

La Cultura del Árbol

Revista oficial de la Asociación Española de Arboricultura

**Principales definiciones
del método ARCHI**

**Breve aproximación al modelo matemático
de la gestión del riesgo aparente. Método 2AL**

**Cobertura arbolada en Córdoba
según el método iTree**

**Árboles milenarios,
Dendrocronología en Araucaria araucana**

**El bosque urbano como sumidero natural de
CO₂ ante el cambio climático**

Ejemplo de gobernanza de árboles en Extremadura

Entrevista: Mike Ellison

"¿Hablamos Archi?"

Principales definiciones del método Archi

Christophe Drénou

Centre National de la Propriété Forestière (CNPF), Institut pour le Développement Forestier (IDF), Maison de la Forêt - 7, chemin de la Lacade - 31320 Auzeville Tolosane

Yves Caraglio

Unité Mixte de Recherche Cirad-Cnrs-Inra-Ird-Université Montpellier 2 «botAnique et bioinforMatique de l'Architecture des Plantes» (AMAP) TA A51/PS2, Boulevard de la Lironde - 34398 Montpellier cedex 5

TRADUCCIÓN: Enrique Conde

Mientras que la ramificación se observa en la cima, la reiteración concierne a toda la copa. Una mortalidad en la cima no es suficiente para hablar de descenso de cima. Chupones, rebrotes y brotes epicórmicos hacen referencia a estructuras de la misma naturaleza, rebautizadas como «suplentes». La senescencia no significa decaimiento. Resistencia no siempre significa resiliencia. Explicaciones.*

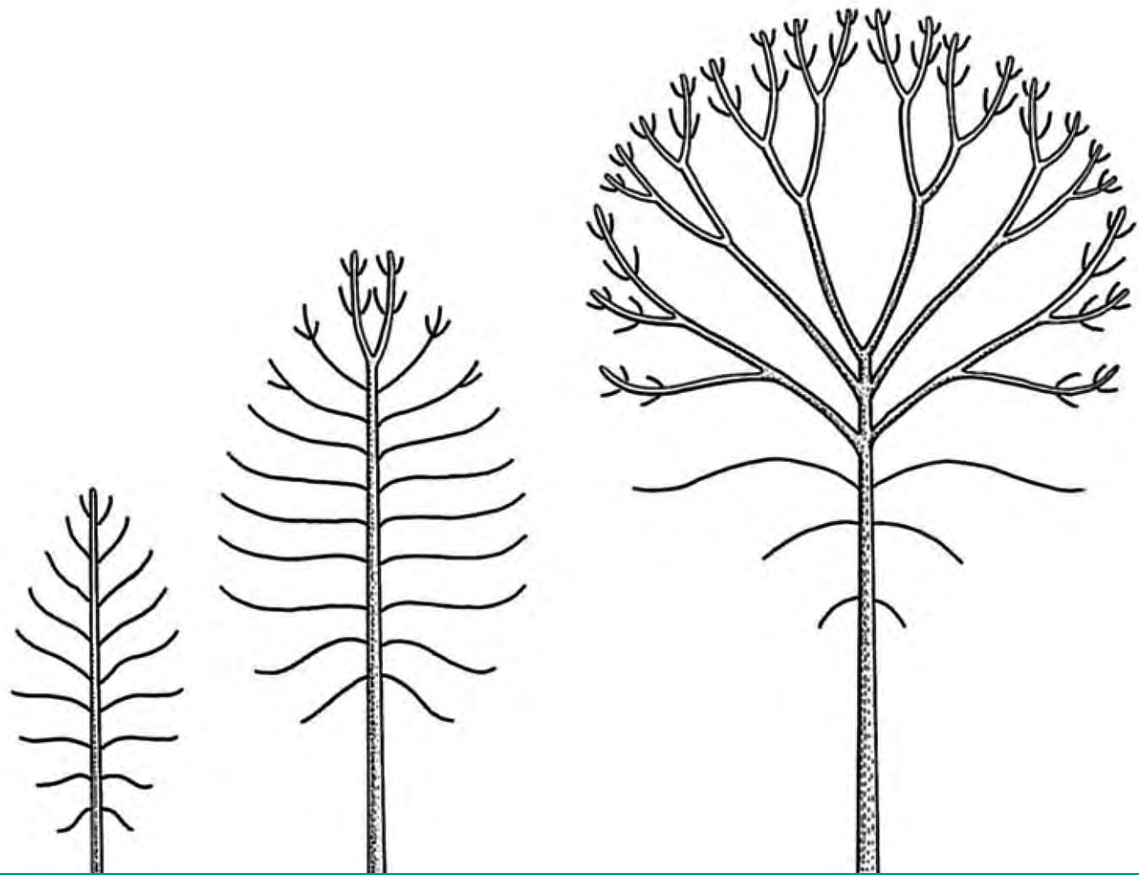
El método ARCHI se centra en la resiliencia de los árboles, añadiendo a los síntomas observados habitualmente (ramificación empobrecida, mortalidad anormal, etc.) un examen de los suplentes, así como, para algunas especies, un diagnóstico de las etapas de desarrollo. La apropiación de este método requiere una definición precisa de los términos y conceptos utilizados.

