

# Medición del Crecimiento de los Árboles en los Bosques Tropicales<sup>1</sup>

C. B. BRISCOE

División de Investigaciones en Selvicultura

Instituto de Dasonomía Tropical

## RESUMEN

Antes de empezar a llevar a cabo un estudio de crecimiento debe seleccionarse un problema específico a resolver lo mismo en regiones tropicales que en regiones templadas. Una vez que se ha seleccionado el problema, use toda la información disponible en relación al bosque o área forestal en particular y las probabilidades estadísticas en general para así reducir el número de mediciones necesarias y mejorar la precisión de las mediciones ya hechas. La realización de estas dos medidas puede reducir grandemente los gastos de, y a la vez aumentar la información utilizable a obtenerse de, los estudios de crecimiento.

A menos que se disponga de mano de obra bien barata, probablemente es mejor hacer las mediciones semanales de diámetro usando cintas de medir vernier. Las mediciones que incluyen periodos más largos pueden hacerse a satisfacción usando cintas metálicas; debe hacerse todo lo posible por eliminar cualquier posible predisposición personal o error sistemático en la medición.

La altura de árboles pequeños se puede medir con una vara graduada, pero por lo general, los árboles más altos requieren el uso de un hipsómetro. Corrientemente las condiciones en que se hace la medición afectan mucho más los resultados que el tipo de hipsómetro usado.

Cuando la naturaleza del estudio lo permite, la medición del área basimétrica puede hacerse más fácil y más rápidamente utilizando un relascopio.

## SUMMARY

Before beginning a growth study in tropic or temperate regions a specific problem should be selected for solution. Once the problem is selected use all available information on the forest in particular and statistical probabilities in general to reduce the number of measurements necessary and increase the reliability of those made. These two steps can tremendously reduce the costs of and increase the useful information from growth studies.

Unless labor is very cheap, weekly diameter measurements are probably best made with vernier bands. Longer-term measurements can be made satisfactorily with a steel tape; every effort should be made to eliminate personal or systematic bias in measuring.

Height of short trees can be measured with a graduated rod, but taller trees usually require a hypsometer. Measuring conditions ordinarily affect results much more than the particular hypsometer used.

Basal area is easily and quickly measured with a relascope when the nature of the study permits.

1/ "Measurement of Tree Growth in Tropical Forests". Presentado en el Décimo Congreso de Ciencias del Pacífico, celebrado en la Universidad de Hawaii, Honolulu, Hawaii, Estados Unidos de América del 21 de agosto al 6 de septiembre del 1961, y auspiciado por la Academia Nacional de Ciencias, el Museo Bernice Pauahi Bishop, y la Universidad de Hawaii.

El título —Medición del Crecimiento de los Árboles en los Bosques Tropicales— es un tanto equívoco debido a que fundamentalmente la determinación del crecimiento de los árboles y de los bosques es lo mismo en cualquier lugar. Casi todo lo que expongo a continuación puede aplicarse lo mismo en la Colombia Británica, en el Japón, o en Nueva Zelanda como en Ecuador o en las Islas Filipinas.

### SELECCION DE UN PROBLEMA ESPECIFICO

El primer paso en cualquier estudio de crecimiento es seleccionar un problema específico. Hace como 20 años nuestro Instituto se interesó en el crecimiento de los bosques en los cerros húmedos calizos a lo largo de la costa norte. Como resultado, se estableció un estudio que cubría 30 acres y contenía 5000 árboles desde la base hasta la cumbre de una loma, e incluyendo exposiciones en ambas direcciones del viento o sea a sotavento y a barlovento. Cada uno de estos 5000 árboles fué medido y remedido seis veces durante un período de 15 años. En cada medición se conservaron datos individuales de cada árbol.

Hace poco decidimos comparar el crecimiento entre los árboles ubicados en la base y en la cumbre de la loma, y también los que crecían en las laderas en ambas direcciones del viento. La composición de las especies, por supuesto, variaba, y es bien sabido que el crecimiento varía según la especie, de modo que comprobamos los datos de los 5000 árboles los que incluían 74 especies para así obtener información sobre las especies que ocurrían en todos los sitios mencionados. Dichas especies resultaron ser solamente 4 incluyendo un total de 200 árboles.

Mi tesis es que esta misma información provechosa pudo haberse obtenido midiendo 200 árboles en vez de 5000. A menos que el estudio original sea planeado para solucionar un problema específico, se desperdiciará tra-

bajo, dinero, y tiempo.

