

esta manera pueden formarse bosques de edad uniforme que sean a la vez funcionales y atractivos y que tengan la estructura y la composición deseada, que se acoplen a diversos objetivos del manejo, lo que incluye la producción de madera, la producción de agua, la formación de un hábitat para la fauna silvestre y la estética.

Desarrollo de edades no uniformes

En los rodales de edad no uniforme existen diversos estadios de desarrollo dentro de una cierta área. La estructura del rodal depende de la importancia que haya concedido el silvicultor al crecimiento de ciertas clases de tamaño entre las que integran la estructura del rodal. Los rendimientos se regulan a través del control del crecimiento de la comunidad, lo que se consigue controlando 1. la cantidad de individuos del rodal que se dejarán en su sitio después de la tala, 2. el diámetro de los árboles mayores, y 3. el número de árboles que se quiere dentro de cada clase diamétrica.

Primero, como se sugirió antes, el crecimiento total del rodal para la mayoría de las especies es relativamente constante dentro de una amplia escala de niveles de población. Las metas, expresadas habitualmente en unidades de área basal o volumen, se establecen por lo general cerca del extremo inferior de dicha gama, de modo que el crecimiento se concentra en los pocos árboles de mayor tamaño sin que haya pérdida en crecimiento debida a la subpoblación; esto minimiza el tiempo requerido para que los árboles alcancen un cierto diámetro y también la inversión de capital representada por la madera en pie, es decir, la población en desarrollo. Segundo, el máximo diámetro de los árboles que se dejarán en su sitio después de la tala depende de los objetivos del manejo. Para la producción de madera, este diámetro máximo se considera por lo común de 60 cm (24 pulg) a la altura del pecho, ya que los diámetros mayores significan por lo general que los árboles serán incapaces de crecer a una velocidad aceptable, que sea de 5 a 6% anual. Tercero, para controlar el número de árboles que pertenecen a cada clase de diámetro se requiere algún método que defina la curva característica con forma de J invertida de los rodales de edad no uniforme. La posición de la curva respecto a las abscisas se fija mediante la elección del árbol de mayor diámetro; el nivel de la población residual determina la posición de la curva entre los dos ejes y la pendiente de la curva está determinada por la distribución deseada de las clases diamétricas; esta pendiente está definida por el coeficiente de disminución q , que expresa la proporción del número de árboles que pertenecen a cualquier clase de diámetro respecto al número que pertenece a la siguiente clase, lo que produce una curva escalonada. Usualmente el valor de q va de 1.3 a 2.0 para las clases de 5 cm (2 pulg) de diámetro; no obstante, los cambios en diámetro dan por resultado diferentes valores de q . Los valores bajos del coeficiente producen una curva plana para la distribución de frecuencias de diámetro, lo que se traduce en un rodal con una proporción relativamente alta de la población que pertenece a las clases de mayor diámetro; los altos valores del coeficiente dan por resultado una curva que se traduce en un rodal que cuenta con una mayor proporción de árboles pequeños. Se puede ver entonces que para un determinado nivel de población se puede elegir un cierto valor de q para desarrollar las edades no uniformes en el rodal de modo que éste tenga la estructura más adecuada para los objetivos del manejo. En la tabla 14-1 se presenta la distribución de los números de árboles que pertenecen a cada clase de diámetro dentro de una población residual de 100 pie² de área basal y un diámetro a la altura del pecho máximo de 60 cm (24 pulg) para varios valores de q (Alexander, 1977).

