

Modelos de crecimiento y parcelas permanentes de muestreo: En la búsqueda de una interacción positiva

Almeida Siteo

¿Cuál es el papel de los modelos de crecimiento y rendimiento en los bosques tropicales? En la actualidad enfoques como el secuestro de carbono, la conservación de la naturaleza y el ecoturismo imponen nuevas formas de valorar los bosques. ¿Estamos preparados para esto? ¿En qué forma la información producida en las parcelas permanentes de muestreo y los modelos de simulación en los bosques tropicales contribuyen a estas nuevas tendencias?



Foto: A. Siteo

Resumen

Los métodos de medición y análisis de datos en parcelas permanentes en los bosques tropicales fueron adoptados de los bosques templados y monoespecíficos. Se hicieron algunas modificaciones, para adecuarlos a la situación de los bosques tropicales, lo que ha permitido conocer la dinámica y complejidad de los mismos. Un sistema de parcelas permanentes de muestreo es muy costoso, por lo que debe compensarse con la calidad de los datos producidos y del conocimiento generado a través de ellos. Dado que se requieren muchos años para llegar a conclusiones definitivas sobre ciertos procesos dinámicos, los objetivos de las parcelas deben enfocarse a dar respuesta a las preguntas del sector forestal actual. Los modelos de simulación forestal deben brindar la oportunidad de ensayar hipótesis sobre el funcionamiento de los ecosistemas forestales y recomendar métodos de medición y análisis de datos de parcelas permanentes. Para esto, es necesario que los modelos y las parcelas permanentes vayan de la mano.

Abstract

Field methodologies and data analyses in permanent plots in tropical forests were adapted from monospecific temperate forests. Some changes were made to adapt methodologies to tropical forests which are considerably more dynamic and complex. The establishment and periodic measurement of permanent plots is quite expensive. To justify their cost, data quality must be high, and the information generated from data analysis and interpretation must be invaluable. The objectives of permanent plots should be oriented to respond to critical questions posed, at present, by the forestry sector since many years are needed to reach definite conclusions about dynamic processes. Forest simulation methods should provide the opportunity to test hypothesis about the functioning of forest ecosystems and provide input to improve field measurements and data analyses from permanent plots. In order for this to occur, a reciprocal feedback mechanism between simulation models and permanent plot methodologies is required.

Palabras claves: Bosque tropical, Centro América, modelos de simulación, parcelas permanentes de medición.

Los primeros modelos de rendimiento fueron contruidos en Alemania hacia el 1700 para ser usados en los bosques de pinos (Assmann 1970 citado por Ong y Kleine 1995), como respuesta a la necesidad de las empresas forestales de planificar sus actividades con base en el conocimiento de la capacidad productiva de las áreas boscosas.

Las parcelas permanentes de muestreo aparecieron como una extensión de las parcelas de inventario corriente, con el objetivo de proporcionar datos de alta calidad para auxiliar la construcción de los modelos de crecimiento y rendimiento (Vanclay 1994). La idea era que, observando el desarrollo de un bosque desde su establecimiento hasta la madurez, se podría predecir el comportamiento de la futura cosecha en rodales con características similares. Los modelos contruidos podían proyectar el crecimiento de un bosque con base en el conocimiento de su historia (Ong y Kleine 1995).

Cuando el interés por la silvicultura de los bosques naturales tropicales disetáneos y multiespecíficos tomó fuerza, se implementó la técnica de parcelas permanentes, con algunas revisiones para adaptarla a las nuevas condiciones (Dawkins 1958, Baur

1964). Entre las dificultades que surgieron entonces se destacaban dos: la estructura inequívana con distribución sesgada de los tamaños de los árboles y la diversidad de especies, pocas de las cuales eran conocidas. Aunque ambos problemas merecieron la atención de los primeros forestales del bosque tropical (Dawkins 1958, Baur 1964), aún hoy siguen siendo los que crean más dificultades. Con este trabajo se pretende responder tres preguntas básicas, asociadas a las técnicas de medición de parcelas permanentes y al análisis de datos de los bosques naturales tropicales para el diseño de modelos de simulación.

El desarrollo y uso de modelos de simulación de la dinámica de los ecosistemas forestales crece cada vez más y se ha convertido en una necesidad no sólo para los investigadores sino también para los productores y planificadores de uso de los recursos naturales (Vanclay 1994, Bugmann et al. 1995). Surge entonces una primera pregunta: ¿cuál es el papel de los modelos de crecimiento y rendimiento en los bosques tropicales?

