



Efraín J. Moreno

13

Crecimiento y desarrollo de plantas

Antes de comenzar a leer, te invitamos a hacer una actividad muy sencilla: pasa un papelito a cada uno de los miembros de tu familia (los que viven contigo) y diles que te escriban una lista de cinco seres vivos. Esa es la única instrucción que les darás. Recoge las listas y observa las veces que colocaron el nombre de una planta en ellas y el puesto asignado en la lista. Es casi seguro que en las listas habrá muchos animales y con menor frecuencia, plantas. Estos resultados seguramente te harán reflexionar acerca de la importancia que la gente concede a las plantas, con respecto a los demás seres. ¿Por qué ocurre esto? ¿Acaso las plantas no son seres vivos?

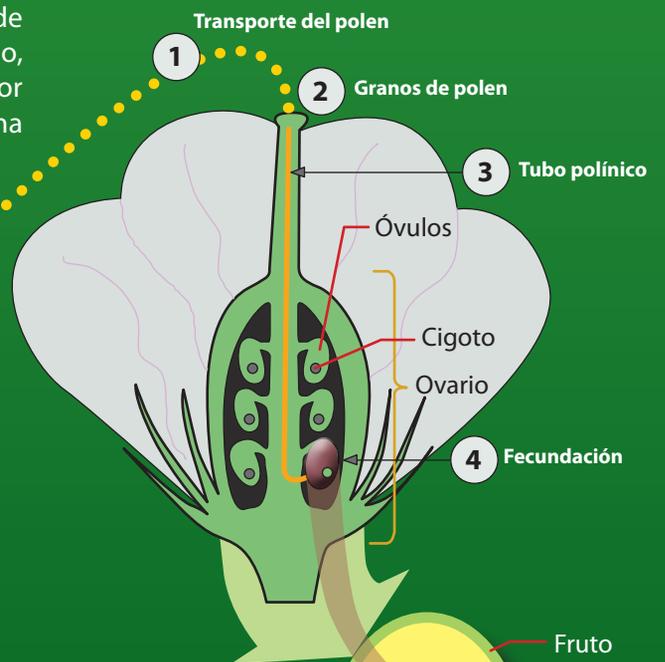
Efectivamente, las plantas son seres vivos y esto se muestra de diversas formas: ellas nacen, crecen, se desarrollan y responden a variados estímulos. De todo esto trataremos en este capítulo, aunque de manera muy resumida.

Nace una nueva planta

Muchas plantas nacen a partir de semillas que hemos sembrado en el suelo o que de manera espontánea caen de la planta madre, como sucede por ejemplo en malezas o en el monte, en general **A**. Otras plantas nacen a partir de estacas (yuca) **B**, tubérculos (papa), bulbos (ajo) **C** y retoños (plátano) **D**. Cuando una planta se reproduce por alguna de estas cuatro formas, se dice que lo hace de manera asexual o vegetativa.

