

DENSIDAD DE RODAL

1.-El concepto de densidad.-

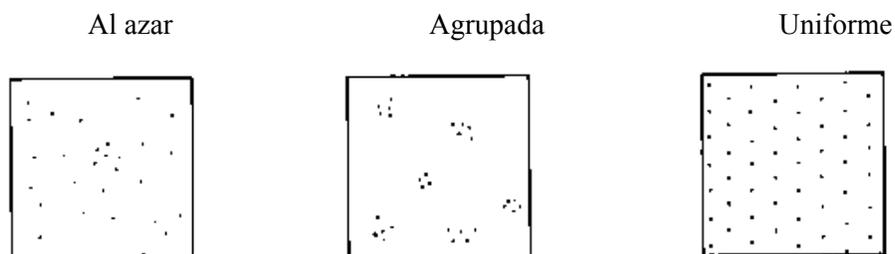
Básicamente el concepto de densidad de un rodal está asociado al de ocupación del espacio disponible para crecer; así existirán rodales en densidad normal, sobredensos y subdensos (Husch, B., Miller, C. and Beers, T. 1993). Para determinar con objetividad el nivel de ocupación del espacio es necesario establecer mediciones y construir índices. Casi todos ellos se relacionan con la **cantidad** de árboles, su **tamaño** y la **distribución espacial** que éstos tengan.

El problema de la ocupación espacial es complejo por cuanto existen relaciones inter e intra específicas de difícil interpretación biológica. Los árboles tienen relación entre sí y con el medio ambiente (Donoso, 1981). Existen relaciones de dependencia en la formación de comunidades vegetacionales y con la capacidad de sitio. También en la formación de las cadenas de dependencia trófica existen interacciones con la fauna de gran importancia en la gestación y repoblamiento de las comunidades forestales. Por ello el problema de la distribución espacial se debe reconocer como extremadamente complejo. Sin embargo y, -con el exclusivo objeto de ilustrar las situaciones más representativas- se presenta a continuación una breve descripción del tema en el enfoque tradicional de producción maderera.

En relación con la **cantidad** de árboles, un indicador objetivo de densidad es el **número de árboles** existentes en una cierta área. Aún cuando ese número indica en forma absoluta la presencia de individuos, de nada sirve si no está definido con relación a su tamaño y/o edad, ya que puede ocurrir que baste solo un ejemplar de gran tamaño que ocupe más intensivamente el espacio que unos cuantos cientos pequeños para darse cuenta que este concepto es insuficiente. Es más, el mismo número de árboles por unidad de superficie puede estar irregularmente distribuido en el espacio y tampoco es suficiente para dar cuenta del verdadero nivel de ocupación de éste.

En relación con el **tamaño** de los árboles debe especificarse el componente del rodal que se trate. Los componentes básicos de la ocupación del espacio del árbol y del rodal son el fuste, la copa y sus raíces. En general y dado lo difícil de su medición, es que se utiliza el **DAP** de los individuos para hacer su caracterización. En sí, el histograma de frecuencia del DAP -ó distribución horizontal- entrega muy buena información sobre el tamaño del rodal. La medición de copas y raíces es un tema dendrométrico complejo y que naturalmente está relacionado con el tamaño del fuste y/o su copa.

En relación con la **distribución** espacial de los árboles existen varios modelos teóricos clásicos en que se definen: aleatorio, uniforme y agrupado como se indica en la figura siguiente (Barasorda 1977).



El tipo de distribución espacial de los árboles en el rodal tiene sentido en el aprovechamiento físico del espacio de crecimiento y es un concepto dependiente de la escala. Estos modelos naturales de distribución espacial son locales, variables espacialmente, sin considerar variaciones en la calidad de sitio y en ausencia de factores de control humano.

En las distribuciones **aleatorias** se debe esperar ausencia total de interacciones entre los individuos y con el medio (Márquez, 2000). Para que la probabilidad de encontrar un individuo sea la misma en todo los puntos del espacio, es necesario que todo este espacio ofrezca las mismas condiciones, asimismo, la presencia de un individuo no debe afectar de ninguna manera la presencia de otro, es decir, los individuos no deben presentar ningún tipo de atracción o segregación. Esta situación puede ocurrir en situaciones de colonización luego de efectos catastróficos, donde el suelo es relativamente parejo y la instalación de las plántulas es relativamente independiente una de otra.

