

Estudio de una Metodología para la Determinación de Edades en Bosques Naturales

J. Dance Caballero⁽¹⁾
J. Malleux Orjeda⁽²⁾

Resumen

Una de las incógnitas más difíciles de determinar en los bosques naturales es la edad de los mismos, tanto a nivel de masa como de las especies individualmente. El conocimiento de este parámetro podría contribuir significativamente en la determinación de los turnos y ciclos de corta en el manejo de los bosques tropicales.

En este trabajo se presenta una metodología que permite estimar la edad del bosque, determinando una correlación entre el D.a.p. y los incrementos anuales períodos con la edad, en base a los datos obtenidos de las parcelas permanentes de crecimiento establecidas en los bosques de Jenaro Herrera.

Summary

One of the most difficult problems in natural forest is to determine the age, such as a mass or individually. The knowledge of this parameter would contribute significantly in the determination of turns and cutting cycles in the tropical forest management.

The contribution of this paper is a methodology for the estimation of the age of a forest, making a correlation between the Dbh and the annual periodic increment with the age, according to the information from the permanent growing samples plots established in Jenaro Herrera forests.

Revisión de Literatura.

El crecimiento y edad de los bosques tropicales es un tema poco estudiado por los investigadores forestales, debido a la complejidad de los mismos; sin embargo, todos coinciden en destacar la importancia de estos estudios con el fin de establecer los períodos de rotación y turnos de corta para los planes de manejo. La información básica puede ser obtenida a través de parcelas permanentes de crecimiento, establecidas especialmente, o a través de inventarios forestales continuos, así AVERY (1) destaca la importancia del inventario forestal continuo a través del establecimiento de parcelas de muestreo permanente que son mantenidas y medidas periódicamente con el propósito de inferir información, a partir de ellas, de grandes áreas forestales. Señala el mismo autor que el concepto básico de los inventarios continuos fue desarrollado en Europa por el año 1800. Según BARTON (2) las primeras parcelas establecidas en los Estados Unidos fueron por el año 1937, con el objeto de hacer estudios sobre incrementos.

La Dirección General del Inventario Nacional Forestal de México (1972), en sus notas INF (4) señala la importancia de los inventarios continuos a través de parcelas en el sentido de que no es posible planear el aprovechamiento, la protección y el fomento de los recursos, si no se cuantifican o valorizan las alteraciones que con el paso del tiempo ocurren.

¹ Profesor Auxiliar, Dpto. de Manejo Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima

² Profesor Asociado, Dpto. de Manejo Forestal. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima

En el Perú se están haciendo estudios sobre la dinámica de los diferentes tipos de bosques tropicales a través de parcelas de crecimiento, especialmente establecidas.

MONTENEGRO, MALLEUX y GINKUS (9) hacen una adaptación del "Code of Sample Plot Procedure" a las condiciones especiales de los bosques, tropicales, para lo cual han elaborado un manual que está siendo usado como base para el establecimiento y control de las parcelas de crecimiento, que son motivo de este trabajo

A partir de los diferentes parámetros obtenidos de las parcelas de crecimiento, es factible inferir muchos otros, siendo tal vez uno de los más importantes el que se refiere a la edad de las masas forestales o de los árboles independientemente.

Se han desarrollado algunas técnicas para establecer la edad de los árboles, así BRUCE y SCHUMACHER (3) señalan algunas metodologías tales como: la estimación de la edad en base a la apariencia externa de los árboles o por los verticilos de las ramas o por los anillos anuales de crecimiento. El primero de ellos requiere de una gran experiencia y se basa en características de la copa, fuste, corteza, etc., siendo los rangos de confiabilidad muy amplios. Los otros dos métodos que se caracterizan por el aumento de un verticilo o de un anillo de crecimiento anualmente, según Husch (5), encuentran una barrera difícil de sobrepasar en zonas en que los cambios estacionales no son tan marcados, como es el caso de los bosques tropicales.