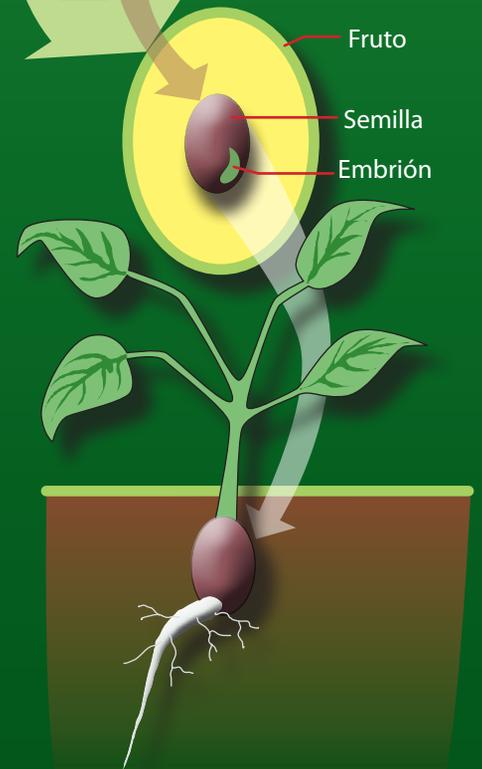


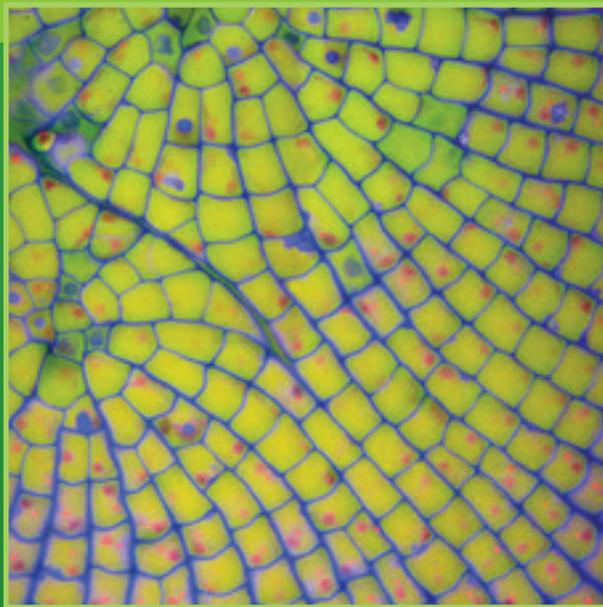
Cuando una planta se reproduce por semillas decimos que lo hace de manera sexual; lo cual ocurre más o menos así: dentro de un óvulo, contenido en el ovario de una flor, un gameto masculino llevado por un grano de polen, fecunda a un gameto femenino formando una célula huevo o cigoto.



Este «simple acontecimiento» genera una multitud de cambios, entre los cuales los más importantes son: el ovario se convierte en fruto, el óvulo en semilla y el cigoto se transforma en el embrión de esa semilla. Se ha formado un nuevo individuo, pero este aún no ha nacido; todavía falta que la semilla germine; es decir, que su cobertura se rompa y por allí emerja «tímidamente» la futura raíz y luego un frágil talluelo, que será, poco tiempo después, la parte aérea de la planta.

La germinación de una semilla es influenciada por diversos factores tanto externos como internos. En primer lugar, la semilla debe tomar suficiente agua (imbibición), debe haber una temperatura apropiada, un rango particular de horas de luz solar y un suministro adecuado de oxígeno. Por otra parte, el embrión debe estar vivo y maduro, la cobertura de la semilla debe estar lo suficientemente debilitada para que el embrión, al aumentar de tamaño, pueda romperla, atravesarla y salir: a crecer y desarrollarse.





Crecimiento y desarrollo en el nivel micro

Para que una planta crezca y se desarrolle, deben ocurrir algunos eventos a nivel celular. Sus células tienen que dividirse, lo que explica cómo de una sola célula (el huevo fecundado) se producen los millones de células que conforman, por lo común, el cuerpo de un organismo adulto. Pero no todas las células se dividen, ni este crecimiento tiene lugar en todo el cuerpo de la planta; más bien, la división celular está restringida a las partes jóvenes del vegetal. Asimismo, las células jóvenes deben alargarse para poder dividirse y mantener su mismo tamaño. Por otra parte, muchas células maduras, por ejemplo en el tallo y en la raíz, se alargan permanentemente y ya no se dividen más (alargamiento celular).

Cambiar para diferenciarse

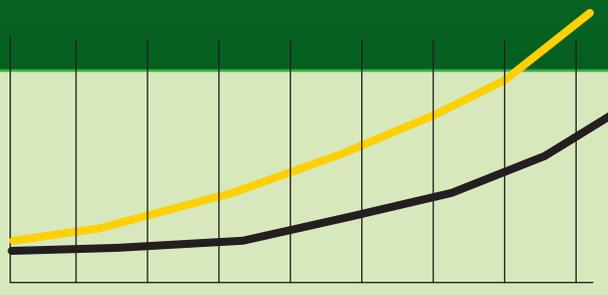
Cuando decimos que un organismo se está desarrollando es porque está cambiando, no solo de tamaño sino de aspecto general. Nosotros observamos a simple vista como una planta crece y se desarrolla; pero esto ocurre porque sus células se dividen, se alargan y se diferencian. El proceso de diferenciación celular describe la gran variedad de cambios, de forma y función, que sufren las células para integrar los distintos tejidos y órganos de los que está formada la planta.



¿Cómo medimos el crecimiento de una planta?

Con el uso de una pequeña regla podemos medir el crecimiento de una plántula a lo largo de varios días. También es posible saber si una planta ha crecido calculando el área promedio de sus hojas, con la ayuda de papel milimetrado. Estas medidas tienen la ventaja de que no dañan la planta. También podemos usar una balanza para pesar las plantas o partes de ellas (peso fresco), solo que esta medida es poco confiable pues con frecuencia representa apenas incorporación de agua y no de nuevo material vegetal. Por otra parte, es más seguro desecar la planta en un horno y pesarla (peso seco); pero tiene la grave limitación de tener que matar la planta por el calor, para poder registrar ese dato.