¿CÓMO SE DESARROLLA UN ÁRBOL? CONCEPTOS UTILIZADOS EN ARQUITECTURA

Categoría de ejes: dentro de un sistema ramificado, los ejes se diferencian por su morfología y sus funciones. Algunos tienen una función de exploración del espacio (el tronco, por ejemplo), otros una función de explotación a través

de la fotosíntesis (las ramas), o finalmente una función de reproducción (ramilletes fructíferos en árboles frutales, por ejemplo). Una categoría de ejes agrupa ejes equivalentes entre ellos. El número de categorías de ejes en una arquitectura es relativamente pequeño. Generalmente inferior o igual a 5 en las frondosas, en las resinosas puede llegar a 7.

Desarrollo (etapa de): sirve para designar los eventos cualitativos que marcan la vida de un organismo. Hay cuatro etapas de desarrollo en los árboles: joven (unidad arquitectónica*), adulto (reiteración*), maduro (volumen definitivo alcanzado) y senescente* (muerte natural progresiva e inevitable). Para los pinos (*Pinus sylvestris*, *Pinus nigra* y *Pinus uncinata salzmannii*), cuyas poblaciones naturales de montaña son heterogéneas en términos de clases de edad, el diagnóstico ARCHI incluye un diagnóstico de la etapa de desarrollo de los árboles. Este doble diagnóstico (etapa y estado) también se puede realizar sobre castaño (*Castanea sativa*) independientemente de si se encuentra en chirpial (árbol joven), monte alto (árbol adulto) o plantación frutal (a menudo sujetos maduros o senescentes). También se aplica al alcornoque, especie explotada a lo largo de toda su vida por el valor de su corteza.



Desarrollo de un árbol por reiteración. A la izquierda, la unidad arquitectural; a la derecha, un árbol adulto cuya copa, en construcción, presenta tres series de reiteraciones totales, y por lo tanto, un número de horquillas maestras, dispuestas a lo largo de las ramas maestras, igual a 3 (dibujos: C. Drénou).

Gigantismo: no todos los árboles construyen su copa por reiteración total de la unidad arquitectural*. Esta UA puede crecer y convertirse en gigante sin aumentar su complejidad. Esta estrategia, llamada gigantismo, es específica de ciertas especies (abies, picea, abeto de Douglas, etc.).

Meristemo: tejido joven de células indiferenciadas que se multiplican activamente.

Ramificación: proceso por el cual un eje da lugar a un nuevo eje. En el caso de las claves ARCHI, teniendo en cuenta el comportamiento general de las especies de clima templado norte, y con el objetivo práctico de simplificar la definición, la ramificación podría describirse de la siguiente manera: proceso por el cual un eje da lugar a un eje diferente de él. Por lo general, la ramificación* se produce cada año a partir de algunas yemas formadas el año anterior. En un árbol adulto, la ramificación se observa generalmente sobre los ejes situados en la periferia de la copa*. En el centro, de hecho, las ramas se podan naturalmente, quedando solo las reiteraciones* del tronco, es decir, las ramas maestras*.

Reiteración: proceso por el cual un organismo duplica total o parcialmente su propia ar-

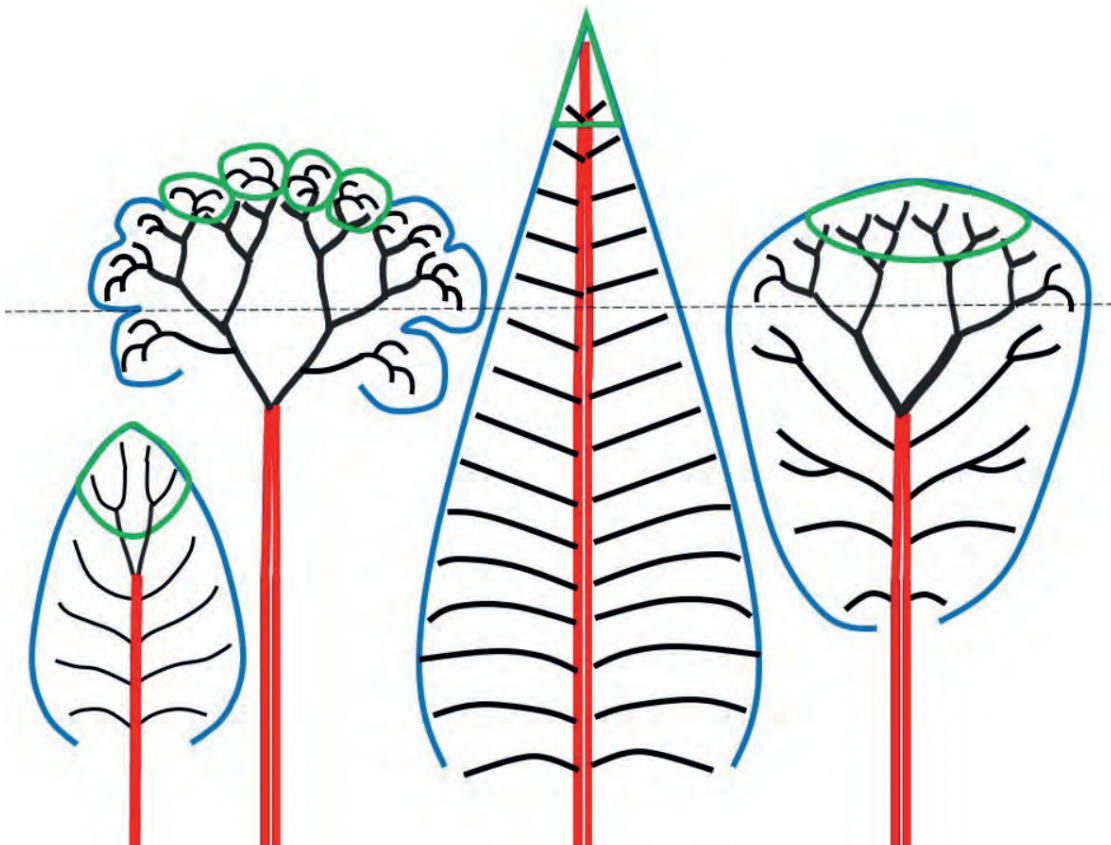
quitectura. El resultado de este proceso recibe el nombre de "reiteración" cuando forma parte del desarrollo secuencial de las ramas, y de "suplente" cuando tiene su origen en una reacción retardada.

