

ARQUITECTURA DE LAS PLANTAS

La arquitectura de las plantas se compone de unidades que se integran y repiten, y cuyas estructura morfológica y distribución espacial topológica determinan la variedad de formas vegetales que observamos en la naturaleza.

Javier G. Puntieri y Javier E. Grosfeld

La estructura de una planta y sus unidades de construcción

Dondequiera que nos paremos a mirar las plantas que nos rodean, advertimos sin mucha dificultad que, más allá de la forma y el tamaño de sus hojas, diferentes plantas difieren en su estructura tridimensional. En invierno, cuando muchas de ellas no tienen hojas, estas diferencias son más notables todavía. La estructura tridimensional a la que hacemos referencia es lo que llamamos la arquitectura de la planta (Tourn y otros 1999).

Quizás hablar de "arquitectura de una planta" pueda parecer una forma complicada de referirse a su estructura, ya que en general asociamos la palabra arquitectura con la estructura de casas, edificios, puentes, torres, etc., o sea con obras edificadas por el ser humano. La aplicación de esta palabra a las plantas va más allá de un intento de acercar al lector a las plantas empleando una palabra familiar. Las plantas, como las obras arquitectónicas, se componen de unidades elementales de construcción que, como los "bloques" o "ladrillos", se integran dando origen a una

estructura más compleja. Podríamos decir que las plantas no tienen un único tipo de unidad de construcción indivisible, sino varios tipos, unos dentro de otros (del mismo modo en que un edificio se compone de una serie de pisos cada uno con sus paredes que a su vez están formadas por ladrillos). Podemos apreciar los distintos tipos de unidades de construcción de las plantas observándolas a diferentes distancias o escalas.

Tomemos como ejemplo un árbol cualquiera. Desde una distancia a la cual podríamos apreciar la totalidad de su copa, se diferencian las unidades de construcción más grandes, que de aquí en adelante vamos a llamar ejes (Figura 1). Vemos un tronco más o menos vertical que es el eje de mayor tamaño y también ramas largas, dispuestas en forma horizontal, vertical o inclinada, las cuales se originan en el tronco y delimitan el contorno de la copa del árbol. En el interior de la copa hay ramas más cortas originadas tanto en el tronco como en las ramas largas y cuyas hojas constituyen la mayor parte de la superficie fotosintética de la planta.

Cada eje se compone de unidades de construcción menores, pero para identificarlas tendremos que caminar varios pasos adelante y mirar con más detalle uno de los ejes que mencionamos, por ejemplo una rama larga. Podremos ver, con mayor o menor claridad según el árbol de que se trate, que el tallo de esa rama consta de porciones algo engrosadas denominadas nudos, en las cuales se insertan las hojas, separadas por porciones más delgadas y largas y desprovistas de hojas denominadas entrenudos (Figura 2). A la unidad formada por un nudo, un entrenudo y la (s) hoja (s) lateral (es) asociada la denominaremos metámero. De manera que todo eje se compone de una secuencia de metámeros. Pero existe una unidad de construcción intermedia entre el eje y el metámero y menos obvia que cualquiera de estas dos. Se trata del brote, que representa la porción de un eje alargada en un evento ininterrumpido. Los brotes de un eje pueden identificarse, en muchas plantas, observando la variación en el tamaño de los metámeros a lo largo de un eje. Con un poco de atención, se puede apreciar que los entrenudos tienen longitudes diferentes según la porción del tallo que se considere, de modo que las hojas sobre un mismo eje están más juntas en

Palabras clave: forma de las plantas, estructura espacial, unidades de construcción, influencias ambiental y genética

Javier G. Puntieri

Lic. en Biología (Universidad Nacional del Comahue)

Dr. en Botánica (Universidad de Oxford, Reino Unido)

Javier E. Grosfeld

Lic. en Biología (Universidad Nacional del Comahue)

Dr. en Ciencias Biológicas (Universidad Nacional del Comahue)

Departamento de Botánica, Centro Regional Universitario Bariloche, Universidad Nacional del Comahue y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

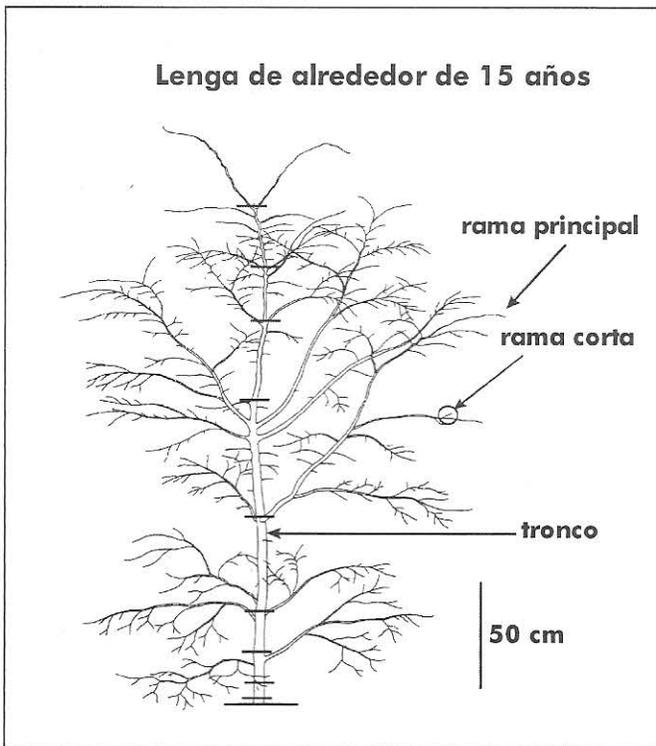


Fig. 1: Diagrama de una lenga (*Nothofagus pumilio*), mostrando el aspecto de sus ejes principales (en invierno). Las líneas horizontales indican límites entre partes del tronco formadas en años diferentes.

