

**DETERMINACION DE LA HOMOGENEIDAD DE RODALES (\*)**

**Ronnie de Camino (\*\*)**  
C.D. Oxf.: (228.5/6)

**RESUMEN**

Se presenta a discusión el análisis de homogeneidad de rodales, y sus posibilidades de aplicación en estudios de estructura de bosques, en análisis de intervenciones silvícolas y decisiones de manejo forestal.

**SUMMARY**

This paper deals with the analysis of stand homogeneity and its possible application in studies of a forest structure, in the analysis of silviculture treatment and decisions of forest management.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Die vorliegende Arbeit stellt einen Homogenitätskoeffizienten zur Diskussion, der geeignet wäre Strukturuntersuchungen vorzunehmen und Entscheidungen ueber die Behandlung und Einrichtung des Waldes zu treffen.

**1.—INTRODUCCION**

El problema de la determinación de la estructura, especialmente en bosques nativos, lleva a la búsqueda de criterios objetivos de análisis. En las descripciones de bosque nativo normalmente se usa una cantidad muy grande de variables individuales, cuando en realidad son las relaciones entre esas variables las que mejor definen un tipo forestal y además determinan la estructura de dicho tipo.

Con el objeto de contribuir al estudio de la estructura de los rodales, se puede utilizar el análisis de homogeneidad que aquí se presenta. Homogeneidad para nuestros fines, se define de la siguiente manera (de Camino, 1976): "La homogeneidad de un rodal representa la relación porcentual entre el número de árboles y el volumen, ambos estratificados por clases de diámetros". De acuerdo con la definición,

en un rodal absolutamente homogéneo cada árbol tiene el mismo volumen y en un rodal heterogéneo un alto porcentaje de los árboles tiene una pequeña proporción del volumen y un pequeño número de árboles tiene una alta proporción del volumen.

**2—DETERMINACION DE LA HOMOGENEIDAD.**

Para determinar la homogeneidad de un rodal se usa el coeficiente de homogeneidad y para comparar gráficamente rodales, se usa la curva de Lorenz (de Camino, 1976).

El coeficiente de homogeneidad es una transformación del coeficiente de Gini (Gini, 1931) que mide la concentración de la tierra según el número de propietarios y estrato de tamaño. El coeficiente de homogeneidad mide la distribución del volumen y del número de árboles según clases de diámetro.

El coeficiente tiene la siguiente expresión

$$H = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} N_i}{\sum_{i=1}^{n-1} (N_i - V_i)}$$

dónde: H = coeficiente de homogeneidad

$N_i$  = suma del % de árboles hasta la clase i

$V_i$  = suma del % volumen hasta la clase i.

El coeficiente varía teóricamente entre 1 e infinito, pero en la práctica se han encontrado valores no mayores a 11. El valor 1.0 indica heterogeneidad completa y al crecer el valor del coeficiente aumenta la homogeneidad del rodal.

Para calcular el coeficiente de homogeneidad, basta tener una tabla de rodal y existencias. Un ejemplo de cálculo del coeficiente se expresa en el cuadro N° 1.

(\*) Trabajo realizado en el Instituto de Manejo Forestal de la Universidad de Goettingen con el auspicio de la fundación Alexander von Humboldt.

(\*\*) Profesor de el Instituto de Manejo y Economía Forestal de la Facultad de Ingeniería Forestal, Universidad Austral de Chile, actualmente becado en la república Federal de Alemania.

CUADRO N° 1

Ejemplo de cálculo del coeficiente de homogeneidad. *Picea abies*, 34 años de edad.

| Clase de diámetro | i  | % N° árboles | % volumen | Ni    | Vi    |
|-------------------|----|--------------|-----------|-------|-------|
| 1                 | 2  | 3            | 4         | 5     | 6     |
| 7                 | 1  | 7.8          | 1.1       | 7.8   | 1.1   |
| 8                 | 2  | 10.4         | 3.2       | 18.2  | 4.3   |
| 9                 | 3  | 12.0         | 5.4       | 30.4  | 9.7   |
| 10                | 4  | 13.3         | 8.2       | 43.5  | 17.9  |
| 11                | 5  | 12.4         | 10.8      | 55.9  | 28.7  |
| 12                | 6  | 13.8         | 14.2      | 69.7  | 42.9  |
| 13                | 7  | 9.2          | 12.4      | 78.9  | 55,3  |
| 14                | 8  | 7.3          | 12.0      | 86.2  | 67,3  |
| 15                | 9  | 6.3          | 12.0      | 92.5  | 79.3  |
| 16                | 10 | 3.6          | 8.3       | 96.1  | 87,6  |
| 17                | 11 | 2.0          | 5.5       | 98.1  | 93.1  |
| 18                | 12 | 1.0          | 3.3       | 99.1  | 96.4  |
| 19                | 13 | 0.7          | 2.4       | 99.8  | 98.8  |
| 20                | 14 | 0.2          | 1.2       | 100.0 | 100.0 |
| Suma              |    | 100.0        | 100.0     | —     | —     |
| Suma hasta n—1    |    | —            | —         | 876.0 | 682.4 |
| Ni — Vi           |    | —            | —         | 193.6 |       |
| H                 |    | —            | —         | 4.52  |       |
| Valores Há        |    | 3.314 arb.   | 220.8 m'  |       |       |