Senescente: árbol que ha alcanzado la última etapa de su desarrollo*. Las ramas* mueren progresivamente y no se reemplazan porque, en la senescencia, la capacidad del árbol para producir suplentes* es casi cero. En gestión forestal, tener árboles senescentes es muy raro (vida útil de explotación económica inferior).

Unidad arquitectural: arquitectura elemental de un árbol, que caracteriza la fase de juventud. La primera UA proviene del tronco, mientras que las siguientes se originan por reiteración de sus predecesoras y forman la copa.

¿DÓNDE OBSERVAR? LAS DIFERENTES PARTES DE UN ÁRBOL

Rama: estructura que se manifiesta anualmente, formando parte del desarrollo previsible (o secuencial) de un árbol; resultante del proceso de ramificación*, portada por el tronco* o una reiteración* del mismo. A la sombra, una rama crece poco, tiene una vida corta y, por lo tanto,



Sobre este dibujo, los troncos son rojos, el contorno de las copas es azul y las cimas o cimitas están marcadas en verde. Las copas sin competencia están por encima del trazo discontinuo horizontal (dibujos: C. Drénou).

se poda naturalmente. Sin embargo, a plena luz, ciertas ramas pueden aumentar su esperanza de vida reiterando su propia estructura (llamada reiteración* parcial) o incluso enderezándose progresivamente y adquiriendo la arquitectura de un tronco (reiteración total), es decir, convirtiéndose en una rama maestra* de la copa*.

Cima: un árbol normalmente estructurado se compone de un tronco*, más o menos alto, y una copa* más o menos desarrollada. La cima es la parte superior de la copa. Una cima puede romperse o morir, renovarse (ver «resiliente»), jamás verse reemplazada (ver «repliegue») o dar la impresión de «descender» (ver «descenso de cima»). Los ejes vivos más altos de un árbol no siempre constituyen una cima. Por ejemplo, a consecuencia de una severa alteración de copa*, mientras los suplentes no estén organizados creando una nueva copa estructurada, el árbol no tendrá cima.

Cimitas: cuando la cima* de un árbol está fragmentada en entidades distintas, cada una de estas entidades es una cimita.

Copa: conjunto estructurado de ejes portados por el tronco. Estos ejes, generalmente derivados de la ramificación inicial del tronco, están organizados en ramas maestras*, ramas y ra-

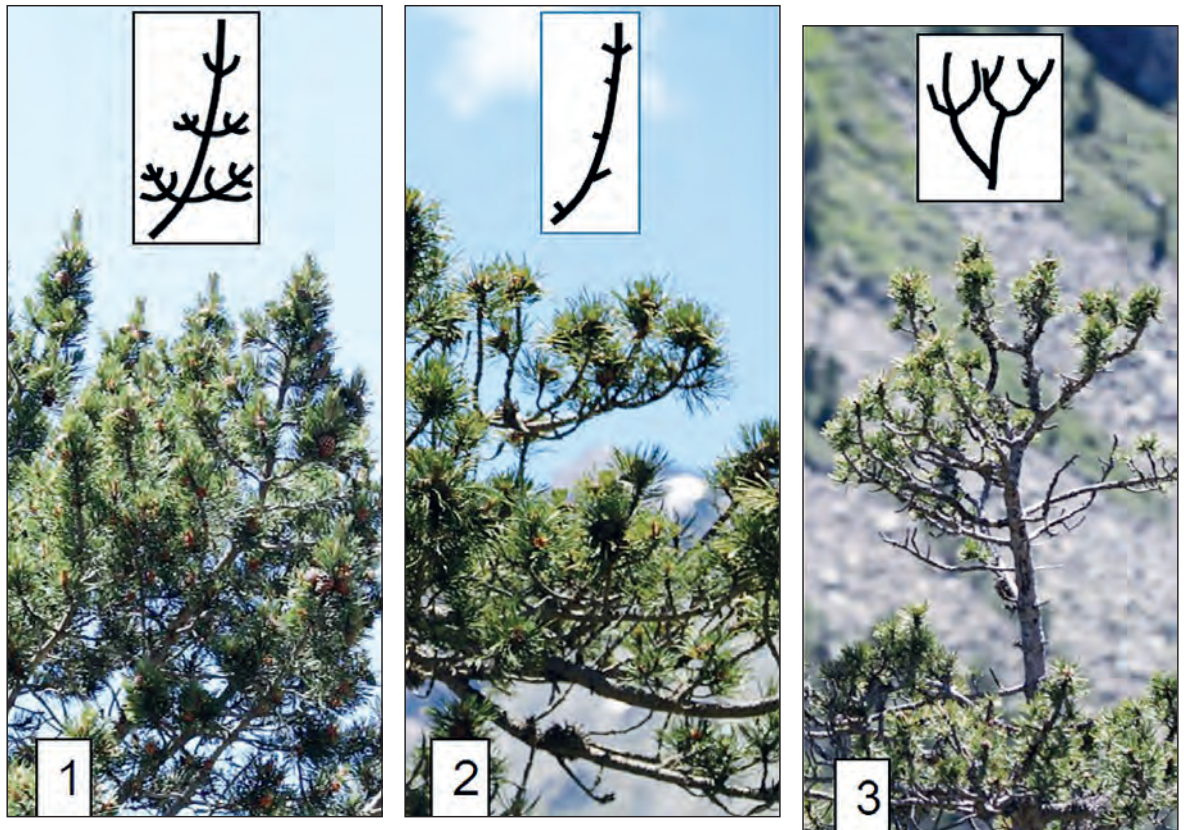
mitas secundarias. También pueden tener un origen en los suplentes*, a condición de que estos se encuentren jerarquizados entre ellos, siendo algunos dominantes y otros dominados, de forma a que su contorno dibuje un arco más o menos aplanado en función de la especie.