algunos tramos del tallo y más distanciadas en otros (Figura 2). Cualquiera de las especies de árboles frutales que crecen en esta región (manzanos [*Malus domestica*], cerezos, guindos o ciruelos [*Prunus* spp.]) sirve como ejemplo. La alternancia de zonas de entrenudos cortos y zonas de entrenudos largos puede apreciarse también a través de las cicatrices dejadas por las hojas que se han caído (Figura 2). Este tipo de repetición o "ritmo" en la estructura de un eje es una consecuencia de la forma en que se alarga cada brote. El alargamiento comienza en forma lenta (entrenudos cortos), aumenta progresivamente hasta alcanzar un máximo (entrenudos largos) y vuelve a hacerse lento hasta detenerse (entrenudos cortos) (Figura 3). De manera que cada brote queda delimitado por dos zonas de entrenudos cortos que marcan el principio y el final de su alargamiento. Es fundamental aclarar que, para un eje determinado, el último brote en alargarse es siempre el más distal y que una vez finalizado su alargamiento, un brote mantiene su longitud final. Es decir que cada eje se compone de sucesiones de brotes los que a su vez son cadenas de metámeros.

¿Dónde se originan los metámeros y brotes de un eje? Para contestar esta pregunta necesitamos pasar al nivel de observación microscópico. Con un microscopio podemos ver las unidades de construcción de menor tamaño de las plantas: las células. Cada órgano de una planta, desde las más pequeñas hasta los ár-

boles más grandes, se constituye de células. La mayoría de las células de una planta no pueden, en condiciones naturales, generar nuevos órganos por división. Pero existen conjuntos de células con la capacidad de dividirse para generar órganos como raíces, hojas, brotes y flores. A estas células se las conoce como meristemas y tienen ubicaciones específicas dentro del cuerpo de la planta (Figura 4). En un brote recién desarrollado pueden encontrarse meristemas cerca del punto de unión de cada hoja al tallo y en el extremo apical del brote. Si bien estos meristemas suelen ser invisibles al ojo humano desnudo (o sea sin ayuda de un microscopio), frecuentemente los ponen en evidencia las hojitas semejantes a escamas que los cubren, formando estructuras más o menos redondeadas llamadas yemas, las cuales puede apreciarse con más claridad en invierno (cuando las yemas están bien formadas y las hojas de muchas plantas se han caído). El tamaño que alcanza un brote formado a partir de un meristema depende más del alargamiento de cada célula que del número de células que componen el brote. Como todas las células de las plantas tienden a crecer predominantemente en una dirección, tanto los brotes como los ejes son alargados.

O sea que cada planta puede describirse como un sistema de ejes formados por secuencias de brotes que a su vez son secuencias de metámeros, todos ellos compuestos por células que, en última instancia derivaron en algún momento de meristemas.

El reconocimiento de estas unidades estructurales amplía notablemente nuestras posibilidades de des

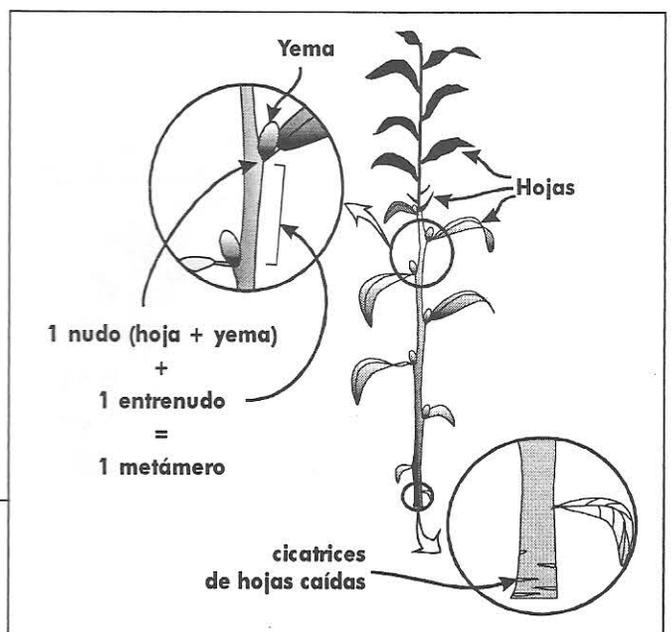


Fig 2: Porción de un eje de una planta y detalles de dos de sus nudos (la hoja y su yema lateral asociada) y del extremo proximal de un brote.

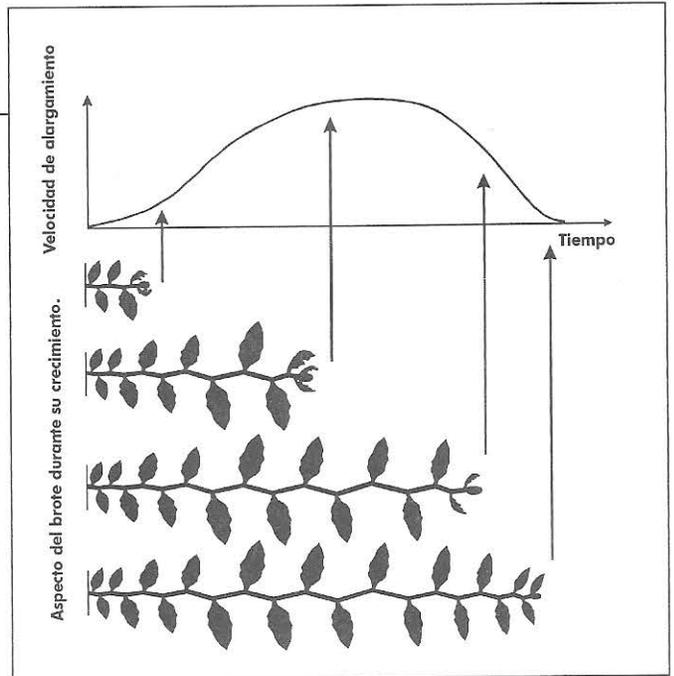
Fig. 3: Relación entre la velocidad de alargamiento de un brote y su morfología (nótese el cambio en la longitud de los entrenudos).