En las distribuciones uniformes regulares se debe esperar interacciones negativas entre los miembros de la población de manera que existen interacciones hostiles y cada individuo maximiza su supervivencia, minimizándose la hostilidad del conjunto (Márquez, 2000). Esta condición suele no existir en poblaciones naturales. Las plantaciones se suelen realizar con patrones de distribución uniformes para intentar maximizar el aprovechamiento del recurso suelo y minimizar la competencia entre los individuos. Existen otras formas de ordenación espacial uniformes tales como la equilátera y las rectangulares. Estas distribuciones originales producto de la competencia y de la edad pueden cambiar con facilidad hacia distribuciones agrupadas o aleatorias.

Las distribuciones **agrupadas** indican la presencia de interacciones entre los individuos, o entre los individuos y el medio (Márquez, 2000). Existen muchas causas probables para la formación de un patrón agregado, Tales como rebrote vegetativo de plantas luego de la cosecha de los árboles o cuando se producen espacios de luz lo cual favorecer la instalación de regeneración natural (Barasorda, 1977)

En general y dada la natural diversidad de los componentes del rodal es preferible usar información resumida a través de algunos parámetros de tendencia central, usando un conjunto pequeño de parámetros de fácil interpretación física, como una medida conjunta del DAP medio y el número de árboles por unidad de superficie. Resulta más apropiado utilizar una medida de DAP que represente muy directamente el nivel de ocupación de espacio, por lo cual se utiliza el **diámetro medio cuadrático**, que es el diámetro equivalente al árbol de área basal media, en vez del diámetro promedio aritmético, cuya significación en biomasa es menos directa.

2.-La densidad y el sitio.- El concepto de ocupación de espacio a que se ha hecho referencia tiene su raíz en el concepto de sitio, que más adelante se explicará en detalle. Por ahora baste decir que el espacio de crecimiento depende de características bióticas y abióticas muy específicas que permiten el crecimiento de las plantas: el suelo, el agua disponible para el crecimiento, la exposición, la temperatura, los nutrientes, etc. (Donoso,1981) Todo ese conjunto de factores incide en la capacidad de albergue para permitir el desarrollo de las plantas las cuales se traducen finalmente en una cierta “densidad”. Los sitios buenos por ejemplo, tienen alta capacidad para generar biomasa, sin embargo tiene procesos de crecimiento mucho más acelerados que los sitios más pobres, generando una dinámica de mortalidad y diferenciación de tamaños mucho más acentuada. Por ello el sitio define directamente densidad de los rodales.

3.-Composición del rodal.- Otro factor importante en la densidad es la composición de especies del rodal, teniendo en general las especies tolerantes a la sombra mayor capacidad de albergue de individuos que las especies intolerantes (Donoso, 1981). Mas aún en los rodales que han alcanzado su estado estable,

aprovecha todo el potencial de crecimiento y ello se expresa normalmente a través de la diversidad florística y de fauna. En realidad el rodal debe interpretarse como la expresión física de información genética expuesta al medio, en condiciones de competencia.

4.-La edad del rodal.- Tan importante como los anteriores factores que definen la densidad es su edad. El rodal es un sistema dinámico donde los árboles compiten por los factores de crecimiento y a medida que ocurren los procesos de competencia y diferenciación en tamaños, ocurren los procesos de mortalidad (Urzúa, 1975), (Zunino, 1996)). El ámbito de la silvicultura es precisamente el control de estos procesos naturales dinámicos de manera de conseguir los resultados propuestos.

5.-La estructura del rodal y la densidad.- La estructura de un rodal define claramente la dinámica de desarrollo de la densidad. Rodales coetáneos intolerantes en su inicio tendrán alta densidad inicial y baja densidad final, en tanto rodales multietáneos mixtos tendrán siempre un nivel de densidad muy estable controlado por su propia y estable estructura.