### DISEÑO DE UN EXPERIMENTO PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA UTILIZANDO UN NUMERO MINIMO DE MEDICIONES

Una vez que se ha seleccionado el problema de crecimiento en particular, diseñe un estudio que lo solucione utilizando un número mínimo de mediciones.

Por ejemplo, cuando se desea comparar la diferencia de crecimiento entre especies distintas, es más sensible y mucho más económico la comparación entre los árboles individualmente que entre las parcelas de árboles. Evidentemente, esto mismo sucede al comparar estirpes o razas genéticas. Por lo general, éstas últimas comparaciones se hacen en plantaciones y pueden diseñarse para obtener comparaciones bien sensibles utilizando solamente unos cuantos árboles de cada clase. Así mismo, las comparaciones que se establezcan entre sitios resultan más eficientes si se basan en árboles individuales. Al comparar los sitios, y especialmente en el caso de bosques naturales, debe tenerse cuidado de eliminar o explicar el porqué de las diferencias en el efecto de las especies. Nadie establecería una comparación entre el crecimiento de una plantación de pino en un cerro y una plantación de maría en un valle para luego alegar que el primer sitio es mejor porque el pino creció más que la maría. Tratándose de los bosques naturales, aunque la diferencia en la composición de las especies tenga la misma importancia, abundan las comparaciones entre los sitios ignorando las especies.

En cambio, en el caso de los inventarios forestales de rutina para dirigir la ordenación, las diferencias entre árboles individuales tienen poca o ninguna importancia práctica. Aquí el interés se concentra en el aspecto de área; o sea, en los lotes. En tales casos, las mediciones precisas de árboles individuales y el mantenimiento de los informes sobre los mismos por lo general son superfluos.

También vale la pena indicar que el valor de un lote basado en la medición de 30 árboles por lo regular es casi tan confiable como uno basado en 100 árboles, aún cuando este se use estrictamente en relación al área. Cuando los lotes antes de ser analizados se estratifican por sitio, composición, edad, tratamiento anterior, etc. resulta más fácil, por supuesto, localizar apropiadamente los lotes pequeños. También es más probable que estos se clasifiquen correctamente ya que cada lote ocupa menos extensión y contiene menos variedad.

En pocas palabras, la naturaleza del problema bajo estudio determina el tipo y precisión de las mediciones requeridas y al determinar el número de mediciones necesarias deben considerarse las características del rodal y sus probabilidades estadísticas.

### MEDICION DE LOS ARBOLES

Ahora pasemos a considerar la medición de los árboles en si, ya que según mencionamos aquí, se asume que el crecimiento equivale a la diferencia entre mediciones repetidas.

#### DIAMETRO-CIRCUNFERENCIA

Hasta como 10 años atrás en los estudios de crecimiento era casi universal la medición del diámetro (o circunferencia). La introducción de relascopios (o goniómetro) solo ha modificado ligeramente esta práctica. La técnica y el instrumento varían un poco de acuerdo con la frecuencia de las mediciones que se proyecten.

**MEDICIONES SEMANALES.** Para determinar la época en que ocurre el crecimiento, las mediciones se hacen comúnmente a intervalos de una semana o menos. En este caso la forcípula o la cinta de medir, usadas corrientemente por los selvicultores, no son lo suficientemente precisas si se emplean en la forma corriente. Para contrarrestar dicha deficiencia se han adoptado varias soluciones.

#### 1. *Medición multinivelada.*

Según lo informado por Dawkins (1956) cuando la circunferencia de un árbol se mide dentro del 0.1 de pulgada más próximo usando 10 niveles, colocando cuidadosamente la cinta sobre fajas pintadas, el promedio, expresado hasta dos puntos decimales de pulgada, resultaría lo suficientemente preciso. Además muestra un progreso consistente suficientemente sensible para tomar mediciones de crecimiento durante períodos de una semana o menos. Este método requiere una inversión alta de trabajo por árbol medido pero casi no requiere desembolsos monetarios y está prácticamente a prueba del vandalismo.

#### 2. *Cintas vernier.*

El uso de cintas vernier para medir crecimiento según ha sido sugerido por Hall (1944) se ha popularizado en los Estados Unidos. Según su uso corriente rinden lecturas exactas de circunferencia hasta de un 0.01 de pulgada. Esto es lo suficientemente preciso para anotar diariamente las fluctuaciones en la circunferencia resultantes del ciclo de la transpiración. Para preparar los anillos se requieren una plantilla, la cual es moderadamente costosa (alrededor de \$50 en los Estados Unidos), una cinta de aluminio y resortes. Su instalación es rápida y fácil, y el número de lecturas por hombre-día está casi totalmente limitado por el tiempo que tome la transportación al sitio. En contraste, las cintas son bastante conspicuas en el árbol y por lo tanto propensas al vandalismo. En las regiones templadas y tratándose especialmente de árboles grandes, la expansión y contracción termal de la cinta pueden causar fluctuaciones estacionales en los valores.