cripción de la estructura de las plantas. Tradicionalmente, suele describirse la forma o el tamaño de un árbol en particular a partir del diámetro del tronco, su altura total o las dimensiones de la copa. A partir del conocimiento de sus unidades estructurales puede lograrse una descripción mucho más detallada: la de su arquitectura. De un eje pueden anotarse: su tiempo de vida, su orientación en el espacio y/o el número de brotes que produce cada año. De un brote pueden registrarse: el número de metámeros que lo componen y/o la longitud y/o el grosor de su tallo al finalizar su alargamiento, la disposición de sus hojas y las características y posición de las ramas a las que da origen (Figura 5).

Hasta aquí hemos visualizado la arquitectura de las plantas como sistemas estáticos, sin tener en cuenta sus variaciones a lo largo de su vida. Pero, precisamente, la mayor riqueza del análisis de la arquitectura reside en analizar tales variaciones. A diferencia de la mayoría de los animales (y de las obras arquitectónicas humanas) una planta cambia de forma durante toda su vida, adicionando nuevas unidades de construcción (meristemas, brotes y ejes) a partir de las unidades ya existentes. Para permanecer viva en el mediano plazo, una planta debe tener meristemas en funcionamiento. Por eso es de particular interés estudiar cómo funcionan estos meristemas y cómo se desarrollan las plantas a lo largo de su vida.

¿Por qué no hay dos plantas iguales?

En las edificaciones creadas por el ser humano, las



unidades de construcción pueden variar enormemente en cuanto al material empleado (madera, paja, metal, piedra, cemento, hielo, etc.), la forma de estas unidades (cilindros, distintos tipos de poliedros) y su disposición en el espacio (casi cualquiera imaginable). Por el contrario, todas las plantas consisten en las mismas unidades de construcción (células, metámeros, brotes, ejes), las cuales deben su rigidez estructural a aproximadamente los mismos compuestos (celulosa, lignina, pectinas). Entonces... ¿qué determina que existan variaciones tan notables en la estructura de las plantas?

El estudio de numerosas especies de plantas ha permitido comprobar que para cada especie existe un patrón general de desarrollo, fruto de su herencia evolutiva, que está "escrito" en los genes dentro de las células. Este patrón puede ser visto como el modelo a seguir por cada planta de una misma especie, y sería equivalente al plano maestro de una obra en construcción (aunque nunca es tan rígido como éste). Estos modelos determinan, a grandes rasgos, cómo crecen y se ramifican sus ejes, cómo se disponen entre sí las diferentes unidades de construcción en el interior de la planta y dónde se ubican las flores que darán los frutos (Figura 6). Volviendo a la semejanza entre el plano de una obra y el modelo de una planta podemos decir que, si bien en las células de cada meristema está escrito el "plano" completo correspondiente a una especie de planta, cada meristema puede generar solo una parte del mismo. La parte del "plano" que será gene

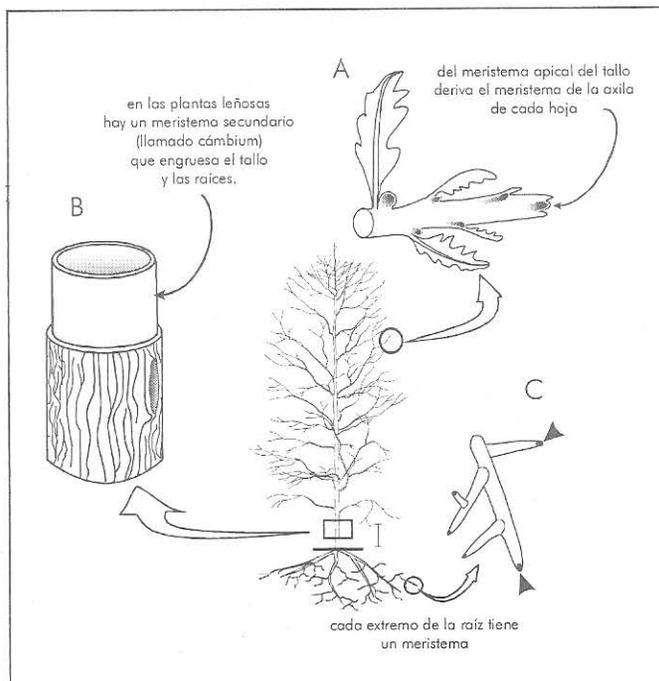


Fig. 4: Posición de los principales meristemas de un árbol. A. Extremo de una rama con meristemas en gris. B. Porción del tronco con un cilindro de meristema de engrosamiento. C. Porción de raíz con meristemas en negro.