El desarrollo de una metodología apropiada para la determinación de edades en bosques tropicales podría tomar como base la información obtenida a partir de las parcelas permanentes de crecimiento.

En sus investigaciones generales JERRAM (7) encuentra que existe una relación directa entre el diámetro y la edad de los árboles. La información más importante obtenida de las continuas mediciones hechas en parcelas de crecimiento, es el incremento que sufren los árboles a través del tiempo; así PRODAN (10) establece que existe una correlación de tipo cuadrática entre los incrementos diamétricos y las clases diamétricas. LOETSCH, ZOHRER y HALLER (8) analizan los incrementos diamétricos anuales periódicos y los diámetros a la altura del pecho, para individuos agrupados por clases de edades, encontrando una correlación lineal entre estos parámetros lo cual les permite, hacer inferencias muy valiosas entre incrementos, diámetros y edades.

Metodología

En los bosques naturales de Jenaro Herrera localizados en el Distrito de Sapuena, Provincia de Requena, Departamento de Loreto, se han establecido desde 1970 una serie de parcelas de crecimiento de una extensión de 2,500 m² midiéndose los árboles a partir de un diámetro de 5 cms. a la altura del pecho (D.a.p.) con el objeto de estudiar la dinámica de crecimiento de los mismos.

En los diferentes tipos de vegetación que se encuentran en esta zona de vida o formación vegetal, bosque húmedo tropical, tales como aguajales, aluviales, transicionales, etc., registrando información anual muy valiosa. Se tiene en la actualidad mediciones sucesivas de los diámetros de todos los árboles previamente identificados, en cada una de las parcelas.

El presente trabajo se desarrolla a partir de una de las parcelas ubicada en el bosque aluvial de terraza media. Teniendo como base un número total de 283 árboles y los diámetros a la altura del pecho medidos entre los años 1970 y 1974.

La determinación de los incrementos periódicos anuales en diámetro, de cada uno de los árboles, fue realizada por la relación:

$$id = \frac{d_2 - d_1}{n}$$

donde:

id	=	Incremento anual periódico
d_1	=	D.a.p. al inicio del período
d_2	=	D.a.p. al final del período
n	=	Número de años del período

Posteriormente se realizó un análisis de correlación entre los valores de los incrementos anuales periódicos con el D.a.p. de cada uno de los árboles. Se probó, en primera instancia, por regresión lineal de la forma:

$$id = b_0 + b_1d_1$$

y posteriormente por la regresión cuadrática:

$$id = b_0 + b_1d_1 + b_2d_1^2$$

donde:

id	=	Incremento anual periódico
d_1	=	D.a.p. al inicio del período
b_0, b_1, b_2	=	Constantes

En cada caso se efectuaron análisis de variancia para determinar la significancia de la regresión, tanto lineal como curvilínea.

Para definir cuál es la ecuación que más eficientemente correlacione los valores de los incrementos anuales periódicos y los D.a.p. fue necesario una prueba comparativa entre las regresiones lineal y curvilínea, a través de un análisis de variancia, verificándose comparativamente los coeficientes de correlación de ambas ecuaciones, ITC (6).

Definida la ecuación de regresión entre las variables dependiente (incremento anual periódico) e independiente (D.a.p.), se determinó a partir de ella una tabla de correlación entre el diámetro y la edad de los árboles. En base a la premisa de que el incremento diamétrico, en los primeros años, es de una magnitud promedio igual al del diámetro menor medido (cms), se fijó el año cero. Luego, con aplicaciones sucesivas de la ecuación, se confeccionó la mencionada tabla.

Resultados y Discusión

La aplicación de la metodología descrita para un total de 283 árboles tomados de la parcela de crecimiento de los bosques aluviales de Jenaro Herrera, muestra una serie de resultados que se presentan ordenadamente para permitir su aplicación posterior en forma más eficiente.