Algunos enfoques actuales, como el secuestro de carbono, la conservación de la naturaleza y el turismo, imponen otras formas de valorar los bosques. Ahora bien, ¿las técnicas de colecta y análisis de datos de parcelas

permanentes de muestreo responden a estas exigencias?

Con el sistema de parcelas permanentes se necesitan muchos años de información para producir una base de datos confiable, lo que implica altos costos y la necesidad de que las parcelas que se instalen ahora tengan la capacidad de responder las preguntas de hoy y posiblemente las de mañana. En este contexto, ¿en qué forma la información producida en las parcelas permanentes de muestreo y los modelos de simulación en los bosques tropicales contribuyen a estas nuevas tendencias?

El objetivo de este trabajo es promover la discusión alrededor de estas preguntas y proporcionar información teórica y práctica que podría ayudar a quienes manejan una red de parcelas permanentes en la toma de decisiones sobre la política de mantenimiento de esta importante fuente de información. Si bien otros autores han discutido los métodos de medición y análisis de datos de parcelas permanentes (Sheil 1995, 1997; Vanclay 1997), en este artículo la novedad es que la discusión se centra dentro del contexto latinoamericano, en un momento en que muchas instituciones, empresas e investigadores están abocados a la tarea de establecer parcelas permanentes.

Modelos

Tal como se aprecia en la Figura 1, un modelo se puede representar mediante tres piezas S, E y R (Haefner 1996), donde S es el sistema de interés, E representa las entradas del ecosistema o estímulos y R representa las salidas. La caja representa los límites del sistema y sus componentes; las relaciones entre los componentes del sistema deben representarse dentro de él.

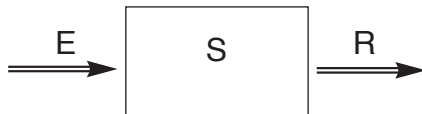


Figura 1. Definición gráfica resumida de un modelo (Haefner 1996).

Una analogía que puede servir para comprender mejor la función del modelo es el ejemplo del mapa. Cuando alguien va a utilizar un mapa, debe considerar qué información desea obtener y a qué escala. Si el objetivo es conocer la ubicación geográfica de una pequeña ciudad, un mapa a escala global o regional resulta inútil, porque lo que el usuario necesita es un mapa a escala nacional. Este a su vez resultará inútil, si el objetivo es ubicar una calle en esa ciudad. Si bien los modelos de simulación son bastante más complejos que un mapa corriente, puede decirse que, como en el ejemplo utilizado, el tipo de modelo que necesita un usuario depende de la resolución (nivel de detalle) y los objetivos de su actividad.

El modelo de simulación de un bosque puede diseñarse para simular los cambios de cobertura boscosa de una región, de un país o de todo un continente, con el objetivo de evaluar las consecuencias globales de la deforestación. Así, hay modelos biogeoquímicos globales, como el CENTURY, que simula la dinámica de nutrientes de diferentes tipos de ecosistema (Parton *et al.* 1992). Pero también puede diseñarse un modelo para simular la evapotranspiración y el cambio de gases producido al nivel de la hoja de un árbol. En ambos casos, el modelo puede ser exacto y muy buen-

no, pero por su tipo y escala de uso no le servirían al gerente de una empresa forestal para responder los interrogantes que se le presentan cuando planifica la producción de madera en varios cientos o miles de hectáreas.

Dependiendo del tipo de problema a resolver, puede ser que un modelo resulte más apropiado que otro. En algunos casos, un solo modelo no logra explicar el efecto de varios factores sobre el sistema, y por eso hoy en día es común elaborar modelos integrados que incorporan varios submodelos que en un principio funcionaban separadamente, creando la posibilidad de evaluar una serie de factores en forma más realista. FLORES, por ejemplo, es un modelo integrado que incluye submodelos que representan componentes económicos, sociales y biofísicos para asesorar la toma de decisiones del gestor forestal (Muetzelfeldt *et al.* 1997).

En resumen, los modelos se diseñan para un ámbito determinado y para cumplir objetivos específicos. De una forma general, el modelo ideal es aquel que, según los objetivos del usuario, (a) simplifica la escala de trabajo, (b) resume un gran volumen de información, (c) permite una rápida visualización del sistema y (d) posibilita la evaluación de posibles resultados. Por eso, constituye una herramienta fundamental para la planificación y la toma de decisiones en varios sectores.

