proteínas víricas en las plantas a fin de conferirles inmunidad. Carrillo y colaboradores (1998) consiguieron que plantas de *A. thaliana* expresaran la proteína VP1 del virus FMDV y observaron que la planta adquiría cierto grado de inmunidad ante el agente viral. Esto se debe a que las proteínas VP (proteínas de la cápside del virus) son las que interaccionan con las membranas celulares para propiciar la entrada de las partículas virales, y para cuando el virus llegó a la planta, todos los receptores virales estaban bloqueados con la proteína VP1, la cual no produce efectos nocivos aparentes sobre la planta.

De igual manera, Ares y colaboradores (1998) consiguieron que la expresión de la proteína p24 del virus X de la papa, hiciera que plantas de *N. tabacum* sean resistentes al virus del mosaico y al Tobamovirus Ob, por ser homólogos en inserción al sitio diana de la p24 (Fig. 5).



**Fig. 5:** Fenotipos de las plantas (A) con resistencia a los virus y (B) sin resistencia (tomado de Ares et al. 1998).

Rubio y colaboradores (1999) lograron generar una protección de amplio espectro contra el virus TBSV (*tomato bushy stunt virus*) por medio de la producción de secuencias de DNA de interferencia, que también funcionó para otros virus, ya que la secuencias complementarias generadas se encargan de hibridar con los ácidos nucleicos del virus y detener su síntesis.

Las posibilidades en este campo son muy amplias y prometen salvar a muchos cultivos de infecciones virales, pero la polémica sobre la seguridad del consumo de plantas genéticamente modificadas para generar resistencia viral sigue en tela de discusión.

### **Conclusiones**

Además de las especies de valor económico que normalmente se consideran, deberían considerarse las especies de valor científico específico, ya que si bien en la mayoría de los casos no tienen un uso directo, los estudios que se realizan en ellas sirven para favorecer a muchas de las tareas y procesos de la vida cotidiana y benefician directa e indirectamente a miles de personas.

Muchas de estas especies, como *Arabidopsis thaliana* o *Nicotiana tabacum* son tan ampliamente utilizadas que se les debe reconocer un valor científico, ya que gracias a los beneficios que aportan a la investigación científica hoy en día gozamos de beneficios tales como la terapia génica o los cultivos libres de virus.

De acuerdo con Izquierdo & Roca (1997) muchas de estas plantas usadas en la investigación científica también pueden tener potencial como especies alimenticias, medicinales o industriales, y es la investigación científica que se realiza con ellas la que se encargará de revelar dichas potencialidades y que dejen de ser especies no utilizadas o subutilizadas cuando pueden proporcionar un mayor beneficio.

## Referencias

- Achá, D. & F. Fontúrbel. 2000. *Las plantas C3, C4 y CAM*. Revista Estudiantil de Biología, **1** (1): 28–33.
- Anze, R. 1996. *Líquenes del Valle de La Paz como bioindicadores de contaminación atmosférica*. Ecología en Bolivia, **28**: 65–80.
- Ares, X. G. Calamante, S. Cabral, J. Lodge, P. Hemenway, R. Beachy & A. Mentaberry. 1998. *Transgenic plants expressing potato virus X ORF2 protein (p24) are resistant to tobacco mosaic virus and Ob tobamoviruses*. Journal of virology, **72** (1): 731–738.
- Azcón-Bieto, J. & M. Talón. 1993. *Fisiología y bioquímica vegetal*. Editorial Interamericana • McGraw-Hill, Madrid, pp 291, 309, 334–335, 397–398, 436–437, 489, 493–494, 539–540.
- Cann, A.J. 1997. *Principles of molecular virology*. 2ª edición, Editorial Academic Press, Londres, pp 163–166.
- Carillo, C., A. Wigdorovitz, C. Oliveros, P. Zamorano, A. Sadir, N. Gómez, J. Salinas, J. Escribano & M. Borca. 1998. *Protective immune response to foot-and-mouth disease virus with VP1 expressed in transgenic plants*. Journal o Virology, Feb: 1688–1690.
- Fernández, J. A. 1999. *Ingeniería genética en plantas*. Sociedad Española de Genética, N° ref.: 1960, <http://www.biotechknowledge.com/showlib.php3?uid=1960&country=spain>
- Fontúrbel, F. 2001. *Fotosíntesis CAM*. Revista de Biología.org, **4**, <http://www.biologia.org/revista/numero4/cam.html>
- Fontúrbel, F. en prensa. *La tecnología de DNA recombinante: principios y aplicaciones*. Revista Estudiantil de Biología, La Paz.
- Hirano, S., S. Baker & C. Upper. 1996. *Raindrop momentum triggers growth of leaf-associated populations of Pseudomonas syringae on field-grown snap bean plants*. Applied and environmental microbiology, **62** (7): 2560–2566.
- Izquierdo, J. & W. Roca. 1997. *Under-utilized Andean food crops: status and prospects o plant biotechnology for the conservation and sustainable agricultural use of genetic resources*. FAO, Santiago, 17p.
- Klug, W. & M. Cummings. 1999. *Conceptos de genética*. 5ª edición, Editorial Prentice Hall, Madrid, pp 101, 141–143, 192, 204–206, 386, 725.
- Latour, X., T. Corberand, G. Laguerre, F. Allard & P. Lemanceau. 1996. *The composition of fluorescent pseudomonad populations associated with roots is influenced by plant and soil type*. Applied and environmental microbiology, **62** (7): 2449–2456.

Madigan, M., J. Martinko & J. Parker. 1999. *Brock: Biología de los microorganismos*. 8ª edición, Editorial Prentice Hall, Madrid, pp 589–590, 594–596.

O’Callaghan, K., P. Stone, X. Hu, W. Griffiths, M. Davey & E. Cocking. 2000. *Effects of glucosinates and flavonoids on colonization of the roots of Brassica napus by Azorhizobium caulinodans ORS571*. Applied and environmental microbiology, **66** (5): 2185–2191.

Peart, K. 2000. *Yale study pinpoints how plants adjust to grow in various lighting conditions*. Office of public affairs at Yale, <http://www.yale.edu/opa/newsr/00-05-24-01.all.html>

Requena, N., E. Perez–Soliz, C. Azcón–Aguilar, P. Jeffries & J. Barea. 2001. *Management of indigenous plant–microbe symbioses aids restoration of desertified ecosystems*. Applied and environmental microbiology, **67** (2): 495–498.

Rubio, T., M. Borja, H. Scholthof, P. Feldstein, J. Morris & A. Jackson. 1999. *Broad–spectrum protection against tobamoviruses elicited by defective interfering RNAs in transgenic plants*. Journal of virology, **73** (6): 5070–5078.

Smith, C. & E. Wood. 1997. *Biología celular*. Editorial Addison–Wesley Iberoamericana, EUA, pp 332–333.

### **Agradecimientos**

Al Dr. Abul Kalam por sus valiosos comentarios al manuscrito.