La ecuación de regresión lineal queda definida por:

$$id = 1.7450 + 0.0086 d_1$$

y por el coeficiente de correlación:

$$r_i = 0.1763$$

Dando valores a la variable independiente se obtienen los datos que se muestran en el Cuadro N° 1 y que son, a su vez, representados en la Fig. N° 1, donde se tiene en el eje de las "x" los valores correspondientes a los diámetros y en el eje de las "y" las correspondientes a los incrementos expresados en unidades lineales y en porcentajes.

Según el Cuadro N° 1, los incrementos están en razón inversa al tamaño de los diámetros, lo cual se aprecia objetivamente en la curva de incrementos diamétricos expresada en porcentaje (Fig. N° 1).

Con el objeto de comprobar la eficiencia de la regresión lineal correlacionando los incrementos anuales periódicos y el D.a.p., se efectuó un análisis de variancia que se presenta en el Cuadro N° 2.

Como ya fue previamente indicado, también se efectuó el análisis de regresión cuadrática resultando definida la ecuación de regresión curvilínea por:

$$id = 0.512973 + 0.024463 d_1 - 0.000031 d_1^2$$

con un coeficiente de correlación:

$$r_e = 0.5658$$

Dando valores a la variable independiente, se determinaron los incrementos diamétricos para los diferentes diámetros a la altura del pecho (ver Cuadro N°3); a partir de estos valores se obtienen, respectivamente, las curvas de regresión curvilínea y de incrementos porcentuales, como se puede ver en la Fig. N° 2.

La significancia de la regresión curvilínea queda demostrada con el análisis de variancia presentado en el Cuadro N° 4.

Los resultados obtenidos para la determinación de la ecuación (lineal o curvilínea) que más eficientemente correlaciona los parámetros en estudio, se presentan en el Cuadro N°5

Los coeficientes de correlación para la regresión lineal y curvilínea, son respectivamente 0.1763 y 0.5658. Haciendo un comparativo entre ellos, según la "Tabla de Coeficientes de Correlación Para Diferentes Grados de Libertad y Niveles de Significancia", el coeficiente de regresión curvilínea resulta altamente significativo.

CUADRO N°1.- Incrementos Diámetricos expresados en Unidades Lineales y en Porcentaje a partir del D.A.P según la Regresión L

d ¹ cm	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
id cm	1.788	1.831	1.874	1.917	1.96	2.003	2.046	2.089	2.132	2.175	2.218	2.261	2.304	2.347	2.39
%	35.76	18.31	12.49	9.58	7.84	6.67	5.84	5.22	4.74	4.35	4.03	3.77	3.54	3.35	3.19

CUADRO N°2. Análisis de Variancia para la Regresión Lineal

	G.L.	S.C.	Variancia	F
Regresión Lineal	1	117.83	117.83	9.0*
Error	281	3,667.30	13.05	
TOTAL	282	3,785.13	13.42	

* Los valores de F son 3.84 para el nivel 5% y 6.63 para el 1%.
Luego, la regresión es altamente significativa.

CUADRO N°3. Incrementos Diamétricos expresados en CMS. y en Porcentaje, a partir del D.A.P. según la Regresión Curvilínea

d	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
id cm	0.6345	0.7545	0.8729	0.9897	1.1050	1.2187	1.3309	1.4415	1.5506	1.6581	1.7640	1.8684	1.9712	2.0764	2.1721	2.2702
%	12.69	7.54	5.81	4.94	4.42	4.06	3.80	3.60	3.44	3.31	3.20	3.11	3.03	2.96	2.89	2.83

CUADRO N°4. Análisis de Variancia para la Regresión Curvilínea

	G.L.	S.C.	Variancia	F
Regresión Lineal	2	1,212.01	606.00	66.0*
Error	280	2,573.00	9.18	
TOTAL	282	3,785.13	13.42	

* La regresión curvilínea resulta altamente significativa a los niveles 5% = 3.84 y 1% = 6.63.