La planificación constituye la base del éxito de todas las actividades, incluyendo las forestales. No se puede hablar de una buena planificación sin considerar dos factores de gran importancia:

- (a) Los límites del sistema de interés: implica conocer la delimitación física o geográfica del sistema y los elementos que lo componen.
- (b) El modo de funcionamiento del sistema: involucra el proceso productivo bajo el cual los productos que entran se convierten en productos acabados.

Aunque se han realizado múltiples estudios para responder preguntas que abarcan diferentes componentes del ecosistema forestal, aún hay muchas que siguen sin respuesta, y para

entender el funcionamiento de un bosque natural es preciso resolver esas incógnitas.

Una vez dadas las condiciones que podrían afectar el proceso productivo, el planificador debe ser capaz de predecir el estado de producción de su sistema. Por otro lado, el objetivo del investigador suele ser conocer bien el funcionamiento del sistema. Ambos objetivos son adecuados y necesitan interactuar para que se puedan alcanzar. Pero en el caso de los bosques naturales tropicales, la respuesta a estos objetivos no resulta favorecida por las condiciones del sistema, porque el proceso de producción depende, en gran medida, de factores naturales que están fuera del control humano. Por ejemplo, si se consideran las prácticas corrientes de manejo forestal en los trópicos, se aprecia que los tratamientos silviculturales se basan en el proceso de regeneración natural, de modo que la intervención consiste en crear condiciones apropiadas, sobre todo de luz, para el establecimiento de las especies deseables (Baur 1964, de Graaf 1986, Whitmore 1990). Se supone que las semillas están presentes, que los suelos son favorables, y aún más, que el efecto de otros organismos vivos (plantas, animales y microorganismos) sobre los árboles deseables será favorable. En una situación como esta, resulta que, aunque existe el conocimiento, hay poco control sobre el proceso de funcionamiento del sistema, requisito imprescindible para predecir la futura cosecha.

Para conocer adecuadamente el funcionamiento de los ecosistemas forestales tropicales aún se deben constatar varias interrogantes; esto presupone conocer los procesos involucrados, los factores que los afectan y, sobre todo, cómo manipularlos con el mínimo costo para alcanzar una producción forestal ecológicamente sostenible y económicamente viable y atractiva (Poore *et al.* 1989, Palmer y Synnott 1992).

Aunque se dispone de mucha información sobre el funcionamiento de los ecosistemas tropicales (algunos ejemplos sobre el trópico americano son los estudios sobre Barro Colorado en Panamá y La Selva en Costa Ri-

ca de Leigh *et al.* 1982 y McDade *et al.* 1994), el conocimiento es muy fragmentado, hay pocos ejemplos de integración de todos los procesos de dinámica forestal y menos aún de aquellos que incluyen análisis de actividades silviculturales (Finegan y Camacho 1999). Por otro lado, parece que los forestales todavía siguen divorciados de los ecologistas (Vanclay 1991), lo que resulta en una débil aplicación del conocimiento de la ecología de los bosques para el manejo (Guariguata y Pinard 1998).

Los modelos son la única herramienta que podría sintetizar diversas áreas de conocimiento y que pueden ser utilizados de una manera fácil para hacer predicciones o ensayar hipótesis (Jorgensen 1997). Los manejadores forestales están interesados en predecir futuras cosechas e investigar niveles sostenibles de aprovechamiento, así como tratamientos silviculturales que beneficien el bosque y aumenten el rendimiento. Esto sugiere un modelo para predicción (Cuadro 1), que conduzca a un conocimiento del funcionamiento del sistema y de los estímulos (entradas del sistema).

Por otro lado, los investigadores reconocen la necesidad de integrar y sintetizar los conocimientos disponibles sobre la dinámica de los bosques tropicales para poder examinar hipótesis provenientes del conocimiento teórico sobre la dinámica forestal (Campos *et al.* 1997, Siteo 1998). Esto conduce al uso de modelos para entender los procesos que ocurren en los bosques y sintetizar el conocimiento en una herramienta fácilmente manejable.

Actualmente se dispone de pocos modelos capaces de simular la dinámica de los bosques tropicales. Los de simulación de crecimiento y rendimiento más desarrollados fueron diseñados para los bosques del Norte de Queensland, Australia (Vanclay



Foto: A. Vera

Para que pueda ser útil, la información generada en las parcelas permanentes debe ser sintetizada y generalizada.

1989), los bosques de dipterocarpáceas de Malasia (Ong y Kleine 1995), los bosques de Burma (Bossel y Krieger 1994), los bosques amazónicos del Brasil (Alder 1995), los bosques de tabonuco en Puerto Rico (Doyle 1981) y los bosques de gavián en Centro América (Alder 1997).