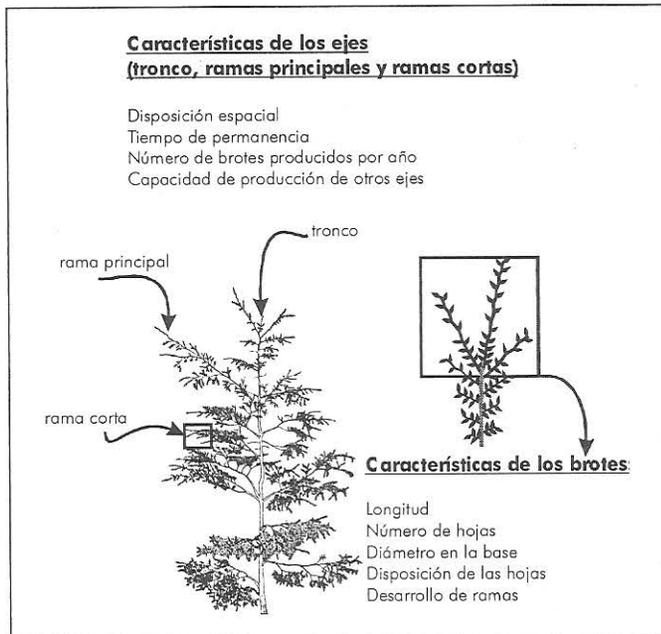


Fig. 5: Ejemplo de descripción de los ejes y de los brotes de un eje en el coihue (*Nothofagus dombeiy*).

rada dependerá de la ubicación del meristema en la planta, de la disponibilidad de agua y nutrientes, y de la red de vínculos entre ese meristema y otros meristemas en su entorno. Ocurre que en las plantas existen redes de comunicación entre células las que condicionan la parte del plano que puede generarse a partir de cada meristema. Las principales diferencias entre las arquitecturas de diferentes plantas surgen del número y tamaño de las unidades estructurales y fundamentalmente, de la forma en que éstas derivan unas a partir de otras.

El objetivo de estudiar la arquitectura de una especie de planta es poner en evidencia su patrón de desarrollo, identificando mediante la observación detallada de las plantas a lo largo de su vida, las características morfológicas y funcionales de los ejes y brotes que son comunes a todos los individuos de una especie. De esta manera, se puede elaborar una descripción arquitectural precisa y diferenciar, para esa especie, aquellos individuos desarrollados siguiendo las reglas arquitecturales de la especie, de los individuos atípicos y de aquellos severamente afectados por condiciones adversas o traumatismos (Figura 7). La descripción de la arquitectura de las plantas se convierte de esta forma en una poderosa herramienta para analizar la evolución de la forma de las plantas. El sistema de análisis en el cual se estudian las características de forma y

funcionamiento de los ejes ha sido llamado «el análisis arquitectural».

Muchas personas habituadas a trabajar con árboles son capaces de diferenciar una especie de otra a la distancia en cualquier época del año sin haber descrito nunca sus características arquitecturales tal como las definimos aquí. Aunque no puedan describirlas con la terminología precisa del análisis arquitectural de las plantas, esas personas han incorporado distintas características que les permiten diferenciar visualmente distintas especies de árboles. Un elemento interesante del análisis de la arquitectura de las plantas como se lo plantea en este artículo es que los códigos de descripción utilizados se basan en la nomenclatura botánica clásica, ampliamente difundida a nivel mundial (aunque a menudo se la ignora deliberadamente), facilitándose así la comunicación entre personas.

¿Cómo se desarrollan y cómo envejecen las plantas?

La vida de una planta puede abarcar desde unas pocas semanas hasta miles de años (algunas plantas con tallos subterráneos podrían vivir más de 10 mil años). Pero independientemente del tiempo que viva una planta, se producen cambios en su arquitectura a lo largo de la vida. Estos cambios son fáciles de obser

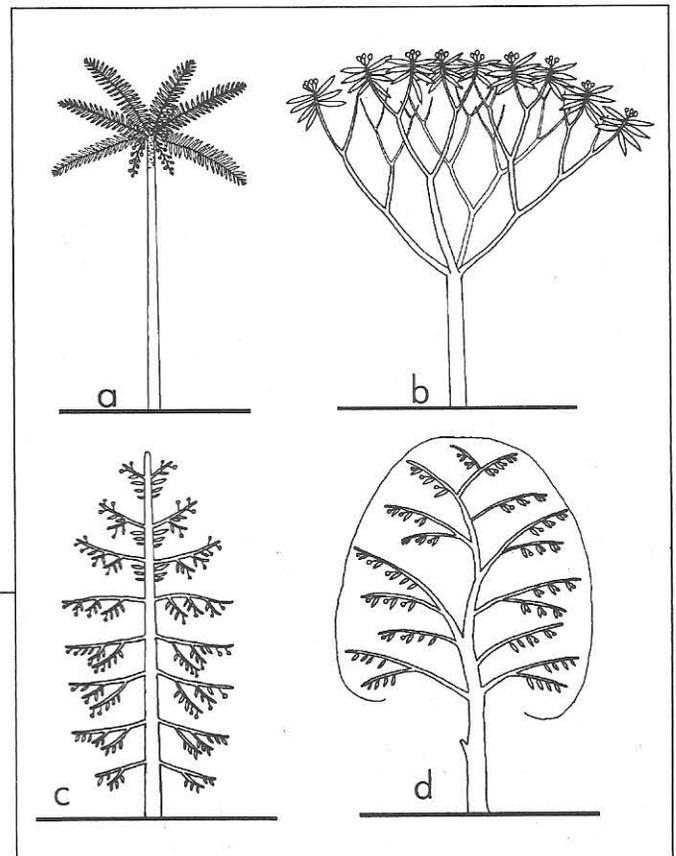


Fig. 6: Esquemas de algunos de los patrones o modelos arquitecturales que se encuentran en las plantas. (a) modelo de plantas que no se ramifican, (b) modelo de plantas cuya ramificación es aparentemente dicotómica, (c) modelo de plantas con ramificación rítmica y muy regular (d) modelo de plantas con un tronco formado por sucesivos ejes verticales que se van inclinando a medida que se desarrollan. (basado en Hallé et al., 1978)