Copa sin competencia: parte de la copa excluyendo las zonas inferiores o laterales sometidas a fenómenos de competencia.

Maestra (rama): rama equivalente al tronco, tanto a nivel de arquitectura como de dimensiones o vida útil.

Suplente: estructura que aparece en zonas viejas del árbol, a partir de nuevos meristemas* o de meristemas no movilizados durante la secuencia normal de desarrollo. Esta estructura permite al árbol adaptarse al medio modificando, reforzando o restaurando su arquitectura. Es la razón por la cual se prefiere utilizar el término «suplente» al de «chupón», «rebrote», «brotación epicórmica» o «reiteración retardada».

Tronco: parte de un árbol comprendida entre las raíces y las ramas maestras. Cuando estas están ausentes (árboles jóvenes o árboles que se desarrollan mediante gigantismo*), el tronco se extiende hasta la parte superior.



Ejemplo del Pino negro (*Pinus uncinata*): en 1, ramificación normal con el contorno piramidal; en 2, ramificación empobrecida de forma columnar; en 3, ramificación reducida del tipo «bifurcado». Fotos: Y. Caraglio, CIRAD.

¿QUÉ OBSERVAR? LOS CRITERIOS DEL DIAGNÓSTICO ARCHI

Ageótrofo (suplente): un suplente ageótrofo (del griego «a»: sin, «geo» tierra «tropos» dirección) crece sin dirección de crecimiento predefinida y presenta caracteres morfológicos de vejez (ejes delgados, de floración precoz o ausente, de ramificación empobrecida*, vida útil limitada). Su función es la de ofrecer supervivencia a la rama que lo porta.

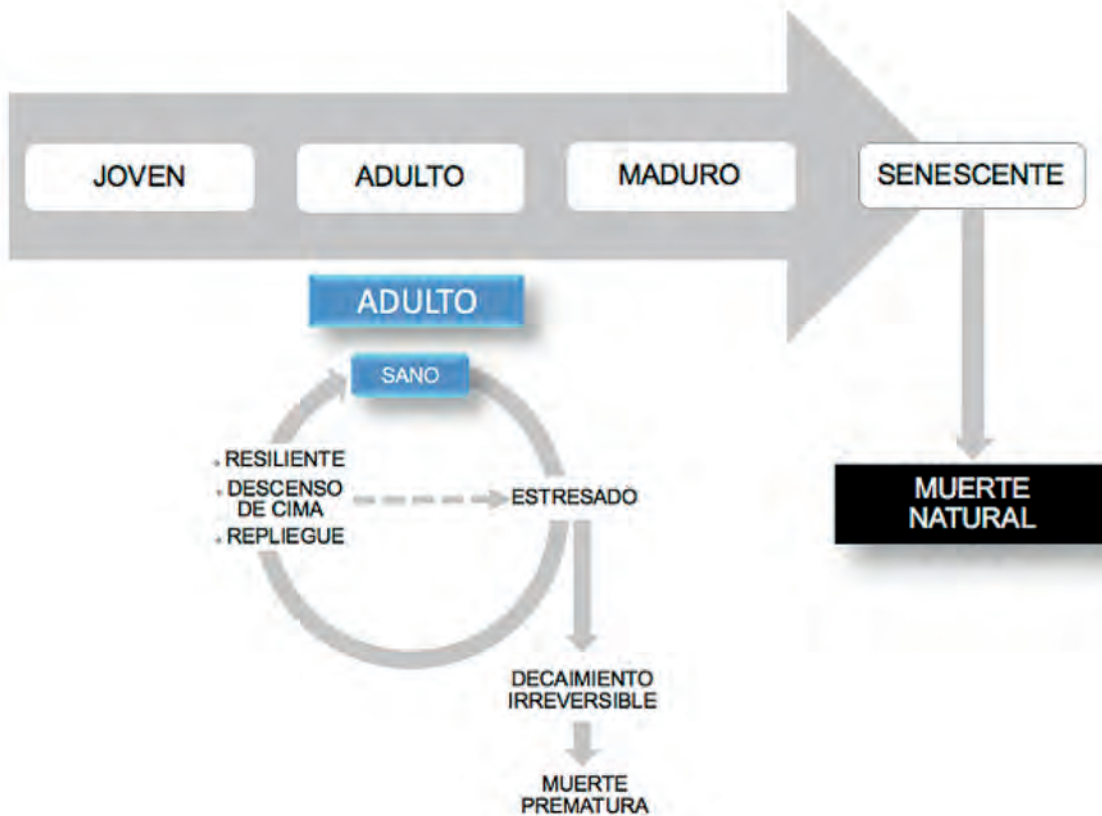
Anormal (mortalidad): mortalidad cuya causa no es ni la competencia por la luz ni el envejecimiento natural. De ahí la importancia de definir los límites de la copa sin competencia* y de saber reconocer a un individuo senescente*.