Una pequeña actividad: siembra cuatro semillas de caraota en un envase adecuado y cuatro semillas de maíz en otro envase; riégalos todos los días y espera que las plántulas emerjan del suelo. A partir de este momento mide con una regla durante siete días, cada una de las plantas. Saca un promedio de estas medidas. Con tus resultados elabora para cada especie de planta una curva de crecimiento en un papel milimetrado, colocando el tiempo (días) en el eje horizontal y el crecimiento promedio (mm) en el eje vertical. Compara ambas curvas. ¿Las dos especies crecen a la misma velocidad?



Genes y ambiente: una combinación indisoluble

Si simplificamos al máximo lo que una planta necesita para los procesos de crecimiento y desarrollo, diríamos que: agua, alimento y unas sustancias que activan esos procesos y los regulan: son las hormonas vegetales. Cada uno de estos procesos depende de las potencialidades hereditarias (genes) de la planta y de un ambiente que permita que dichos genes se expresen en el fenotipo (caracteres visibles de la planta). La herencia nos dice lo que el organismo podrá ser en tanto que el ambiente determina lo que el organismo será.



¿Hormonas vegetales?

Seguramente habrás leído que las hormonas animales desempeñan importantes papeles en el metabolismo y el crecimiento de los seres humanos y otros animales, pero quizás no sabías que existen hormonas esenciales para el crecimiento de las plantas. Las hormonas son sustancias orgánicas (contienen carbono) producidas en pequeñas cantidades en una parte del organismo (casi siempre, tejidos de crecimiento) y que por lo general producen efectos en otra parte; se dice que actúan como mensajeros químicos. A diferencia de las hormonas animales, las vegetales no se producen en glándulas cerradas especiales (glándulas endocrinas).

Hasta el momento se han identificado decenas de hormonas reguladoras del crecimiento y desarrollo vegetal, pero indudablemente las más conocidas son las auxinas, las giberelinas y las citokininas.

Algo de historia sobre las hormonas

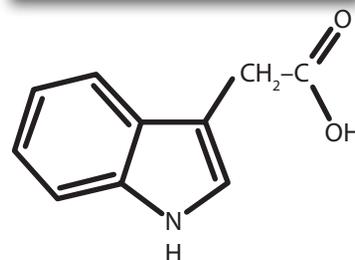
Es muy probable que hayas oído hablar de Charles Darwin, el famoso científico inglés, creador de la teoría sobre la evolución de los seres vivos. Pues bien, él y su hijo Francis, quien también llegó a ser un notable científico, se interesaron alrededor de 1880, por conocer la razón por la cual las plantas al crecer tienden a orientarse en la dirección de la luz, un fenómeno que actualmente conocemos como fototropismo. Para investigar este fenómeno, diseñaron una serie de sencillos pero elegantes experimentos con plántulas de alpiste, observando que cuando estas eran expuestas a una luz lateral, se transmitía «una cierta influencia» desde la parte superior a la parte inferior, que obligaba a la planta a encorvarse.

Tomó más de cuarenta años ratificar experimentalmente la existencia de la «influencia» sugerida por los Darwin. En 1926, el botánico holandés Fritz Went demostró que efectivamente, existía una sustancia promotora del crecimiento y la bautizó como auxina, un término derivado de una palabra griega que significa «crecer». Las consecuencias de este hallazgo fueron enormes; se había encontrado una sustancia que hacía que las plantas crecieran, y que además tenían otras funciones (ver cuadro resumen).

En la década de los años treinta, científicos holandeses y estadounidenses, trabajando independientemente, identificaron que la auxina era el *ácido 3-indolacético* (AIA) y le dieron el carácter de hormona. Hoy, más de setenta años después del descubrimiento de la auxina, sabemos que, aparte del *ácido 3 indolacético*, hay varias auxinas que cumplen diversas funciones en la planta, y además de ello se han descubierto otros tipos de hormonas. Por otra parte, a comienzos del siglo XXI, ya se conoce en gran medida el mecanismo a nivel molecular que explica la acción de las auxinas.



¿Sabías que algunas hormonas vegetales actúan en concentraciones tan bajas como 0,000001 gramos por litro?