Los rodales de edad no uniforme que no han sido ordenados no se ponen habitualmente bajo regulación completa de la curva deseada definida por q en una sola cosecha, ya que esto

Tabla 14-1 Estructura de un rodal residual con 100 pies² de área basal y un dap máximo de 24 pulg, para varios valores de q
(Todos los datos sobre la base unitaria de un acre)

Clase diamétrica	$q = 1.3$		$q = 1.5$		$q = 1.8$		$q = 2.0$	
	No. de árboles	Área basal, pie ²	No. de árboles	Área basal, pie ²	No. de árboles	Área basal, pie ²	No. de árboles	Área basal, pie ²
4	38.90	3.38	79.08	6.89	156.01	13.62	210.18	18.35
6	29.90	5.87	52.72	10.34	86.68	17.01	105.09	20.63
8	23.02	8.04	35.14	12.26	48.15	16.81	52.54	18.35
10	17.96	9.65	23.43	12.78	26.75	14.59	26.27	14.33
12	13.62	10.69	15.62	12.26	14.86	11.67	13.14	10.32
14	10.47	11.20	10.41	11.12	8.26	8.83	6.57	7.02
16	8.07	11.26	6.95	9.70	4.59	6.41	3.28	4.58
18	6.21	10.97	4.63	8.18	2.55	4.50	1.64	2.90
20	4.77	10.41	3.08	6.73	1.42	3.09	0.82	1.79
22	3.67	9.68	2.06	5.42	0.79	2.08	0.41	1.08
24	2.82	8.86	1.37	4.30	0.44	1.37	0.20	0.64
Total	159.14	100.01	234.49	99.98	350.50	99.98	420.14	99.99

De: Alexander, 1977.

abriría el rodal demasiado rápido, e incluso las especies más tolerantes serían incapaces de utilizar inmediatamente de modo completo el sitio, lo que daría por resultado una considerable pérdida en productividad. El técnico forestal debe evaluar el vigor y el potencial de crecimiento de las especies en todas las clases de diámetros y juzgar hasta qué punto puede abrirse el rodal. En los rodales mezclados que presentan mosaicos de vegetación, este análisis debe hacerse para cada grupo vegetal por separado. Se debe tener en cuenta el impacto potencial de las talas sobre la susceptibilidad a la caída por los vientos fuertes, el ataque de insectos y las enfermedades, los efectos de la fauna silvestre sobre el hábitat, los problemas que plantea la disposición de desperdicios y, en particular, la creación de microsítios para la regeneración de especies tolerantes y/o no tolerantes. Después de estas apreciaciones, se debe determinar la intensidad del corte y el número e intervalo entre los cortes con el propósito de llevar el rodal a una condición totalmente regulada.

Las distintas estructuras que pueden crearse o mantenerse en un rodal de edad no uniforme pueden definirse mediante la ley de, de Liocourt (de Liocourt, 1898; Popescu-Zeletin, 1936). La ecuación general que describe a esta ley y que produce una curva exponencial negativa continua, es:

$$N = ke^{-aD}$$

donde N = el número de árboles por acre

k = un coeficiente que representa el número de árboles por acre cuando el diámetro a la altura del pecho es 0

e = la constante napieriana

a = la pendiente de la distribución, que controla la tasa de cambio del número de árboles entre las clases de diámetro sucesivas

D = el diámetro

La ley de de Liocourt se usa para generar la curva en forma de J invertida de la distribución de cualquier rodal de edad no uniforme. Un ejemplo de esto es el cálculo del cociente de disminución q y la relación existente entre q y a , aparece en la nota al pie de página.¹

Moore (1964) analizó la estructura de un bosque de *Engelmann spruce-subalpine-fir* en Utah y evaluó las estructuras potenciales que existían dentro de los rodales a partir del inventario de 1950, hecho sobre 274 parcelas de un cuarto de acre. La distribución de especies y de clases de diámetro de estas parcelas aparece en la figura 14-2. En la figura 14-3 aparece una curva, ajustada por el método de mínimos cuadrados, de la estructura del rodal con sus constantes de de Liocourt y el valor de q . Utilizando las distribuciones de frecuencia de las clases de 2 pulgadas de diámetro de 21 muestras tomadas de cinco parcelas contiguas, se encontró que existía una familia de 21 estructuras en el rodal y que los valores de q variaban de 1.2 a 1.5 (Fig. 14-4). Esto ejemplifica la variabilidad de la estructura dentro de un rodal natural y el hecho de que existen muchas opciones entre las cuales puede elegirse al seleccionar las estructuras que se ajusten a los objetivos del manejo. De modo similar, dentro de un solo tipo de cubierta forestal pueden manejarse varios rodales mediante el uso de diferentes cocientes de disminución. En el manejo u ordenación introductoria, no es obligatoria la aplicación del mismo cociente de disminución en toda la gama de los diámetros. Puede utilizarse un valor de q para las mayores clases y otro para las clases menores.