Empobrecida (ramificación): la ramificación de un eje principal está empobrecida cuando; i) porta directamente ramas cortas sin producir ramas intermedias, presentando así una forma columnar; (ii) tiene ramas secundarias no ramificadas, presentando una estructura filiforme; (iii) pierde rápidamente su dominancia apical y prolonga su crecimiento mediante ejes dispuestos en horquillas muy juntas. La ramificación empobrecida no es necesariamente el resultado de una pérdida puntual y pasajera de ramitas. Refleja más bien una profunda pertur-

bación fisiológica que afecta al funcionamiento de los meristemas. Con el método ARCHI, la ramificación permite evaluar el nivel de resistencia* los vegetales. Ejemplo: algunos pinos jóvenes, atacados por la procesionaria, pierden completamente sus agujas, vuelven a brotar en primavera y así durante varios años seguidos. Mientras su ramificación no se empobrezca, su desarrollo se considera normal.

Tocón: rama rota de diámetro mayor a 3 cm y cuya herida aún no está cubierta por madera. Con el método ARCHI, en la mitad superior de una copa sin competencia, el espacio ocupado por los «huecos» asociados a tocones y ramas muertas sirve para estimar la pérdida, en tanto por cien (%), del volumen de copa original.

Horquilla maestra: son aquellas horquillas presentes a lo largo de las ramas maestras*, que se originan mediante reiteraciones sucesivas de la unidad arquitectural* inicial. Cada horquilla maestra marca el paso de una reiteración* a la siguiente, y el número de horquillas, por lo tanto, hace posible contar las series de reiteraciones. Este número es un buen marcador de desarrollo. Sin reiteración, la corona aún no está formada, el árbol es joven. De 1 a 4 series de reiteraciones, las ramas maestras ex-



Doble diagnóstico (etapa de desarrollo y estado fisiológico) del método ARCHI (Diagrama: C. Drénou)

ploran el espacio, el árbol es adulto. De 5 a 10 repeticiones sucesivas, la corona ha alcanzado su volumen máximo, el árbol es maduro. Más allá de 10, el árbol entra en la fase de senescencia*. Sorprendentemente, estos umbrales varían poco de una especie a otra.

Normal (ramificación): una ramificación* se califica como normal cuando la transición de un eje principal a las ramillas cortas se realiza progresivamente, pasando por una serie de ejes intermedios, y siguiendo un gradiente de dimensiones decrecientes. ¿Cómo reconocer una rama normal? El método de contar el número de categorías de ejes* es relevante para sujetos jóvenes porque cada especie se caracteriza por un número limitado de categorías de ejes (3 para el pino de ganchos, 4 para el roble común, 5 para el plátano, etc.). Pero cuando se trata de árboles adultos, la operación se vuelve imprecisa: las ramas ramificadas están demasiado altas (incluso con prismáticos), el número de categorías de ejes disminuye durante el envejecimiento y el riesgo de confusión entre ejes ramificados y ejes reiterados es demasiado grande. La mejor manera de apreciar la ramificación de una estructura es mirar el contorno de la misma. Cuando es casi piramidal, respetando el gradiente de ramificación, la ramificación es normal.

Ortótropo (suplente): un suplente ortótropo (del griego "orthos": derecho y "tropos": dirección) tiene una dirección de crecimiento vertical y presenta una simetría radial. Reproduce la arquitectura de los árboles jóvenes mediante reiteración total.

Plagiótropo (suplente): un suplente plagiótropo (del griego "plagios": oblicuo y de "tropos": dirección) tiene una dirección de crecimiento horizontal a oblicua y presenta una simetría plana. Reproduce la arquitectura de ramas jóvenes mediante reiteración parcial.

Vigoroso (suplente): suplentes plagiótropos u ortótropos que presentan una fuerte dominancia apical, elevado crecimiento y una sexualidad ausente o escasa.

¿QUÉ PRONÓSTICO? LOS DIFERENTES TIPOS ARCHI

Archi (método): método de diagnóstico visual del decaimiento y de las capacidades de resiliencia* del árbol basado en una lectura de la arquitectura de la copa*. Para ciertas especies (castaño, pino, alcornoque) el método ARCHI incluye un diagnóstico de la etapa de desarrollo*.

Colonia: resultado de la propagación vegetativa de un árbol dando lugar a un conjunto de individuos que, inicialmente conectados entre sí, terminan por alcanzar su autonomía. La propagación vegetativa puede ser natural (hijuelos, acodos) o causada por un estrés repetido.

Descenso de cima: dinámica de construcción de una nueva copa* por debajo de la cima* original, la cual termina por morir. El término “descenso de cima” es más adecuado que el de “descenso de copa” ya que cuando las ramas que constituyen la cima se encuentran en decaimiento o mueren, y el árbol reacciona formando una nueva copa, esta no tiene por qué verse modificada en su totalidad. Sin embargo, la nueva cima, siempre más baja que la cima inicial, da la impresión de “descender”. Para más información, ver esquema “Descenso de cima”.