6.-Índices de densidad.-

Para hacer más explícito y objetivo el concepto de densidad se utilizan alguno o varias combinaciones de los factores anteriormente descritos para construir “índices de densidad”.

Es necesario que éstos índices cumplan algunos requisitos básicos:

- que sean simples, fáciles de medir y prácticos,
- que tenga el mismo significado para todos los usuarios y que represente bien el concepto de densidad que se pretende utilizar,
- debe ser independiente del sitio y la edad, ya que la correlación que pueda existir entre éstos factores puede anular la capacidad de predicción en términos de volumen,
- variaciones en el índice deberían reflejarse en la forma el crecimiento. A partir de la densidad actual, el índice debería tener la capacidad de estimar la densidad futura,
- Idealmente el índice debería ser aplicable a cualquier rodal, coetáneo o multietáneo, simple o mixto.

Los principales índices propuestos en la literatura son:

6.1.- Número de árboles-

Como se indicara con anterioridad el sólo recuento de árboles es el más elemental concepto de densidad pero carece de significación práctica si no se expresa en relación con el tamaño de sus árboles.

6.2.- N° de árboles y DAP.-

Existen varios índices de densidad de un rodal que en forma combinada relacionan el tamaño de sus árboles (representados por alguna función de su DAP) y el número de árboles que lo componen.

6.2.1.- Índice de densidad de rodal de Reinecke.-

El índice de Reinecke relaciona -en el plano logarítmico-, el número de árboles por unidad de superficie con su diámetro medio cuadrático (Zunino, 1996). Esta relación es lineal, al observar distintas unidades muestrales en el rodal en el tiempo, y tiene una pendiente negativa. Reinecke determinó para varias especies un valor de -1.605 para varias especies independientemente del sitio y la edad. La densidad se expresa en los distintos niveles de la constante del modelo, y depende de las variaciones de micrositio dentro del rodal. A partir de éste índice se deduce un modelo de clara interpretación biológica en la llamada “ley del autoraleo” (Zunino, 1996).

El índice se construye para cada rodal a partir de una muestra de observaciones en el tiempo - idealmente independientes-, o unidades muestrales fijas en el tiempo (con el consiguiente problema de autocorrelación) y/o con una mezcla de ambas (unidades muestrales permanentes y temporales). Se ajusta una recta de la forma descrita y se genera una familia de curvas de densidad utilizando como índice (100%) el valor promedio y el resto en forma paralela sobre y bajo la recta promedio. De esta manera para ese rodal, es posible calcular su nivel o índice de densidad de rodal normal, sobredensos y subdensos. Para

muestras del rodal se observa el par (log DAP-Log N) y se define su índice de densidad como aquella recta más cercana. Otra manera de utilizar este índice es definir un diámetro medio cuadrático clave (fijo) y se define la densidad normal como el número de árboles por hectárea esperado en la recta, así todas las muestras que estén cerca de esa recta promedio recibirán como índice de densidad ese valor.

6.2.2.- Área basal por hectárea.-

El área basal, definida como la suma por unidad de superficie de todos los fustes a nivel del DAP, es otra expresión combinada de DAP y Número de árboles. Del área basal y el número de árboles por unidad de superficie es directamente deducible el diámetro cuadrático medio. Las dos expresiones -área basal y diámetro medio cuadrático- son equivalentes y se utilizan como índices de densidad (Husch, 1993).

Para quienes tienen suficiente experiencia en terreno, el área basal es una medida directa de la densidad, para un sitio y edad dada. Quienes todavía no la tienen pueden usar su equivalente -diámetro medio cuadrático y número de árboles por hectárea- ya que permite ilustrar la densidad del rodal como una agregación de N árboles en la superficie de un DAP promedio.

6.2.3- Razón de área por árbol.-

Este índice se deduce del supuesto que el área de ocupación de un árbol está definido por una tendencia del tipo polinomio cuadrático con su DAP. Así cada árbol en una superficie dada genera un área de ocupación y depende de su diámetro y el área total de ocupación será igual a la suma del área ocupada por todos sus árboles. (Corvalán, 1985)

Este índice debe ser construido con árboles pertenecientes a rodales con densidad completa. Este índice es independiente de la edad y del sitio y puede ser utilizado para todo tipo de estructuras.