#### 3. *Compás micrométrico.*

El compás micrométrico fué uno de los primeros instrumentos usados en mediciones precisas de crecimiento radial. Está colocado en una pequeña plataforma montada con tornillos grandes bien engastados en el xilema. Este instrumento muestra menos efecto termal y resulta relativamente resistente al vandalismo.

Sin embargo, aunque el robo no constituyera un problema, montar un micrómetro en cada árbol resulta muy costoso y es un poco difícil obtener resultados completamente consistentes cada vez que se coloca un instrumento en posición. Además, solo se puede medir un radio por cada montura, y los tornillos deberán engastarse bien lejos del punto de medición para que los resultados no resulten afectados por la formación de callo.

4. *Dendrógrafo.* Cuando se desean mediciones continuas de un árbol o de pocos árboles, se usa un dendrógrafo registrador. Aunque es posible medir la circunferencia, todas las instalaciones que he visto solo miden el radio. Su precio elevado y la susceptibilidad al robo y al vandalismo limitan considerablemente el posible uso de este instrumento.

**MEDICIONES ANUALES.** Para determinar el crecimiento de diámetro por periodos de un año o más, es posible obtener resultados consistentes mediante el uso cuidadoso de una cinta metálica. Nosotros usamos una cinta de acero colocada sobre una línea pintada y leemos el diámetro hasta un décimo de pulgada completo. Aunque la medición de un anillo pintado completamente alrededor del árbol, teóricamente es más consistente que cuando la pintura cubre solamente de una octava a una cuarta parte de la circunferencia, bajo nuestras condiciones de trabajo no nos ha sido posible demostrar alguna ventaja.

Por esta razón hemos descontinuado el uso de los anillos completos. También medimos hasta las unidades completas en vez de hasta la unidad más aproximada para así reducir la predisposición en favor de especies preferidas; por esta misma razón no permitimos que el medidor sepa el resultado de la medición anterior antes de remedir. Si la segunda medición resulta incompatible con la primera solamente es instruido para que revise su remediación. Cuando no tomamos estas precauciones hemos encontrado que árboles aparentemente vigorosos y de especies prefe-

ridas disminuyen repentinamente en crecimiento casi siempre después del período inicial de medición.

Vale la pena mencionar que en la mayoría de las regiones tropicales el crecimiento varía por temporadas, por lo cual la época de medición debe planearse de acuerdo.

**MEDICIONES PERIODICAS.** La medición del crecimiento de diámetro en periodos de cinco años o más se obtiene con facilidad usando una cinta de medir o hasta unas forcípulas y las medidas resultan bastante consistentes. Si los estudios se planean con suficiente previsión que permita medir los árboles al principio y al final de un periodo de crecimiento, la falta de los anillos anuales de crecimiento, los que son fáciles de contar, resulta de poca importancia.

Sin embargo, si la necesidad es bien urgente, se puede recurrir a contar los anillos de muchos árboles tropicales por lo menos en regiones que tienen fluctuaciones en la precipitación. En Puerto Rico, aún en lugares donde la precipitación excede las 150 pulgadas al año, algunas especies forman anillos anuales de crecimiento relativamente bien definidos. Cuando se requieren cálculos casi perfectos, el uso de cilindros de madera de 8-10 milímetros, obtenidos con el barreno de Pressler y los consiguientes colorantes, secciones transversales microscópicas y los registros pluviométricos son necesarios.

## MEDICIONES DE ALTURA

Las técnicas e instrumentos de medir la altura varían principalmente con la altura de los árboles a medirse.

**ARBOLES PEQUEÑOS.** Los árboles de menos de 12-15 pies de altura pueden medirse fácilmente con varillas de una sola pieza o de secciones. Por lo general, las mediciones precisas de árboles de más de 6 pies de altura deben hacerse con cuidado para evitar errores de paralaje.

**ARBOLES MEDIANOS.** Los árboles de altura mediana pueden medirse con varias clases de hipsómetros o varas de extensión.

Cuando hay que medir muchos árboles aglomerados y las condiciones permiten llevarla, una vara de extensión es tan exacta y su uso es más rápido que en el caso de los hipsómetros. Las lecturas debe hacerlas siempre un observador a alguna distancia de la base del árbol objeto de la medición.