La distribución del diámetro en los rodales de edad no uniforme tiende a ajustarse al concepto de q (Meyer, 1952); en otras palabras, los rodales naturales de edad no uniforme

¹ La fórmula que describe la ley de de Liocourt se utiliza para determinar el número de árboles que pertenecen a una clase de diámetro en particular.

Suponiendo que las clases por el diámetro sean de 5 cm (2 pulg), el incremento fraccional del número de árboles por acre (N) en una clase cualquiera (clase 14 pulg) por encima del número de árboles de la siguiente clase por el diámetro (clase 16 pulg) es:

$$\frac{N_{14} - N_{16}}{N_{16}}$$

A partir de la ley de de Liocourt, $N = ke^{-aD}$

$$\begin{aligned} \frac{N_{14} - N_{16}}{N_{16}} &= \frac{ke^{-a \cdot 14} - ke^{-a \cdot 16}}{ke^{-a \cdot 16}} \\ &= \frac{ke^{-a \cdot 14}}{ke^{-a \cdot 16}} - \frac{ke^{-a \cdot 16}}{ke^{-a \cdot 16}} \\ &= \frac{ke^{-a \cdot 14}}{ke^{-a \cdot 16}} - 1 \\ &= \frac{ke^{-a \cdot 14 + a \cdot 16}}{k} - 1 \end{aligned}$$

$$= e^{a \cdot 2} - 1 \quad (\text{El incremento fraccional en el número de árboles a partir de la siguiente clase que es 2 pulg mayor en dap})$$

$$\text{Luego, entonces } \frac{N_{14}}{N_{16}} = e^{a \cdot 2}$$

= cociente de disminución q para las clases de 2 pulg en dap

(La proporción real del número de árboles dentro de una clase de 2 pulg dap respecto al número de la siguiente clase superior)

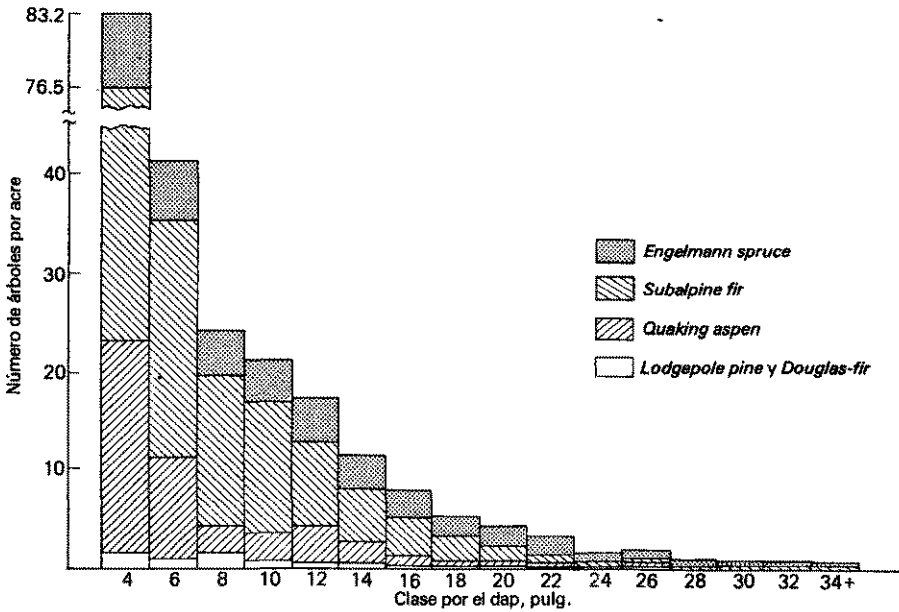


Figura 14-2 Un histograma en el que aparece la estructura y composición del estrato de edad uniforme y no talado de *Engelmann-spruce* y *subalpine-fir* del College Forest, Logan, Utah, con base en el inventario forestal de 1950, en el que se utilizaron 274 parcelas (1/4 de acre cada una). (Tomado de Moore, 1964.)