La curva de Lorenz expresa gráficamente lo mismo que el coeficiente de homogeneidad y se construye con los valores Ni como abcisas y los valores Vi como ordenadas.

Prodan (1965) usa el mismo tipo de función de distribución porcentual acumulada para expresar el volumen de un árbol a diferentes alturas y el valor de la madera en porcentaje en función del porcentaje en volumen. Si todos los árboles de un rodal tienen el mismo volumen, la homogeneidad es máxima y la curva de Lorenz se transforma en una recta que pasa por los puntos (0,0) y (100,100) (Figura N° 1). El ejemplo del Cuadro N° 1 se representa en la figura N° 1 y se aprecia que a medida que disminuye la homogeneidad, la curva se aleja de la recta de máxima homogeneidad.

El coeficiente de homogeneidad y la curva de Lorenz deben obtenerse bajo las siguientes condiciones para que tengan valor como herramientas de análisis:

1. Usar clases de diámetro de 1 cm o de una pulgada, según la forma de presentación de los datos del inventario del cual se extrae la información. Cuando ello no sea posible,

por lo menos diferenciar un mínimo de 10 clases de diámetro.

2. Considerar los árboles a partir del diámetro mínimo en que dan volumen, pues de lo contrario se desprecia una cantidad considerable de los árboles, que aún cuando tienen poco volumen total, tienen una influencia decisiva sobre la homogeneidad y sobre la caracterización de la estructura del rodal.

En la figura N° 1 el rodal de *Picea* se representa con clases de diámetro de 1 y 3 cm y se aprecia que mientras menor es el número de clases (mayor amplitud de las clases), más homogéneo parecerá el rodal. Para evitar este tipo de problemas es que se hace necesario seguir las normas indicadas.

### 3.- RESULTADOS ANTERIORES

Hasta el momento el análisis de homogeneidad se ha aplicado a rodales coetáneos de *Picea* y *Haya* y a rodales irregulares, multietáneos de *Abeto* — *Picea* — *Haya*. Los resultados obtenidos permiten afirmar lo siguiente (de Camino, 1976):

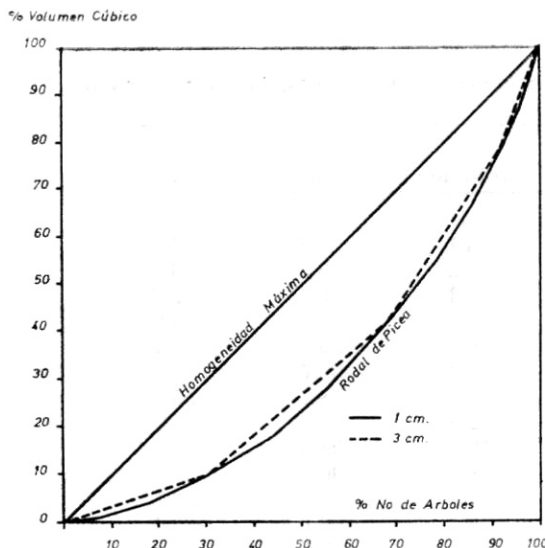


Fig. N° 1.- Curva de Lorenz.

1. En bosques coetáneos el valor del coeficiente de homogeneidad fluctuó entre 2.2 y 10.0 y en bosques irregulares entre 1.3 y 2.8.
2. El tiempo actúa como factor diferenciador ya que su transcurso disminuye el valor del coeficiente de homogeneidad, tanto en

bosques coetáneos como multietáneos.