Irreversible (decaimiento): árbol que presenta una degradación de la copa* (ramificación empobrecida*, mortalidad anormal*) sin ningún proceso de recuperación viable (o bien suplentes* prácticamente ausentes, o bien muchos suplentes, pero todos o casi todos, de tipo ageótopo*). La mortalidad del árbol no es necesariamente inmediata, estando ligada a la evolución de las condiciones ambientales (biótica y abiótica).

Repliegue: un árbol en repliegue no tiene una cima viva, pero continúa funcionando con las ramas no alteradas de su arquitectura original. No forma una segunda copa y por lo tanto no expresa un descenso de cima.

Resiliente: árbol cuyo desarrollo de la copa*, después de una desviación de la normal, encuentra una dinámica arquitectural normal (gra-

cias en particular a los suplentes ortótopos*). Un árbol resiliente puede presentar zonas con elevada mortalidad. No debe confundirse con resistencia*. Ejemplo: el alcornoque tolera la sequía, pero su capacidad de producir suplentes ortótopos después de una desorganización arquitectural es limitada, sobre todo en sujetos maduros. Su resistencia es fuerte, pero su resiliencia es débil.

Resistencia: capacidad de un árbol para mantener su condición, en presencia de factores de perturbación (viento, nieve, insectos, etc.).

Sano: árbol sin síntomas significativos de degradación de la copa*, la cual presenta una arquitectura conforme a su etapa de desarrollo*. Un árbol sano puede no ser "perfecto", presentando en ocasiones un contorno de copa irregular (sobre todo si el ejemplar es maduro), o incluso, de forma aislada, 1 o 2 ramas rotas o muertas.

Estresado: árbol que modifica su arquitectura (ramificación* empobrecida, mortalidad*, eventualmente aparición de suplentes vigorosos*) como respuesta a un estrés intenso, continuado o repetido. El árbol se encuentra en una fase de reacción. Su futuro (restauración o decaimiento) es incierto. Por lo tanto, será conveniente esperar algunos años con el objetivo de darle tiempo al árbol para que exprese su reacción. La evolución de un estado de estrés depende de factores agravantes o favorables, tales como el clima, la competencia, los ataques bióticos, la compactación del suelo, las lesiones provocadas por maquinaria, etc. Eliminar estos árboles significa disminuir el número de individuos potencialmente resilientes dentro de la población.

Bibliografía

Bastien Y., Gauberville C. (Coord.), 2011 – Vocabulaire forestier, écologie, gestion et conservation des espaces boisés, Edit. CNPF-IDF, 554 p. et 27 annexes.

Drénou, C. 2000 – Pruning trees : the problem of forks – Journal of Arboriculture 26(5) : 264-269.

Drénou C., Bouvier M., Lemaire J. 2013 – El método de diagnóstico ARCHI. Aplicación en robles (*Quercus robur* L.) en proceso de decaimiento. La Cultura del Árbol n°66 : 13-19 y n°67: 11-17.

Drénou C. 2014 – Du gourmand au suppléant... Vocabulaire botanique, technique, anthropocentrique? La Garance Voyageuse, n°105, 6-11.

Drénou C. 2014 – Du gourmand au suppléant...ou de la réhabilitation du gourmand en arboriculture et en sylviculture. La Forêt Privée, n°340, 51-57.

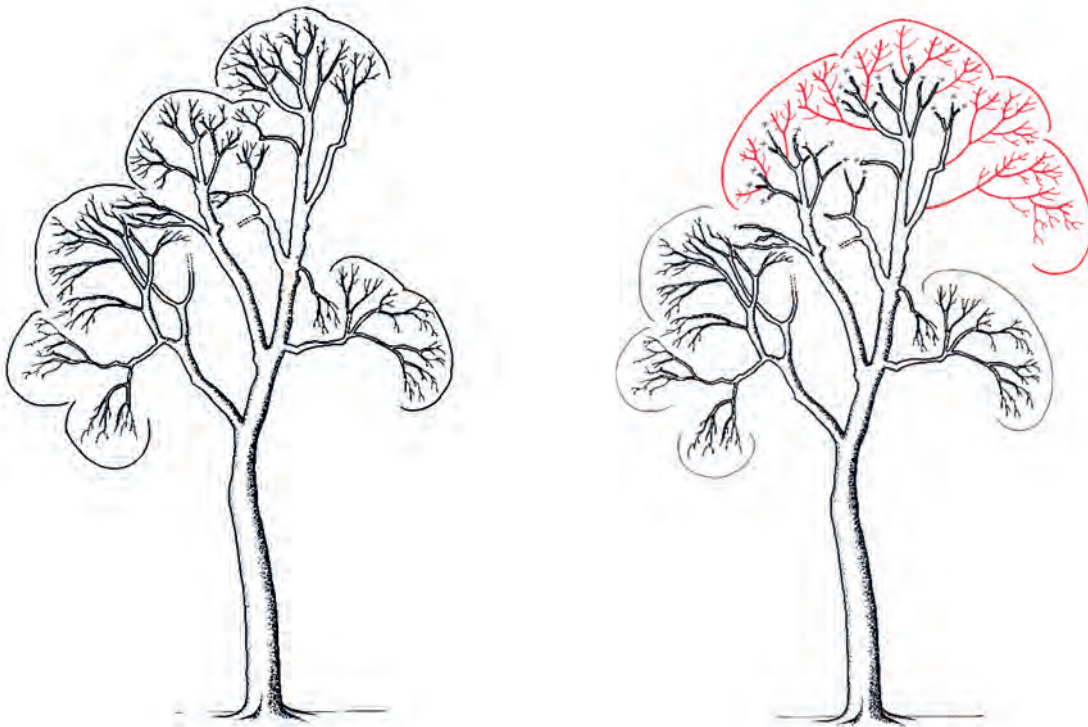
Drénou C., Bouvier M., Lemaire J. 2015 – The diagnostic method ARCHI applied on declining pedunculate oaks. Arboricultural Journal, vol. 37, n°3, 166-179.