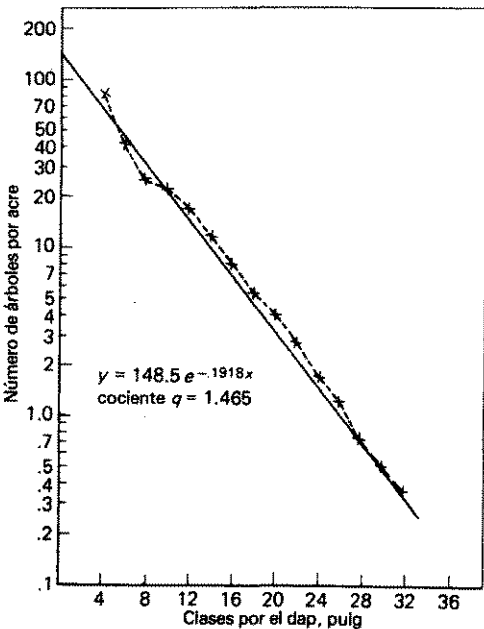


Figura 14-3 La curva ajustada mediante los mínimos cuadrados, resultado de graficar los datos del inventario de 1950 del College Forest; se incluyen las constantes de la fórmula de Liocourt. (Tomado de Moore, 1964.)

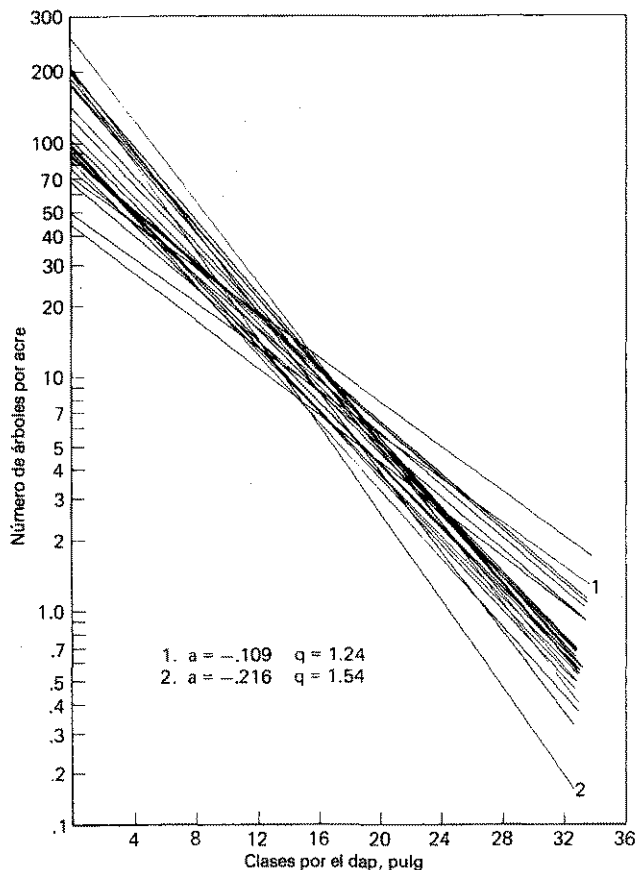


Figura 14-4 Una familia de estructuras que existen dentro del College Forest elaborada con base en 21 muestras, cada una de las cuales consta de cinco parcelas contiguas de $\frac{1}{4}$ de acre y en las que se consideraron las clases de 2 pulg (5 cm) de diámetro; se indican los valores mínimo y máximo de a y los correspondientes valores de q . (De Moore, 1964.)

tienden a estar balanceados; esto se muestra en los ejemplos de varios tipos de cubierta forestal (Tabla 14-2).