3. El raleo bajo, aumenta la homogeneidad de los rodales. Bosques sometidos a este tipo de raleos durante largo tiempo mostraron coeficientes entre 4.0 y 10.0.
4. El raleo alto disminuye la homogeneidad de los rodales. Bosques raleados varias veces con este sistema mostraron valores que fluctúan entre 2.2 y 4.2.
5. En bosque multietáneo, irregular, manejado, hay una relación inversa entre calidad del sitio y homogeneidad. Mientras mejor es el sitio, más heterogéneo es el rodal, o en otras palabras, en un mal sitio, no puede desarrollarse un bosque irregular perfecto.
6. Las relaciones indicadas fueron también observadas en la curva de Lorenz, la que refleja con fidelidad el comportamiento del coeficiente de homogeneidad.

#### 4— EJEMPLO EN BOSQUE NATIVO

Basándose en los inventarios existentes para bosque nativo, se calculó el coeficiente de homogeneidad para algunos tipos forestales, los que se indican en el Cuadro N° 2.

CUADRO N° 2  
Coeficiente de Homogeneidad en algunos tipos de bosque nativo.

| TIPO                     | COEFICIENTE | FUENTE                  |
|--------------------------|-------------|-------------------------|
| Raulí — Coigüe Comercial | 1.900       | Instituto Forestal 1971 |
| Raulí — Coigüe Explotado | 1.874       | CONAF 1973              |
| Canelo—Tepa chilote      | 2.199       | Leyton 1964             |
| Araucaria—Coigüe—Lenga   | 3.188       | Instituto Forestal      |
| Araucaria—Coigüe         | 4.229       |                         |
| Araucaria—Lenga          | 5.481       | 1969                    |
| Coigüe—Lenga             | 3.810       |                         |
| Coigüe                   | 3.670       |                         |

El inconveniente que se presenta al trabajar con las cifras de los inventarios existentes está en que en todos los casos el diámetro inferior por el cual se empezó a medir es de 25 cm, con lo que no se están considerando los árboles entre 10 y 25 cm y por lo tanto no se obtiene una idea exacta de la homogeneidad. Además fue necesario hacer clases de diámetro de 10 cm, pues los datos de volumen de uno de los inventarios (tablas de existencia) se calcularon cada 10 cm (CONAF, 1973). Tomando en cuenta ambas restricciones se puede

afirmar que los valores reales de los coeficientes deben ser inferiores a los entregados en el cuadro N° 2. De acuerdo a los valores obtenidos para Haya, Picea y Abeto, en bosque coetáneo y heteroetáneo, podríamos adoptar transitoriamente los siguientes rangos de clasificación:

- H = 1.0 — 3.0 Bosque irregular
- H = 3.1 — 3.5 transición
- H = +3.5 Bosque regular

Los tipos forestales de la tabla se clasificarían entonces de la siguiente manera:

Bosque

- irregular : Tipos Raulí Coigüe Comercial  
Raulí Coigüe Explotado  
Canelo - Tepa Chilote
- transición: Araucaria - Coigüe - Lenga
- Bosque regular : Araucaria - Coigüe  
Araucaria - Lenga  
Coigüe - Lenga  
Coigüe

En la figura N° 2 se presenta la colección de curvas de Lorenz para 3 de los tipos analizados, un tipo regular, uno irregular y uno de transición. Se puede observar claramente que mientras más homogéneo es un tipo, más se acerca a la línea de máxima homogeneidad y viceversa.

5.— POSIBILIDADES DE APLICACION DEL ANALISIS DE HOMOGENEIDAD.

El análisis de homogeneidad de bosques puede ser herramienta útil en estudios de estructura de rodales y para la observación de su dinámica de desarrollo. Algunas de las posibilidades de aplicación de acuerdo a conclusiones provisionarias se indican a continuación:

1. El análisis de homogeneidad sirve como ayuda o apoyo en la toma de decisiones respecto a forma de manejo de bosques nativos (sin manejo anterior). Para ello es necesario, después del inventario forestal y sobre un mapa de tipos forestales, hacer un mapa o carta de homogeneidad, es decir un plano en el cual aparece cada parcela de inventario con el valor de su coeficiente de homogeneidad y luego se unen los puntos que corresponden a un mismo rango de valor.