Drénou C., 2016 – L'arbre, au-delà des idées reçues. Edit. CNPF-IDF, 256 p. et jeu de cartes.

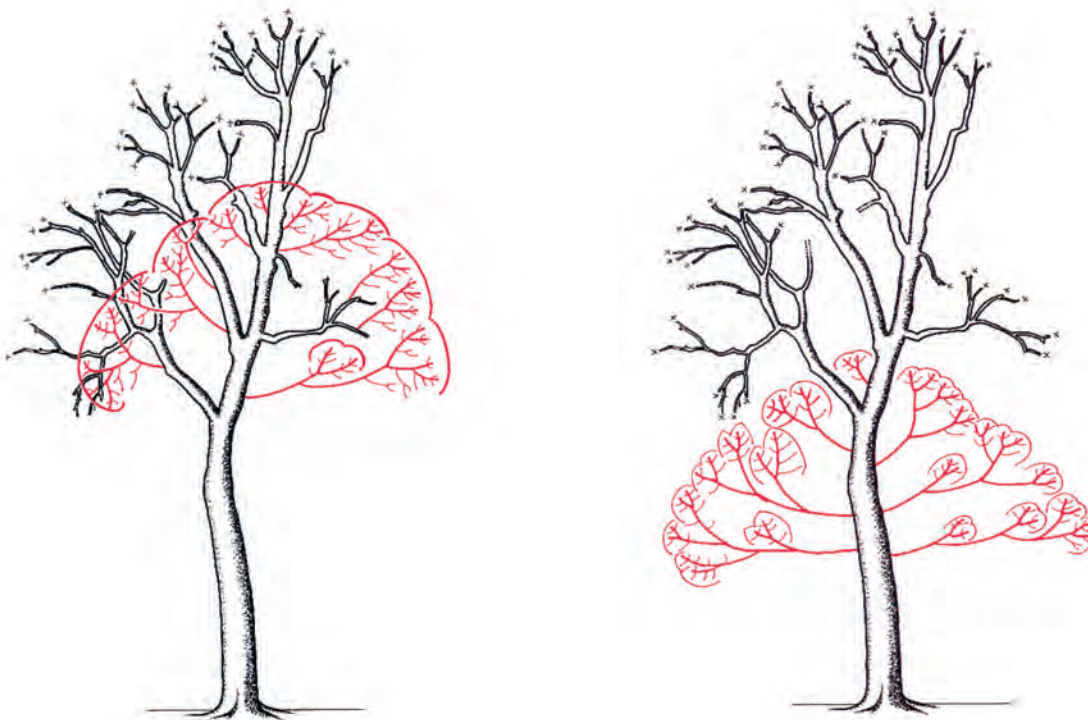
Sabatier S., Barthélémy D., De Reffye P., Caraglio Y., Edelin C., 2018 – Notions botaniques sur l'organisation des structures végétales. In : De Reffye P., Jaeger M., Barthélémy D., Houllier F. (Coord.), *Architecture des plantes et production végétale, les apports de la modélisation mathématique*, Edit. Quae, 358 p.

Agradecimientos

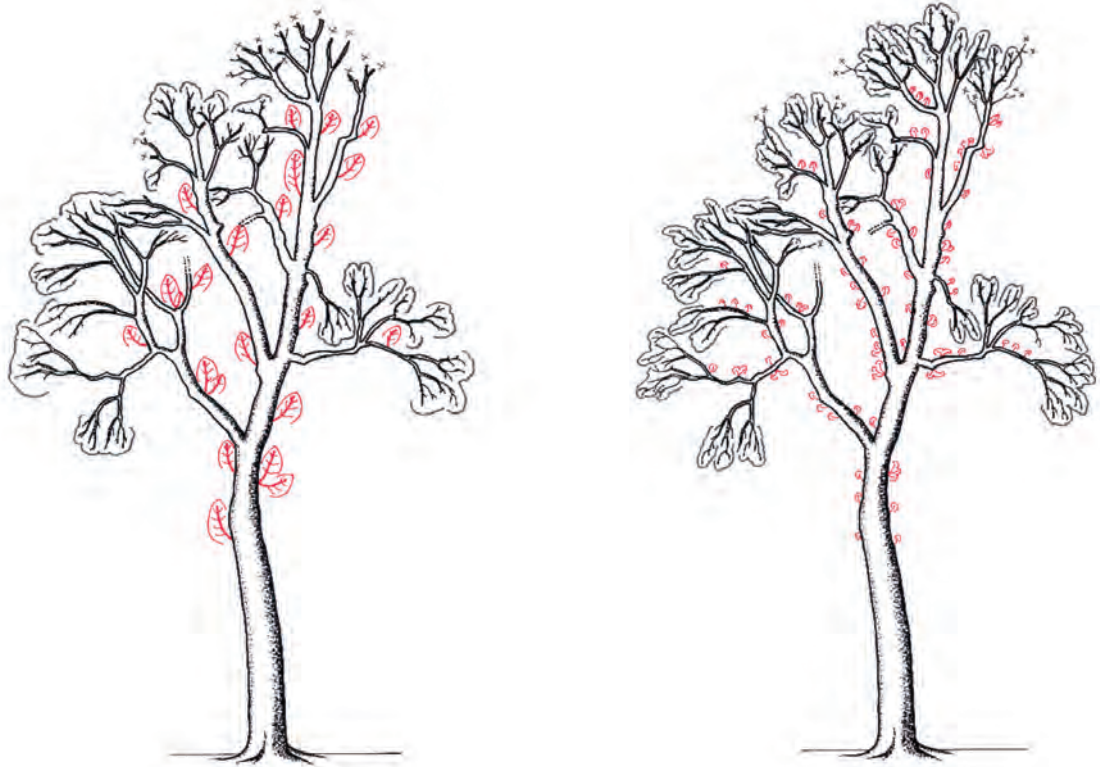
Gracias a Jerome Rosa, CRPF Ile-de-France - Centro - Val de Loire y Grégory Sajdak, CNPF-IDF por sus revisiones.