Debe recordarse que los valores de q se derivan a partir de la ley de de Liocourt y no permiten hacer ninguna estimación de la densidad; los cocientes de disminución se relacionan estrictamente con la estructura del rodal.

El crecimiento de las distintas clases de diámetros de un rodal de edad no uniforme puede modificarse notablemente a través de un tratamiento silvícola; mediante una tala selectiva puede conseguirse una modificación de la estructura del rodal para que se apegue a los objetivos perseguidos en la explotación; lo anterior fue demostrado por Solomon (1977) quien, trabajando en uno tipo deciduo boreal en Nueva Inglaterra, determinó la influencia de la densidad (medida en términos del área basal) y el porcentaje de madera aserrable sobre el crecimiento de los árboles; al elaborar su estudio estableció 12 estructuras forestales diferentes y, después de 10 años, los rodales de baja densidad mostraron apreciables cambios estructurales, mientras que los densos tuvieron sólo algunos cambios ligeros.

Tabla 14-2 Escala de los valores de q para varios tipos de cubierta forestal silvestre

Tipo	Valor de q (aproximado)	Autor
<i>Ponderosa pine</i> en el sureste de E.U. (densidades de 30 a 100 pie ² de área basal por acre)	1.24	Schubert, 1974
Latifoliadas del norte en Nueva Inglaterra	1.2-1.8	Solomon, 1977
<i>Engelmann spruce-subalpine fir</i> , Utah	1.24-1.54	Moore, 1964
<i>Engelmann spruce-subalpine fir</i> , Montañas Rocallosas	1.3-1.5	Alexander, 1977
<i>Loblolly pine-shortleaf pine</i> , Arkansas	1.25	Reynolds, 1969
Tipo mezclado de coníferas, California	1.3-1.5	Grah, 1977

Los datos indicaron que si se quiere una alta *producción* de madera aserrable se debe reducir el área basal de los árboles aserrables jóvenes, de modo que puedan crecer rápidamente para rendir madera aserrable. Para obtener un *crecimiento* máximo de madera aserrable se debe retener en el rodal un alto porcentaje de este tipo de árboles a la vez que se mantiene una elevada área basal; en el último caso, el crecimiento de los árboles que rinden madera en trozo no es apreciable y se necesita más tiempo para que estos árboles alcancen el tamaño adecuado para rendir madera aserrable.

Tanto en el ejemplo de las latifoliadas boreales (Solomon, 1977) y del tipo *Engelmann spruce-subalpine fir* (Moore, 1964), las especies fueron en su mayoría tolerantes, con una cierta proporción entremezclada de especies no tolerantes, pero se puede realizar el mismo control sobre los rodales de especies no tolerantes, lo cual quedó demostrado por Reynolds (1969) en mezclas de *loblolly pine* y *shortleaf pine* en Arkansas. La figura 14-5 presenta la curva con forma de J invertida con un valor aproximado de q a 1.25 y en la que aparecen los cambios en estructura del rodal inherentes a la tala. El método de selección puede resultar muy productivo cuando el manejo es intensivo; en 29 años de explotación se retiró casi tanto material como el que contenía el rodal original en su totalidad, mientras que el rodal actual presenta un notable aumento en volumen por encima del original. En la figura 14-6 se aprecia una vista de uno de los rodales en Crossett, Arkansas.

ÁREA BASAL EN RODALES DE EDAD UNIFORME

El *incremento del área basal* es una medida de la capacidad que tienen los árboles o los rodales para la producción de elementos del xilema. Esta producción está parcialmente controlada por factores genéticos, pero sufre también la influencia de todos los componentes bióticos, físicos y químicos del ambiente. A medida que se desarrollan los rodales, el área basal se acumula y alcanza su máximo bajo condiciones de población completa. Los tratamientos silvícolas redistribuyen el incremento en área basal pero pueden reducir la producción total de los rodales de edad uniforme.