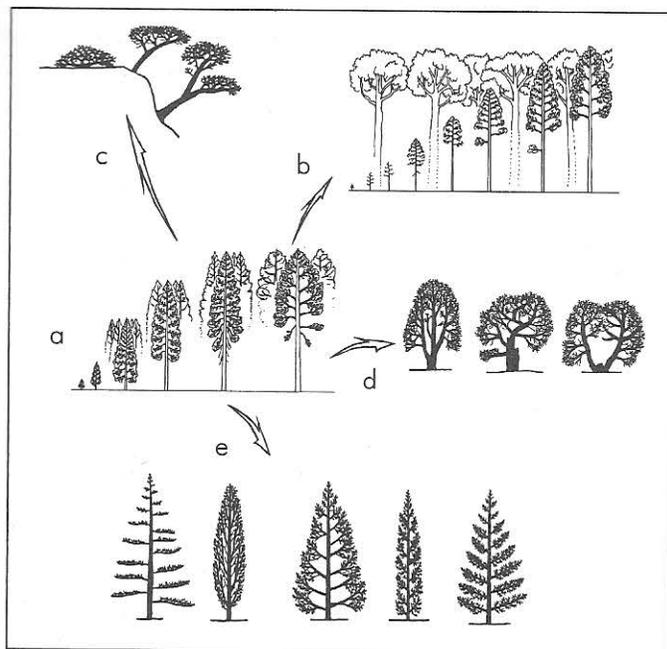


Fig. 7: a: Secuencia endógena de desarrollo del ciprés de la cordillera (*Austrocedrus chilensis*) en bosques puros. b: Secuencia de desarrollo del ciprés en bosques mixtos con coihues. c: Formas del ciprés cuando crece sobre pedreros y en altura. d: Deformaciones de la copa cuando ocurren fuertes traumatismos sobre el tronco. e: Variaciones genéticas en la forma de la copa del ciprés.

var en muchas especies de árboles, en las cuales los individuos jóvenes distan de ser versiones en miniatura de árboles adultos (Figura 8). En estas especies se pueden identificar etapas de desarrollo desde la fase de plántula hasta la vejez. ¿Qué determina que se produzcan estos cambios? Previamente, hicimos referencia a los meristemas como generadores de nuevos metámeros, brotes y ejes. Meristemas en diferentes posiciones dentro de una misma planta son capaces de formar brotes y ejes de diferente forma y función. Por ejemplo, un meristema ubicado en el ápice o extremo de un brote generará el brote que dará continuidad al crecimiento del eje, mientras que otro meristema de igual edad ubicado unos milímetros más alejado del ápice producirá una rama larga y otro algo más alejado producirá una rama corta. Más aún, un mismo meristema de un eje que viva varios años genera brotes diferentes a lo largo de su vida. Por ejemplo, el meristema apical de un árbol joven suele producir una secuencia de brotes de tamaño progresivamente mayor en sus primeros años de vida, conformando el comienzo del tronco del árbol (como se ilustra en los brotes del tronco de la Figura 1). Pasada esta etapa, el meristema apical del tronco comienza a producir brotes de menor tamaño según pasa el tiempo y, generalmente, cada brote tiende a desarrollar brotes menos vigorosos que él mismo. Estos cambios graduales en el tamaño de los brotes dentro de un individuo se interpretan como resultados de un proceso gradual de envejecimiento. Estudios realizados sobre varias especies de árboles confirman que los ejes de las plantas envejecen con el tiempo, con lo cual pierden la capacidad de producir brotes de gran tamaño. Mientras que un árbol joven produce tanto brotes de gran tamaño (por ejemplo en el tronco) como brotes pequeños (por ejemplo en las ramas más cortas), un árbol entrado en años desarrolla cada vez mayor cantidad de brotes cortos,

tanto en el tronco como en las ramas, muchos de los cuales florecen. La floración trae aparejada, para el eje que la produce, una disminución en su capacidad de continuar creciendo, ya que cada flor representa la muerte de un meristema. Después de todo, una flor no es otra cosa que un brote corto incapaz de desarrollar nuevos brotes. La producción de ejes poco vigorosos y generalmente la producción asociada de flores se van haciendo cada vez más extensivas en el sistema de ejes de un árbol. De manera que, si bien la producción masiva de flores en un árbol nos puede inspirar lozanía, para el árbol significa la proximidad del final de la madurez o el inicio de la vejez. A la floración masiva sigue la muerte de abundante cantidad de ejes y la producción de brotes cada vez más pequeños (Figura 8).

Vuelta a la juventud y transformación

Como decíamos previamente, el proceso de envejecimiento de las plantas implica la pérdida de una cantidad substancial de ejes. Sin embargo, el árbol puede tener todavía un largo camino por recorrer. La gran mayoría de los árboles disponen de la posibilidad de generar ejes con características más juveniles que las del eje que los produce. Estos ejes juveniles se denominan reiteraciones porque, en cierta forma, repiten o reiteran una fase previa del desarrollo del individuo. Las reiteraciones más fácilmente observables son aquellas que "copian" el desarrollo del árbol desde sus primeros años (es como si en esa parte de la construcción hubieran cambiado al capataz y éste decidiera empezar de nuevo la obra; Figura 9). Un árbol que ha desarrollado una de estas reiteraciones luce como si llevara injertado un arbolito sobre uno de sus ejes. Mientras que para algunas especies el desarrollo de reiteraciones ocurre solamente en etapas seniles de su vida, en otras se produce prácticamente en cualquier momento. La formación de reiteraciones puede ser o bien un evento espontáneo, quizás disparado por alguna característica del funcionamiento de los ejes, o bien un evento ocasional provocado por un trauma a la planta. Los ejes que suelen formarse a partir de los tocones en algunos tipos de árboles después de la tala o quema del árbol, son ejemplos típicos de reiteraciones de origen traumático. En cambio, en muchas especies el pasaje de una forma juvenil piramidal con un tronco principal a una adulta con copa redondeada y formada por muchos ejes principales, ejemplifica la impor

Fig. 8: Árboles de lenga (*Nothofagus pumilio*) en diferentes etapas de desarrollo. Junto a cada árbol se detalla a una misma escala una porción de dos brotes distales del tronco con sus ramas (las ramas en negro son portadoras de flores). Nótese la disminución en el tamaño de los brotes y el aumento de ramas con flores con la edad del árbol.