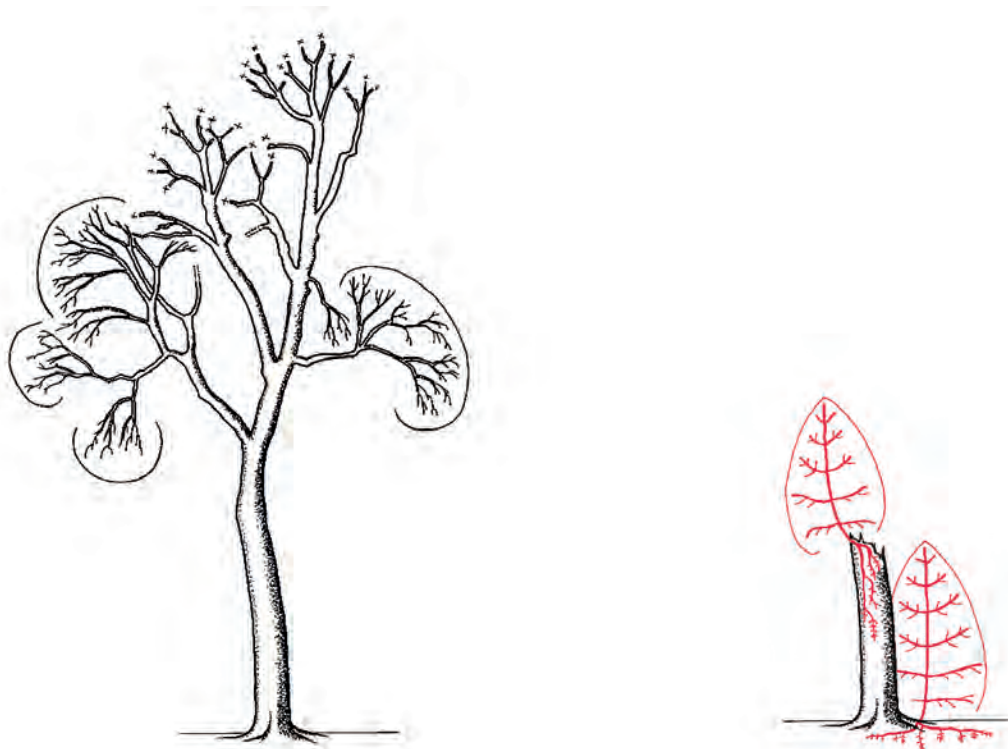
Un árbol **sano** (izquierda) construye su **copa** mediante sucesivas **reiteraciones** de su **unidad arquitectural**. Un árbol **resiliente** (derecha) dispone **suplentes ortótropos** (en rojo) para restaurar su copa original. Esquemas: C. Drénou



Un árbol en **descenso de cima** construye una segunda **copa** por debajo de la **cima** original, la cual termina por morir. Esta nueva copa puede encajarse en el interior de la primera (izquierda) o aparecer por debajo de esta (derecha). En ambos casos, la cima da la impresión de descender. El descenso de la cima no es una **etapa de desarrollo**. Un árbol **senescente** pierde la capacidad de expresar un descenso de cima. Esquemas: C. Drénou



Un árbol **estresado** (izquierda) presenta una **ramificación empobrecida**, una **mortalidad anormal** en la **cima** y, a menudo (pero no siempre), reacciona produciendo suplentes **vigorosos** (en rojo). La mortalidad en la cima de un árbol en **decaimiento irreversible** (derecha) no es necesariamente mayor, al menos inicialmente, que la de un sujeto estresado. Sin embargo, la ramificación empobrecida está generalizada y, sobre todo, los suplentes aparecidos, o bien son casi ausentes, o bien son numerosos, pero todos, o casi todos, de tipo **ageótopo**. Esquemas: C. Drénou



Dos casos totalmente opuestos: el **repliegue** (a la izquierda) y la **colonia** (a la derecha). En el primer caso, el árbol no tiene, o ya no tiene, la capacidad de emitir **suplentes**. Prescinde de la cima en decaimiento y continúa viviendo gracias a las **ramas** bajas no alteradas. En el segundo caso, el **decaimiento** ha invadido al árbol por completo, pero los suplentes emitidos han creado nuevas raíces, independizándose así del árbol original. Esquemas: C. Drénou