A través de un ejemplo se puede apreciar más claramente el alcance de un mapa de homogeneidad. Supuesto una superficie de bosque nativo en la cual por razones de pendiente, suelos y sistema hidrológico es necesario mantener al máximo la persistencia del bosque. Por este motivo se decide que los rodales irregulares y de transición se manejarán como irregulares. De acuerdo con ello se incluirán bajo el mismo tipo de manejo:

- H = 1.0 — 3.0 y  
3.1 — 3.5 Manejo irregular
- H = + 3.6 Manejo regular

Se supone que toda la superficie corres-

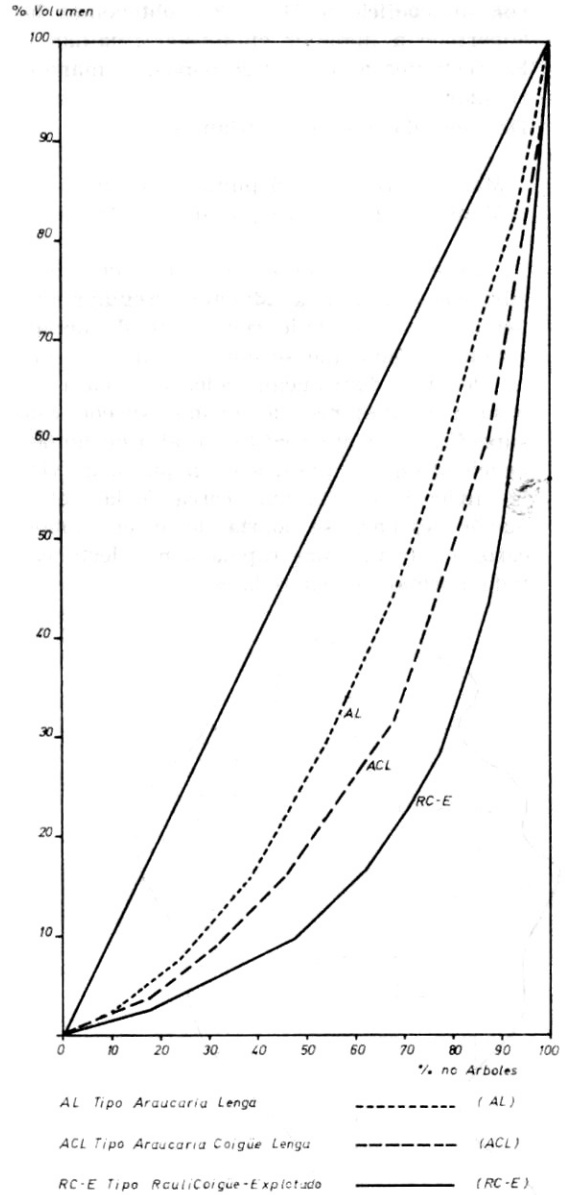


Fig. N° 2.- Curva de Lorenz para algunos tipos de Bosque Nativo.

ponde al mismo tipo forestal, por ejemplo el tipo forestal Araucaria en sus diferentes grados de mezcla con otras especies, desde Araucaria pura hasta casi Coigüe puro en el límite inferior de altitud. La superficie es de 1.808 hectáreas, el muestreo realizado alcanza a 0.625% con 113 parcelas de 0.1 hectáreas, ubicadas a 400 metros unas de otras en forma sistemática, como lo señala la figura N° 3. El Valor del coeficiente de homogeneidad para cada parcela está anotado en el mapa. Uniendo las superficies

con un coeficiente H = 3.5, obtenemos la superficie a manejar en forma irregular y los restantes puntos corresponden a manejo regular.

De acuerdo a ello tendríamos:

Manejo irregular, 85 puntos    1.360 há  
 Manejo regular   , 28 puntos    448 há

Parece lógico desde un punto de vista silvícola, destinar a Manejo irregular superficies con un bajo coeficiente de homogeneidad, dado que se encuentran más cerca de una distribución adecuada para el bosque multietáneo, lo mismo sucede con superficies con un coeficiente alto de homogeneidad en los que desde un punto de vista silvícola se está más cerca de la distribución regular. Se podría llegar en ambos casos en forma más rápida a un cierto estado normal de los rodales.

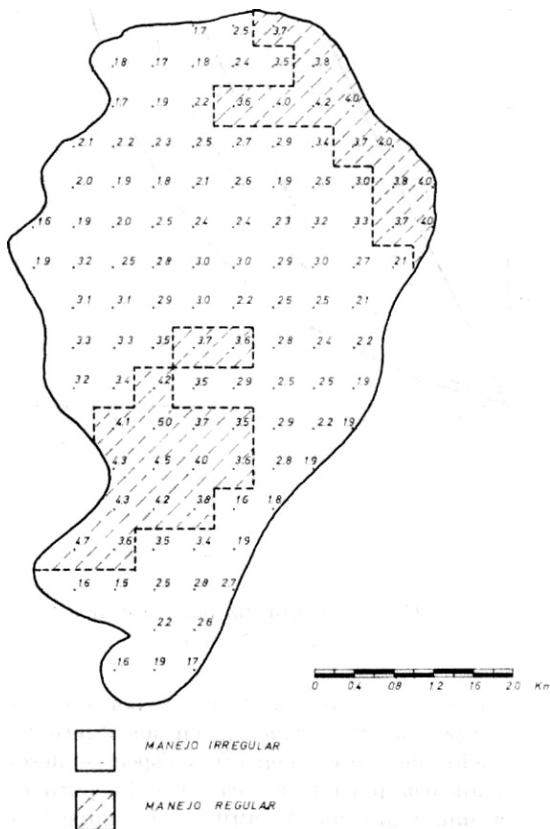


Fig. N° 3.- Mapa de Homogeneidad.