Auxina

Una hormona asiática

Otra hormona vegetal, la *giberelina*, tiene una historia muy interesante. Se presumió de su existencia en Japón, cuando científicos de ese país notaron que ciertas plantas de arroz infectadas por un hongo (*Gibberella fujikourii*), crecían mucho más alto que lo normal. Posteriormente, en 1939, se determinó que extractos de ese hongo inducían el crecimiento en otras plantas y se logró identificar la sustancia como «ácido giberélico» o *giberelina*. A partir de la década de los años cincuenta, esta sustancia fue conocida en todo el mundo y se estableció que no había una sola *giberelina* sino muchas. Estas hormonas tienen varios efectos que podrás leer en el cuadro resumen.



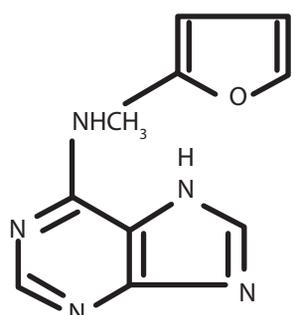
Buscando más hormonas

El descubrimiento de las *auxinas* y las *giberelinas* estimuló la búsqueda de más hormonas. Científicos estadounidenses, luego de múltiples intentos, lograron aislar de una preparación de ADN (ácido desoxirribonucleico), un compuesto que bautizaron con el nombre de *citokinina*, precisamente porque influenciaba la división celular o citocinesis. Actualmente, se sabe que esta hormona se encuentra en tejidos jóvenes de la planta que están en crecimiento activo (por ejemplo, las yemas); además se han detectado en semillas, raíces y frutos. En el cuadro resumen podrás ver algunas de las propiedades que se le atribuyen.

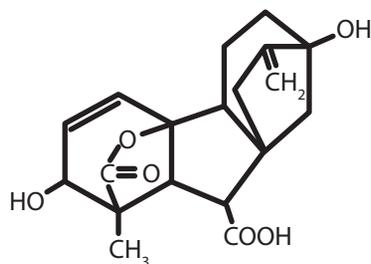


Lo que faltaba: una hormona gaseosa

Desde los inicios del siglo XX se comenzó a sospechar que el etileno, un gas derivado del petróleo, que se utilizaba para alumbrar las calles en Europa, tenía efectos sobre el crecimiento y desarrollo vegetal, por cuanto causaba ciertas alteraciones en el crecimiento de los tallos y provocaba una caída prematura de las hojas. Al pasar algunas décadas se estableció que el etileno debía ser considerado como una hormona, por cuanto es un producto que puede ser extraído también de cualquier órgano de las plantas, particularmente de los frutos, y que actúa, tanto solo como en unión de otras hormonas, en cantidades mínimas. Actualmente, se atribuye al etileno una gran variedad de funciones; las cuales podrás ver en el cuadro resumen.



Citokinina



Giberelina

Cuadro resumen de la acción hormonal (algunos ejemplos)

Función	Hormonas que intervienen
División celular	Citokininas, auxinas y giberelinas
Envejecimiento y caída de las hojas, flores y frutos	Promovida por etileno y retardada por auxinas, giberelinas y citokininas
Alargamiento del tallo	Auxinas y giberelinas
Crecimiento de los frutos	Auxinas y citokininas
Formación de raíces	Auxinas, giberelinas y citokininas
Formación de yemas laterales	Promovida por citokininas e inhibida por auxinas
Dominancia apical (la planta crece más arriba que hacia los lados)	Auxinas
Fototropismo y geotropismo	Auxinas
Conversión de ovarios a frutos	Auxinas
Maduración de los frutos	Etileno
Germinación de las semillas	Giberelina
Desarrollo de las flores	Giberelina

El ambiente y el desarrollo vegetal

El crecimiento y desarrollo vegetal no solo dependen de sus genes y de la acción hormonal, sino también en gran medida, del ambiente en el cual vive la planta. El ambiente externo de una planta se refiere a todo aquello que la rodea, incluyendo a otros seres vivos. En este sentido, el agua, el suelo, el aire, forman parte de ese ambiente, pero también lo integran formas de energía como el calor, las radiaciones y la fuerza de gravedad. Los animales siendo por lo general móviles, pueden evitar o atenuar en alguna medida la influencia del ambiente externo; las plantas están ancladas al suelo por la raíz y no pueden comportarse como los animales. Sin embargo, las plantas tienen la habilidad para responder o ajustarse a cambios en su ambiente externo. Esta habilidad tiene mucho que ver con los procesos de crecimiento y desarrollo vegetal.