CUADRO N°5. Comparativo entre la regresión Lineal y Cuadrática

	G.L	S.C	Variación
Desv. por Reg. Lineal	281	3,667.30	13.05
Desv. por Reg. Cuadr.	280	2,573.12	9.18
Red. del Error debido a la forma Cuadr.	1	1,094.18	1,095.18

$$F = \frac{1,094.18}{9.189} = 119.07^*$$

*** La reducción del error debido a la utilización de la regresión cuadrática remita altamente significativa para los niveles 5% y 1%**

Los valores según la Tabla para 281 grados de libertad son:

$$5\% = 0.10$$

$$1\% = 0.17$$

Luego, el coeficiente de correlación lineal sólo es significativo al 5%, demostrando el coeficiente de regresión curvilínea ser altamente significativo en los dos niveles 5% y 1%.

Ambas pruebas, la de F y el comparativo de coeficientes de correlación, coinciden en demostrar que la ecuación de regresión curvilínea es la que con mayor eficiencia correlaciona los incrementos diamétricos anuales periódicos y los D.a.p.

En consecuencia, a partir de esta ecuación se define la Tabla que correlaciona los parámetros D.a.p. - incrementos - edad, tal como se muestra en el Cuadro N° 6.

La determinación del año cero se hizo en base a la suposición de que los incrementos de los primeros años es igual al del diámetro mínimo medido (5 cms), llegando a tener para el primer año un incremento de 0.5585 y para los siguientes 0.6345 hasta llegar a 5 cm, diámetro al cual le corresponde 8 años de edad.

En el cuadro N° 6 se aprecia una tendencia creciente de los incrementos, encontrándose el punto de inflexión de la curva en un punto muy leve como puede deducirse de la Fig. N° 2, debido probablemente a la gran influencia de los diámetros mayores considerados, los cuales son relativamente difíciles de evaluar con la precisión deseada. Por las limitaciones propias de los instrumentos usados o la dificultad física de la medición en bosques tropicales (árboles con aletas muy altas, etc.), muchas veces las mediciones de los diámetros no alcanzan una buena precisión. Las alternativas de solución estarían dadas por una especial consideración en la toma de datos o, en casos extremos, prescindir de los árboles exageradamente grandes.

CUADRO N°6. Determinación de la Edad Promedio de un árbol o masa arborea a partir de la Relación DAP - Incremento Medio Anual

DAP (cms)	?	EDAD (años)
0.0000	0.5585	0
0.5585	0.6345	1
1.1930	0.6345	2
1.8275	0.6345	3
2.4620	0.6345	4
3.0965	0.6345	5
3.7310	0.6345	6
4.3655	0.6345	7
5.0000	0.6345	8
5.6345	0.6498	9
6.2843	0.6654	10
6.9497	0.6814	11
7.6311	0.6978	12
8.3289	0.7145	13
9.0434	0.7316	14
9.7750	0.7491	15
10.5241	0.7669	16
11.2910	0.7852	17
12.0762	0.8038	18
12.8800	0.8228	19
13.7028	0.8423	20
14.5451	0.8621	21
15.4072	0.8824	22
16.2896	0.9031	23
17.1927	0.9243	24
49.5033	1.6475	50
51.1508	1.6826	51
52.8334	1.7184	52
54.5518	1.7546	53
56.3064	1.7915	54
58.0979	1.8289	55
59.9268	1.8669	56
61.7937	1.9055	57
63.6992	1.9446	58
65.6438	1.9844	59
67.6282	2.0246	60
69.6528	2.0655	61
71.7183	2.1069	62