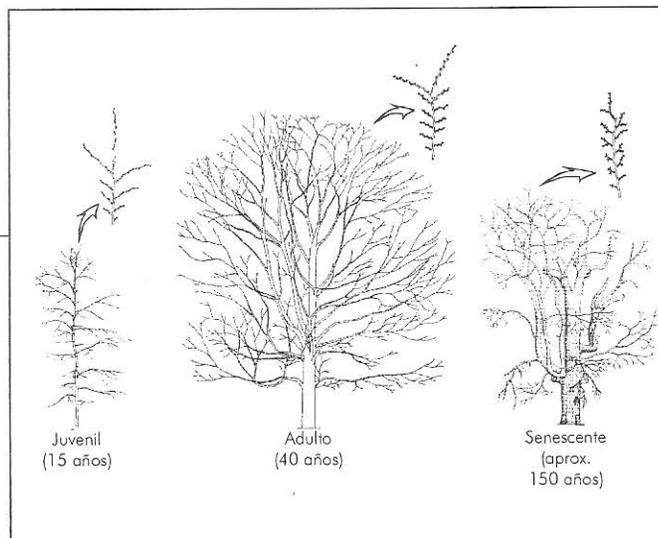
tancia que el proceso de reiteración puede tener en la secuencia de desarrollo de las plantas, implicando una verdadera transformación o "metamorfosis" en su arquitectura (como se puede observar en la Figura 8).

A primera vista, la formación de reiteraciones podría parecer la solución definitiva al envejecimiento de las plantas. Pero no es siempre así: los gradientes de variación de forma y funcionamiento que tienen lugar en una especie suelen ocurrir en forma acelerada en las reiteraciones. En otras palabras, las reiteraciones envejecen y llegan a la floración a mayor velocidad que los ejes que las generan. Y, aunque una reiteración puede, al envejecer, producir nuevas reiteraciones, estas reiteraciones de segunda generación tienden a envejecer más rápido que las primeras, produciendo una tercera generación de reiteraciones de vida generalmente más corta, y así, sucesivamente (Figura 9). O sea que el proceso de desarrollo de la copa de los árboles a partir de reiteraciones parece tener un límite. No disponemos de mucha información al respecto, pero es factible que la dependencia del sistema de ramas en una raíz envejecida o la imposibilidad de las raíces de alcanzar nuevas fuentes de recursos en el suelo impongan limitaciones sobre la vida del árbol. Parece razonable pensar que no se puede seguir agregando volumen de hojas sin aumentar el suministro de agua y nutrientes desde el suelo. De ser así, podría esperarse que aquellas reiteraciones que se encuentren en contacto con el suelo y sean capaces de producir un sistema de raíces y de alcanzar recursos nuevos tengan la posibilidad de desarrollarse por más tiempo que aquellas que dependen del antiguo sistema de raíces del árbol que las genera y de los recursos a su alcance (Figura 10). Sin embargo, es muy poco lo que se conoce acerca de lo que pasa debajo del suelo, y casi nada acerca de la arquitectura de las raíces.

En síntesis, podemos concluir que el desarrollo de las plantas está marcado por un cambio continuo y gradual en el funcionamiento de los meristemas que edifican su arquitectura y que sólo cuando todos sus meristemas dejan de funcionar podemos considerar que la planta ha llegado al final de su vida.

Efectos ambientales y genéticos

¿Qué efectos tienen las condiciones ambientales sobre la arquitectura y los gradientes de desarrollo de una especie? Los cambios arquitecturales que se producen a lo largo de la vida de los individuos de una



especie permiten delimitar fases de desarrollo que suelen relacionarse con la edad del individuo. El medio ambiente puede afectar precisamente esa relación entre fase de desarrollo y edad. Dos individuos de la misma edad puestos a crecer bajo condiciones ambientales diferentes pueden, al cabo de un lapso de tiempo determinado, alcanzar diferentes fases de desarrollo. En varios años se verificarían diferencias entre ambos individuos en el envejecimiento de sus ejes y en la producción de flores. La muerte de los ejes y el inicio de formación de reiteraciones también podrían diferir. Uno de ellos podría haber permanecido más tiempo que el otro en una determinada fase de desarrollo o, por el contrario, haber "saltado" etapas. Condiciones extremadamente diferentes conducen a diferencias mayores entre los individuos. Por ejemplo, las condiciones progresivamente más adversas que se presentan a altitudes crecientes podrían influir en el desarrollo de formas achaparradas (como en el ñire o la lenga). Sin embargo, tanto los individuos de porte arbóreo como los achaparrados habrían recorrido, a mayor o a menor velocidad, los mismos gradientes de desarrollo, aquellos característicos de la especie a la que ambos pertenecen.