2. El análisis de homogeneidad sirve para estudiar la dinámica de los bosques y para explicar los cambios que un rodal sufre en el tiempo. Permite asimismo explicar o

justificar algunas medidas silvícolas en un bosque.

Se veía en el punto anterior que a través del mapa de homogeneidad se puede decidir sobre tipo de manejo a que se someterá una superficie, ya que la homogeneidad indicará también la mayor o menor dificultad para alcanzar un cierto objetivo silvícola. Por ejemplo, será más difícil llevar un tipo de transición hacia un manejo irregular, que mejorar la estructura de un bosque irregular que de por sí muestra una baja homogeneidad.

También se puede citar, que en un bosque de Haya, después de 20 años de raleos altos, se cambió el coeficiente de homogeneidad desde 3.98 hasta 2.2, es decir la estructura actual de dimensiones, a pesar de tratarse de un bosque coetáneo es bastante irregular. Siguiendo con este razonamiento, se confirma entonces que las intervenciones a realizar en un bosque nativo que quiere mantenerse irregular corresponden a la forma de un raleo alto.

Por otra parte si se tiene un bosque de transición, para convertirlo en bosque regular habrá que proceder con intervenciones similares a las del raleo bajo y si por el contrario se quiere mantener una estructura irregular habrá que hacer raleo alto.

3. En un bosque irregular manejado es posible reconocer calidades de sitio que varían en forma inversa a la homogeneidad de los rodales. En bosque natural es en cambio difícil determinar si las diferencias de estructura dentro de un mismo tipo se deben a diferencias de calidad de sitio o bien a diferentes fases en la dinámica del bosque nativo (Brun, 1969). Dado que en los estudios de estructura la distribución del número de árboles por clase diamétrica es fundamental y dado también que el coeficiente de homogeneidad y la curva de Lorenz consideran no sólo dicha distribución, sino que además la distribución del volumen, el análisis de homogeneidad debe incorporarse dentro de los estudios de estructura.

Dichos estudios de estructura son fundamentales en el conocimiento de la dinámica de los bosques naturales y por lo tanto de gran utilidad en la definición de métodos adecuados de manejo forestal.

## 6 — CONCLUSIONES

El análisis de homogeneidad puede transfor-

marse en una herramienta útil para el análisis de rodales, para estratificar tipos forestales de acuerdo a esquemas de manejo y para evaluar diferentes tipos de intervenciones silvícolas y medir su efecto sobre la estructura del rodal en el tiempo. Sin embargo, antes de generalizar su uso, es necesario ensayar su aplicación

con datos adecuados, que reflejen realmente la estructura del número de árboles y del volumen y que permitan además diferenciar claramente los rangos de valor del coeficiente de homogeneidad para bosques regulares, irregulares y de transición.

#### R E F E R E N C I A S

- BRUN, R., 1969: Strukturstudien in gemässigten Regenwald Südchiles als Grundlage für Zustandshebungen und Forstbetriebsplanung. Dissertation. U. Freiburg. Deutschland.
- DE CAMINO, 1976: Zur Bestimmung der Bestandeshomogenität. Allgemeine Forst. u. — Jagdzeitung. 147, 2/3.
- GINI, C., 1931: Li basi scientifici della politica della popolazione. Catania.
- INSTITUTO FORESTAL, 1969: Inventario Forestal de la reserva forestal de Malalcahuello. Informe Técnico N° 32. Santiago.
- 1971: Inventario Forestal de la reserva forestal del Sector Niblinto de Malleco. Inédito, Santiago.
- LEYTON, J., 1964: Estudio económico del abastecimiento de madera de una central de aserradura de bosque nativo. Tesis de grado U. de Chile. Santiago.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, CONAF, 1973: Pre-plan de Manejo para la Reserva Forestal de Malleco. Temuco.
- PRODAN, M., 1965: Holzmesslehre. J.D. Sauerländer's Verlag. Frankfurt am Main.