6.2.4.- Factores de competencia de copas.-

Otra forma de medir la ocupación del espacio análoga a la de la razón de área por árbol, es el factor de competencia de copas. Supone que árboles que crecen aislados -sin competencia- pueden expresar el diámetro de su copa como una función lineal de su DAP. De esta forma, su área de copa será proporcional al cuadrado de esta función. Si se supone que la máxima área de copa para árboles -expresada como porcentaje sobre cierta superficie-, es proporcional al cuadrado de su función de DAP, la suma de todas las áreas de copas de los distintos árboles en la superficie será igual a la suma de todas las máximas áreas de copa de todos los árboles (que dependen de su DAP) y su factor de competencia de copa será ese valor dividido por la superficie que los contiene. (Corvalán, 1985)

La función se construye con una muestra de árboles de distinto tamaño, creciendo en condiciones de aislamiento.

Este índice de densidad se supone independiente de la edad, sitio y estructura de los rodales.

6.3.- N° de árboles y altura. -

Otra forma de medir la densidad de rodal es utilizando la altura dominante del rodal como expresión de su tamaño, combinada con el número de árboles que la componen. Es una visión vertical de ocupación del espacio en el rodal.

El más utilizado es el índice de Hart que expresa el cociente entre la altura dominante del rodal y su espaciamiento promedio. El concepto de densidad tiene que ver con esa proporción. A medida que el rodal aumenta su altura dominante, debe aumentar su espaciamiento para mantener fija su densidad. Las variaciones de densidad pueden aumentar o disminuir debido a cambios en la proporción (Husch, 1993).

6.4.- N° de árboles, DAP y Altura.-

Un intento por expresar de la forma más completa posible el concepto de densidad, es integrando el número de árboles, DAP y Altura. Aún cuando éstos indicadores son más robustos conceptualmente, requieren de alto costo de medición (Husch, 1993).

6.4.1. Área fustal del rodal.-

Intenta expresar la superficie fustal a partir de funciones de ahusamiento. Supone que para un árbol particular, la forma fustal -como función del DAP y la altura total del árbol-, queda suficientemente bien representada por la integración de su perímetro a través de toda la altura. Por extensión a la superficie del rodal, supone que el área fustal total es la acumulación de todas las áreas fustales de sus árboles y su expresión numérica es un muy buen indicador de la densidad. (Husch, 1993)

Este índice supone relaciones proporcionales entre la biomasa y la superficie fustal.

6.4.2.- Volumen del rodal.-

Es la extensión del concepto de índice que sustenta el área fustal habiendo incluido el factor de forma de los árboles.

Sin duda es el índice más completo de todos, pero a su vez, el más alejado de las condiciones de simpleza y economía que se sugiere en la construcción de éstos.

Referencias Bibliográficas.-

- Barasorda, M. 1977 Estudio de distribución horizontal y densidad en bosque de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Depto. de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile. 1977
- Corvalán, P. 1985.- Ralind: Un simulador de raleo en árboles individuales. Apuntes de clases mecanografiados. Departamento de Manejo de Recursos Forestales. Universidad de Chile.
- Donoso;C. 1981. Ecología Forestal.El bosque y su medio ambiente. Editorial Universitaria., Universidad Austral de Chile.
- Husch, B., Miller, C. and Beers, T. 1993. Forest Mensuration. Krieger Publishing Company, Third Edition Malabar, Florida.
- Márquez, E. 2000 <http://prof.usb.ve/ejmarque/cursos/ea2181/core/desp02.html#top>:
- Urzúa, A. 1975 Estudio de distribución horizontal y densidad en bosques de *Nothofagus glauca* (Phil.) Krasser.
- Zunino, C.E. 1996. Análisis de la teoría de auto-raleo en plantaciones de pino insigne (*Pinus radiata* D.Don). Memoria para optar al título de Ing. Forestal, Universidad de Chile. 73 pp.