¿La luz tiene algo que ver con la forma de una planta?

Si una plántula es dejada en la oscuridad durante varios días e incluso semanas, se vuelve completamente distinta de otra de la misma especie, mantenida en condiciones normales. Su tallo se alarga, se adelgaza y se torna muy pálido, casi transparente; por otro lado, las hojas no se abren y no toman su habitual coloración verde. Una planta así se dice que está etiolada. La etiolación es un ejemplo evidente de que la luz afecta el crecimiento y desarrollo de las plantas y particularmente su forma, proceso que se conoce como fotomorfogénesis. Si a una planta acostumbrada a vivir a plena luz solar, se la mantiene ahora en condiciones de sombra, puede desarrollar un proceso de etiolación parcial.

En 1928, dos botánicos estadounidenses, W. Garner y H. Allard, descubrieron que la luz tiene influencia sobre la floración de muchas especies de plantas, fenómeno al que bautizaron como fotoperiodicidad. Efectivamente, hay plantas como el tabaco y el crisantemo que solo florecen si la luz del día no pasa de un período crítico de 14 horas; «son las plantas de día corto». Si la luz solar excede de este período la planta no florece. Por otra parte, otras especies de plantas como la espinaca y las papas, florecen solo si la luz del día excede un período crítico de 14 horas, «son las plantas de día largo». Si la luz solar es menor de 14 horas, este tipo de plantas no florece. Además, Garner y Allard encontraron que muchas especies de plantas tropicales, como el maíz y el tomate, florecen independientemente de las horas de luz a las que llamaron, «plantas de día neutro». Pasaría poco tiempo para demostrar que lo importante para la floración eran las horas nocturnas, pero esta clasificación nunca fue cambiada.

La fotoperiodicidad es muy importante para explicar la distribución geográfica de muchas especies de plantas (y de animales), y es fundamental en la industria de las flores. Muchas flores como los crisantemos, lirios y claveles están disponibles todo el año, porque en los invernaderos se ocupan de cuidar que se «respete» su tiempo de floración respectivo, mediante iluminación artificial.

Con este descubrimiento, Garner y Allard reabrieron un campo de la biología del cual ya se tenía indicios desde hace más de 2.000 años: el estudio de los relojes biológicos, o la medición del tiempo en los organismos. La mayor evidencia de que dentro de las células pareciera haber una especie de «reloj», son los ritmos circadianos (procesos que demoran casi un día), que se aprecian, por ejemplo, en las plantas que cierran sus hojas o sus flores al caer la noche y las abren al despertar el día. Este fenómeno, el cual también está presente en otros seres como los animales, por ejemplo en sus patrones de sueño y alimentación, podemos verlo en plantas de la familia de las leguminosas.



¿Sabías que el pan que consumimos los venezolanos nos sale un poco caro, entre otras razones porque el trigo del cual se elabora es una planta de día largo, y dado que en el país no se puede dar esa condición, tenemos entonces que importarlo?

¿Las plantas se mueven?

Respondemos de inmediato que no. No obstante, ciertas partes del vegetal como las ramas jóvenes se curvan hacia donde viene la luz, un proceso conocido como fototropismo, el cual ya habíamos mencionado, y en el que las auxinas tienen una participación protagónica. Estas hormonas también participan en otro tropismo (geotropismo), que podrás observar si colocas una pequeña planta en posición horizontal, notarás que en pocos días el tallo se curva hacia arriba (geotropismo negativo) y seguramente la raíz se curvará hacia abajo (geotropismo positivo). Se ha comprobado que en las partes aéreas de la planta existen pigmentos, distintos a la clorofila, que captan la luz (fotorreceptores), en tanto que en la raíz se encuentran sensores de la atracción gravitatoria (estatólitos).



Cuestiones de bioética

Los bancos de semillas

Desde hace algunos años se han venido creando «bancos de semillas». En estas instituciones se reciben muestras de semillas que después de ser clasificadas convenientemente, son congeladas y almacenadas sin perder su capacidad germinativa. Actualmente se cree que existen más de cien bancos de este tipo, los cuales almacenan alrededor de tres millones de muestras de semillas.