Hay una variedad de hipsómetros lo bastante precisos para casi todos los propósitos. Probablemente, el Abney, que incorpora un nivel de burbuja, es el más corriente. Sin embargo, varios de los últimos hipsómetros de péndulo son más rápidos y fáciles de leer, como también menos costosos. El hipsómetro de Haga y Blume-Leiss tienen varias escalas siempre disponibles, el Suunto es el hipsómetro de lectura más rápida pero solo tiene escalas de porcentaje y de grado.

Los telémetros incorporados en algunos hipsómetros son muy convenientes para determinar la distancia horizontal hasta el árbol, sin embargo, su precisión deberá confirmarse antes de considerarlos confiables.

**ARBOLES ALTOS.** La altura de árboles de más de 50 pies de alto se determina casi universalmente por medio de hipsómetros. Se obtiene más precisión usando cualquiera de los modelos corrientes que la que un forestal pueda lograr bajo condiciones normales en el bosque, especialmente en la medición de árboles de copa redonda. En dichas mediciones se puede mejorar la precisión midiendo desde el punto más lejano posible de la base del árbol. La consistencia de las mediciones se mejora marcando el punto desde donde se hacen las observaciones de modo que las subsiguientes mediciones puedan hacerse desde el mismo sitio.

Casi todos los errores cometidos en la determinación de la altura de los árboles que tienen el extremo y la base definidas y bien

visibles se deben a mediciones inexactas de la distancia entre el observador y el árbol o al uso incorrecto del hipsómetro. Algunas veces, especialmente cuando se usa un hipsómetro de Haga, se hacen las observaciones antes de que el péndulo se coloque en su posición final. Ocasionalmente se exige repetir las mediciones para verificar el modo de usarlo.

#### AREA BASIMETRICA POR ACRE

Algunas veces el área basimétrica por acre (o cualquier otra unidad de área) es la unidad de crecimiento que se toma en consideración. Esta es una unidad especialmente común que sirve de guía en el manejo extensivo de áreas extensas. Cuando una parcela contiene más de como 25 árboles, registramos el número de árboles en cada clase o categoría que incluye 1 pulgada de diámetro y lo convertimos directamente en términos de área basimétrica; hemos hallado que esta solución es tan útil como la que se obtiene al medir árboles individualmente y convertir dichas medidas en términos de área basimétrica. El uso de pocas categorías amplias en vez de muchas categorías limitadas permite el uso de cuadrillas de conteo acumulativas ahorrando aún más tiempo.

Cuando no se interesa información sobre la estructura del rodal y la maleza no es excesiva, el área basimétrica del lote puede medirse usando algún tipo de relascopio; nosotros preferimos la prisma de cuña por la conveniencia de su uso y por ser extremadamente fácil de portar. Se puede obtener virtualmente cualquier grado de seguridad o exactitud si se selecciona el calibrador apropiado del relascopio; un relascopio de factor 10 casi equivale a parcelas de un quinto de acre en rodales con un diámetro medio de un pie y es superior en rodales de diámetro superior. Los relascopios son mucho más rápidos que cualquier otro medio de *medir* el área basimétrica de un rodal.

## BIBLIOGRAFIA

- Brown, W.H. y D.M. Matthews  
1914. PHILIPPINE DIPTEROCARP FOREST. Phil. Jour. Science 9(A) 413-561.
- Dawkins, H.C.  
1956. RAPID DETECTION OF ABERRANT GIRTH INCREMENT OF RAIN-FOREST TREES. Empire Forestry Review 35:4:449-454.
- Fritts, D.C.  
1961. AN EVALUATION OF THREE TECHNIQUES FOR MEASURING RADIAL TREE GROWTH. Abstr. in Bulletin of the Ecological Society of America 42:2:54-55.
- Hall, H.C.  
1944. A VERNIER TREE-GROWTH BAND. Jour. Forestry 42:10:742-743.
- Mesavage, C., y W.S. Smith  
1960. TIMESAVERS FOR INSTALLING DENDROMETER BANDS. Jour. Forestry 58:5:396.
- Osmaston, H.A.  
1956. DETERMINATION OF AGE/GIRTH AND SIMILAR RELATIONSHIPS IN TROPICAL FORESTRY. Empire Forestry Review 35:2:193-197.
- Tryon, H.H. y R.F. Finn  
1949. ON OBTAINING PRECISE DIAMETER MEASUREMENTS ON HARDWOODS USING THE DIAL GAUGE. Jour. of For. 47:5:396-397.
- Warren, W. G.  
1958. TESTS OF SOME INSTRUMENTS FOR MEASURING TREE HEIGHT. New Zealand Forest Research Institute Note 12. 18 pp.