Especies muy emparentadas difieren en su constitución genética y esto se ve expresado también en ciertos aspectos de su arquitectura, como en los sitios de desarrollo de ramas, el tiempo de duración de los ejes, etc. De manera que es razonable esperar que las diferencias genéticas entre individuos de la misma especie también se reflejen en ciertas diferencias arquitecturales. Tal podría ser el caso de las diferencias arquitecturales entre variedades de la misma especie. Esto se observa comúnmente en los cipreses, que presentan desde copas muy anchas con ramas horizontales hasta copas muy estrechas, en forma de columna, formadas por ramas verticales (ver Figura 7)

Finalmente, podemos observar que a pesar de que plantas de una misma especie tengan una misma arquitectura elemental y un mismo patrón general de

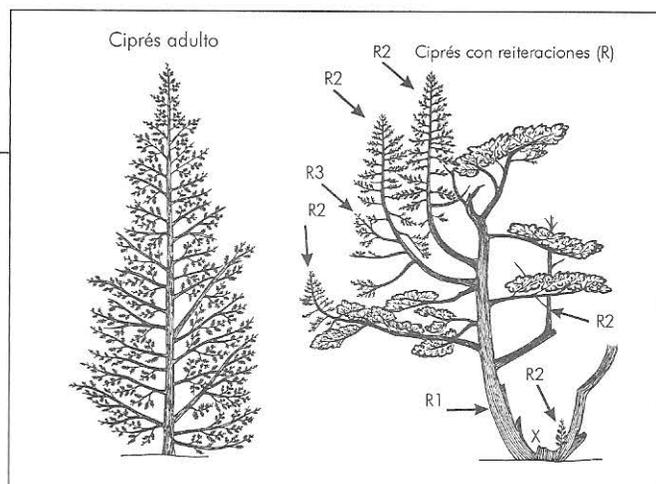
Fig. 9: Dibujos semi-esquemáticos de un ciprés (*Cupressus sempervirens*) adulto y de uno de mayor edad, con reiteraciones (R) de órdenes 1, 2 y 3 producidas posteriormente a la muerte (X) del tronco original.

desarrollo, es posible encontrar diferencias en cuanto al tamaño y forma de sus individuos. Esta variación se origina tanto por las diferencias en su información genética, como por las distintas condiciones ambientales en las cuales la planta ha germinado y se ha desarrollado, y también por diferentes sucesos que le han acontecido a lo largo de su desarrollo (como ser los traumatismos).

Aplicaciones

La perspectiva arquitectural del desarrollo de las plantas nos permite, en primer lugar, obtener descripciones más detalladas de su estructura tomando en cuenta las pautas biológicas de construcción salvando, en cierta medida, el escollo que representan las diferencias entre ellas y nosotros. Además, una persona familiarizada con la arquitectura de una especie vegetal puede deducir en qué estado dentro de la secuencia de desarrollo se encuentra una planta determinada y cómo llegó a ese estado (por ejemplo si existieron factores traumáticos que la afectaron). De esta forma es posible realizar una diagnosis del estado sanitario individual y estimar el desarrollo futuro de los individuos de una población. Tomar en cuenta las variaciones en la forma de las plantas a lo largo de su vida también puede contribuir a mejorar la adquisición y análisis de datos destinados a evaluar las interacciones entre plantas y sus relaciones con factores ambientales como luz, agua o nutrientes. El estudio de la arquitectura de las plantas también contribuye con nuevas herramientas a la toma de decisiones referentes a la poda de individuos o al manejo de poblaciones con fines de producción o conservación.

A partir del conocimiento de la arquitectura de las plantas se han desarrollado modelos matemáticos estocásticos o probabilísticos (es decir, que incluyen una cuota de azar en los resultados) que permiten "construir" plantas simuladas tridimensionales (3D) en computadora e incluso verlas crecer como lo harían las plantas verdaderas. Hasta hace algunos años, las posibilidades de simulación de plantas a partir de estos modelos estaban limitadas por las capacidades de cálculo de las computadoras y su poder de expresión gráfica. Esta situación ha cambiado en los últimos años: hoy los límites están dados por la capacidad de tomar mediciones en individuos representativos para generar los modelos matemáticos. Una gran ventaja de los modelos ideados a partir de esta perspectiva de las plantas con respecto a otros modelos, es que las plantas son estructuradas siguiendo los planes de organi-



zación (el ensamblaje de bloques) que se presentan en la naturaleza, incluida la nunca ausente cuota de azar. O sea que, como en la naturaleza, las probabilidades de generar plantas idénticas a partir del modelo de una especie son prácticamente nulas (Puntieri y otros 1995).

El empleo de estos modelos ha incluido, hasta el momento, la representación en computadora de individuos y poblaciones con fines educativos, recreativos y de investigación, desde el estudio de la madera de los árboles de eras geológicas remotas hasta la interpretación de imágenes satelitales y el cómputo de datos proyectados de crecimiento arbóreo con fines productivos (Bouchon y otros 1997).

¿Por qué el estudio de la arquitectura de las plantas es tan reciente?