Pero, ¿qué tienen de importante las semillas, como para que se las guarde en un banco? Pues bien, entre otras razones, las semillas son el vínculo más evidente de una generación de plantas con la siguiente y, por otra parte, son la garantía de la perpetuación de la especie que las produce. En este sentido, es oportuno enfatizar que, de acuerdo con muchos científicos, una de cada diez plantas se encuentra en peligro de extinción, debido entre otras razones a prácticas agrícolas inadecuadas, desarrollos humanos incontrolados y severa modificación de sus hábitats naturales. De forma que mantener en un «banco» semillas de plantas con alto grado de vulnerabilidad, es muy importante para evitar o por lo menos retardar su extinción.

Los bancos de semillas y en general la «industria de las semillas», han llamado la atención de poderosas firmas de agroquímicos y compañías transnacionales de alimentos. Algunas de estas grandes empresas decidieron patentar semillas modificadas genéticamente, que tienen prioridad sobre las semillas originales o naturales para ser resguardadas en bancos. Actualmente, muchos compradores de semillas prefieren las patentadas sobre las originales, lo que hace que estas últimas sean poco protegidas y tiendan a desaparecer, aun cuando tengan propiedades importantes como: defensa contra plagas y enfermedades y buen rendimiento general. Esta situación ya ha comenzado a ganar espacio en la opinión pública mundial; una demostración más de que temas vinculados a la alimentación humana, antes considerados solo del dominio de círculos científicos y tecnológicos, se han convertido en cuestiones preocupantes para el ciudadano común.

¿Estarías de acuerdo en almacenar semillas de plantas que no sean de importancia económica o que sean de plantas tóxicas? ¿Estarías de acuerdo con que se puedan patentar semillas?

Leandro Aristeguieta

Una de las principales aspiraciones de un profesor e investigador universitario, es indudablemente formar discípulos que prosigan en lo posible su línea investigativa y tomen lo mejor de su sistema de enseñanza. Leandro Aristeguieta, reconocido botánico venezolano, puede decir que satisfizo esta aspiración, ya que formó cientos de alumnos durante muchos años de trabajo como docente en Botánica en la Escuela de Biología (UCV), en el Instituto Pedagógico de Caracas (IPN) y de Botánica Paisajista en la Facultad de Arquitectura (UCV), muchos de los cuales lo tomaron como modelo a seguir en su desarrollo profesional no solo en botánica, sino en otras áreas del saber.



ro de especies botánicas reportadas por este científico como nuevas para la ciencia o como registros nuevos para el país. En retribución a su labor científica, botánicos de todo el mundo le han dedicado muchas especies de plantas. Se le otorgó el Premio Nacional de Conservación y recientemente, la Universidad de Carabobo le concedió el doctorado *honoris causa*.

La obra del Dr. Aristeguieta es impresionante y está muy por encima del

alcance de estas notas; bastaría citar que trabajó en el Servicio Botánico del Ministerio de Agricultura y Cría, y posteriormente en el Instituto Botánico de Caracas. Organizó el primer Congreso Venezolano de Botánica en 1970, fue vicepresidente por muchos años de la Sociedad Venezolana de Ciencias Naturales y presidente de la Academia Nacional de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales.

Leandro Aristeguieta nació en Guasipati, estado Bolívar, el 20 de noviembre de 1923. Integró la primera promoción de licenciados en Biología en la Escuela de Ciencias, que egresaron en 1950. Luego obtuvo la maestría en Ciencias en la Universidad de Columbia, Estados Unidos. El título doctoral le fue otorgado por la UCV, previa la presentación de la tesis, en dos volúmenes: *Las Compositae de Venezuela*.

El Dr. Aristeguieta, además de la obra ya mencionada, publicó muchos trabajos científicos y textos de gran interés, entre ellos, *Estudio dendrológico de la flora de Venezuela* y *Las heliconias de Venezuela*. Fue uno de los principales asesores de la Fundación Instituto Botánico de Venezuela y creador del «Jardín Paleozoico». El Dr. Aristeguieta falleció el 6 de octubre de 2012, a los 89 años.

La línea de investigación del Dr. Aristeguieta fue la taxonomía vegetal, con énfasis particular en el conocimiento de los árboles de Venezuela; se cuentan por decenas el número

Para saber más...

Curtis, E. y N. Barnes (2000). *Biología*, Sexta edic., Edit. Médica Panamericana, Buenos Aires.

Greulach, V. y J. Adams (1970). *Las plantas*. Introducción a la botánica moderna, Edit. Limusa-Wiley, México.

Salisbury, F. y C.W. Ross (1994). *Fisiología vegetal*, cuarta edición, Grupo Editorial Iberoamérica, México.