DAP (cms)	?	EDAD (años)
18.1170	0.9459	25
19.0629	0.9679	26
20.0308	0.9904	27
21.0212	1.0134	28
22.0346	1.0368	29
23.0714	1.0667	30
24.1321	1.0851	31
25.2172	1.1100	32
26.3272	1.1353	33
27.4625	1.1612	34
28.6237	1.1876	35
29.8113	1.2145	36
31.0258	1.2419	37
32.2677	1.2698	38
33.5375	1.2983	39
34.8388	1.3273	40
36.1631	1.3568	41
37.5199	1.3869	42
38.9068	1.4175	43
40.3243	1.4486	44
41.7729	1.4804	45
43.2533	1.5127	46
44.7660	1.5455	47
46.3135	1.5789	48
47.8904	1.6129	49
73.8252	2.1488	63
75.9740	2.1914	64
78.1654	2.2345	65
80.3999	2.2781	66
82.6780	2.3222	67
85.0002	2.3668	68
87.3670	2.4120	69
89.7790	2.4577	70
92.3667	2.5039	71
94.7406	2.5505	72
97.2911	2.5976	73
99.8887	2.6451	74
102.5338	2.6932	75

La tabla ofrece información sobre la edad o número de años que deben transcurrir para que los árboles alcancen un diámetro promedio deseado o el posible diámetro promedio de un árbol para una edad predeterminada. Esta doble entrada más el conocimiento directo de los incrementos, estudiada exhaustivamente a nivel de especies y con una muestra mejor escogida, posibilitaría las proyecciones futuras para el establecimiento de ciclos de corta y turnos en los planes de manejo de bosques tropicales naturales.

Conclusiones

1. La regresión lineal y la curvilínea correlacionan los incrementos diamétricos anuales periódicos y los respectivos D.a.p. en forma altamente significativa.
2. Las pruebas realizadas demuestran que la regresión curvilínea en el presente caso, es más eficiente que la regresión lineal, y como consecuencia, esta ecuación es base para la determinación de valores D.a.p. incrementos y edad.
3. Las exigencias actuales en la industria podrían estar en un diámetro promedio de 50 cms, el cual según el Cuadro N° 6 puede conseguirse aproximadamente a los 50 años.
4. La curva de incrementos porcentuales demuestra un mayor incremento en las clases diamétricas inferiores con tendencia a un estancamiento en las clases altas; probablemente acciones de tipo silvicultural (cortas - selectivas) propiciarían un incremento óptimo a todo nivel.
5. El tamaño de la muestra utilizada, probablemente no sea estadísticamente satisfactorio; sin embargo, la metodología desarrollada es de grandes perspectivas sobre todo si es aplicada a nivel de especie o grupos de especies, encerrando todo un potencial de información en la determinación de turnos y/o ciclos de corta en los planes de Ordenación

Bibliografía

- 1) AVERY, T.E. 1967. Forest Mensuraments. Mc Graw-Hill. 290 p.
- 2) BARTON, W.W. 1960. A method of continuous forest inventory for management. U.S. Forest Service. 4 p.
- 3) BRUCE, D. y SCHUMACHER, F.X. 1965. Medición forestal. Centro Regional de Ayuda Técnica. AID. México, 474 p.
- 4) DIRECCION GENERAL DEL INVENTARIO NACIONAL FORESTAL. 1972. Inventario Forestal Continuo. Nota INF N° (1 5). México. 43 p.
- 5) HUSCH, E.R. 1963. Forest mensuration and statisties. Ronald Press. 474 p.
- 6) I.T.C. 1968. Text book of photo - interpretation Volumen X. I.T.C., Delft, 141 p.
- 7) JERRAM, M.R. 1963. Elementary forest mensuration. Thomas Murby and Company. London. 124 p.
- 8) LOETSCH, F., ZOHRER, F. y HALLER, K.E. 1973. Forest Inventory. Vol. II. Germany. 469 p.
- 9) MONTENEGRO, E., MALLEUX, J. y GINKUS, R. 1969. Manual de Instrucciones para el Establecimiento de Parcelas Permanentes para Estudio de Crecimiento en Bosques Naturales y Artificiales. Instituto de Investigaciones Forestales. Boletín N° 8. Perú. 23 p.
- 10) PRODAN, M. 1965. Forest Biometries. Pergamon Press. Oxford. 444 p.