Las bases sobre las que se sustenta el estudio de la arquitectura de las plantas tienen una historia de más de un siglo. Todo el conocimiento sobre los bloques de edificación se encontraba disponible para varias especies del Hemisferio Norte desde mucho antes del surgimiento de la arquitectura de las plantas como una disciplina de estudio. ¿Qué situaciones llevaron a que se alcanzara una síntesis en este tema con tanta demora? Seguramente, gran parte de esta demora se debe a que, históricamente, las naciones se han dedicado a extraer recursos naturales de las tierras pobladas más que a comprender la forma en que se desarrollan los organismos que en última instancia generan esos recursos. Las presiones para aumentar los ingresos por venta de productos siempre han volcado los esfuerzos hacia lo inmediato: extraer más madera, más frutas, más granos, más fibras, más flores, etc., etc. Dentro de esta visión "productista" de las plantas, no hay espacio ni tiempo para investigar la dinámica de crecimiento de las plantas, especialmente las de larga vida. Como complicación adicional, los pocos investigadores que tuvieron la posibilidad de profundizar en el conocimiento de las plantas sin estas restricciones vieron limitadas sus posibilidades de difusión de resul

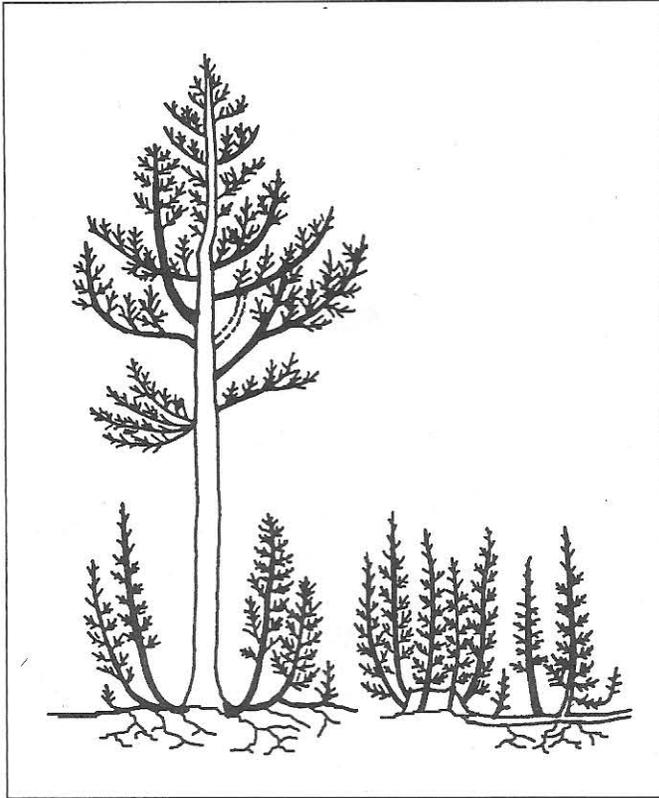


Fig. 10: Diagrama semi-esquemático de un árbol adulto de ciprés de las gaitecas (*Pilgerodendron uviferum*) y de un tocón de un árbol talado de la misma especie, ambos con reiteraciones basales enraizantes (no se ha dibujado el sistema de raíces del árbol adulto).

pecies de plantas más relevantes por su abundancia, importancia económica o estado de conservación todavía espera para ser estudiada.

Hasta hace algunos años, el conocimiento de la arquitectura de las plantas de la Patagonia era muy limitado y se basaba en observaciones ocasionales o de pocos ejemplares cultivados en jardines botánicos europeos. A partir de 1993 se comenzó el estudio de la arquitectura de especies leñosas patagónicas, la mayoría de ellas con valor forestal y de conservación. Hasta la fecha estos estudios han permitido conocer el desarrollo y las variaciones de las principales especies arbóreas componentes de nuestros bosques (pehuén, lenga, ciprés, alerce, coihue, ñire) y realizar progresos en el desarrollo de modelos matemáticos que describen el crecimiento y la ramificación de estas plantas.

tados y de intercambio de ideas debido a conflictos lingüísticos.

Por otra parte, en el llamado mundo occidental, la explotación forestal estuvo durante siglos restringida a unas pocas especies boreales de arquitectura relativamente simple (pinos [*Pinus* spp.] y especies afines). Con unos pocos parámetros de medición se podían construir modelos adecuados de crecimiento de estas especies. Sin embargo, una vez superado el período de exploración en los siglos XVI al XIX, signado por el interés de conocer la diversidad de pueblos, plantas y animales que existían en todos los rincones del planeta, algunos investigadores comenzaron a darse cuenta de la enorme diversidad de formas de desarrollo que existían en las selvas tropicales. Lianas, plantas móviles o estranguladoras y árboles de copas majestuosas de mil y una formas no podían ser estudiados con los métodos utilizados hasta ese momento para especies de mayores latitudes. Recién en la década de 1970, los investigadores Francis Hallé (francés), Roelof Oldeman (holandés) y Peter Tomlinson (estadounidense) formalizaron la visión arquitectural de las plantas a partir de la aplicación de una perspectiva más dinámica de la forma de las plantas de los trópicos, que posteriormente hicieron extensiva a especies de regiones templadas (Hallé y otros 1978). Ellos y sus colegas y discípulos difundieron la terminología que había sido desarrollada décadas o siglos atrás pero que, hasta ese entonces, era empleada en forma ambigua o inconsistente debido a la diversidad lingüística y a traducciones inadecuadas. A pesar de los avances de las últimas décadas, la arquitectura de muchas de las es-

Lecturas sugeridas

- Bouchon, J., de Reffye, P. y Barthélémy, D. 1997. Modélisation et simulation de l'architecture des végétaux. INRA Editions, Science Update, París.
- Hallé, F., Oldeman, R. A. A. y Tomlinson, P. 1978. Tropical trees and forests. An architectural analysis. Springer-Verlag, Berlín.
- Puntieri, J., Barthélémy, D., de Reffye, P., Blaise, F. y Brion, C. 1995. Análisis, modelización y simulación de la arquitectura de las plantas. Avances y aplicaciones en la región andino-patagónica. Actas de las IV Jornadas Forestales Patagónicas, San Martín de los Andes, Tomo II, 547-553.
- Tourn, M., Barthélémy, D. y Grosfeld, J. 1999. Una aproximación a la arquitectura vegetal: conceptos, objetivos y metodología. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 34: 85-99.