Algunos de estos modelos (Vanclay 1989, Alder 1995, 1997, Ong y Kleine 1995) se diseñaron con fines de manejo forestal y tienen como objetivo predecir cosechas de madera en bosques productivos. Se basan en funciones empíricas del crecimiento diamétrico y proporcionan un nivel de predicción suficiente para fines de manejo, pero no explican la dinámica forestal desde el punto de vista ecológico. Los modelos descritos por Doyle (1981) y por Bossel y Krieger (1994) no son muy precisos para el manejo, pero pueden describir fielmente los procesos de sucesión forestal y representar la estructura de los

bosques para los cuales fueron diseñados.

En el marco de las necesidades actuales del sector forestal, que además de la madera, incluyen otros productos menos tangibles, como la calidad de aire, la biodiversidad y la belleza escénica, los modelos deberían ofrecer respuestas a las preguntas asociadas con estas nuevas necesidades.

Importancia de las parcelas permanentes de muestreo

Para construir y calibrar los modelos de simulación se necesita información. Las parcelas permanentes de muestreo son una fuente de datos muy importante (Vanclay 1991), por eso, es de primordial importancia planear cuidadosamente el establecimiento de estas parcelas y revisar de manera crítica los métodos actuales de medición y análisis de datos.

En los años 90, diversos autores (Sheil 1995, 1997; Sheil y May 1996, Vanclay 1991, 1997) discutieron la calidad y utilidad de los datos provenientes de parcelas permanentes, así como el análisis de los mismos. Su crítica marcó significativamente la investigación forestal realizada en los trópicos. Entre los problemas que identificaron estos autores en relación

Cuadro 1. Condiciones de uso de un modelo de acuerdo con la definición gráfica del modelo presentado en la Figura 1 (Haefner 1996).

Tipo de problema	Dados	Encontrar	Uso de modelo
Síntesis	E, R	S	Entender
Análisis	E, S	R	Predecir
Instrumentación	S, R	E	Controlar

con el mantenimiento de parcelas permanentes en el trópico, se destacan los siguientes: discontinuidad e irregularidad de las mediciones; cambio en los objetivos de las parcelas; cambio en los métodos de medición; variables no consideradas; insuficiente representación de los bosques que se quiere simular; codificación y almacenamiento de datos inadecuados y análisis estadísticos deficientes o ineficientes (Sheil 1995, 1997; Vanclay 1991, 1997).

Pero ellos no solamente señalan los problemas, sino que también presentaron recomendaciones que vale la pena tener en cuenta: definir los objetivos de las parcelas antes del establecimiento de las mismas; estandarizar todo el proceso, desde la colecta, almacenamiento y análisis de datos; ampliar el ámbito de representación de las parcelas y garantizar el compromiso institucional respecto a la continuidad de las parcelas por un tiempo suficientemente extenso. Vanclay (1997) también sugiere métodos rápidos y eficientes para evaluar los datos de las parcelas permanentes.

Para que pueda ser útil, la información generada en las parcelas permanentes debe sintetizarse y generalizarse; durante este proceso se supone que lo que se ha observado en un bosque determinado debería repetirse en otro con características similares, de manera que se podrían hacer inferencias sobre el estado de un bosque, una vez conocidos su estado inicial, las intervenciones silviculturales a que fue sometido y las perturbaciones naturales. Pero esta inferencia tiene cierto margen de dificultad pues, como ya se mencionó, hay muchos factores que escapan al control directo del hombre. La composición de especies, la estructura, la topografía, el suelo, así como los factores sociales y económicos asociados al uso de los productos forestales, son sólo algunos de los factores que varían de un lugar a otro y que dificultan la generalización de los hallazgos de los sitios de investigación.

Aunque son muchos los descubrimientos producidos por el sistema actual de parcelas permanentes de muestreo que no cabrían en este trabajo, pueden mencionarse tres espec-

tos claves, que marcan la gran diferencia con respecto a los bosques templados y plantados a los cuales los forestales clásicos están acostumbrados: la dinámica, o sea, las tasas de cambio en la estructura, composición, crecimiento, mortalidad y regeneración; los factores ecológicos que afectan esa dinámica y la complejidad de las relaciones entre los factores involucrados.

Los factores que afectan la dinámica de los bosques son muchos e interactúan entre ellos, lo que genera una gran complejidad. Aunque los más importantes son de sobra conocidos, como la luz, el agua y el suelo, cada uno de ellos y sus interacciones producen combinaciones difíciles de investigar. En muchos de los experimentos donde se quiere investigar el efecto de un factor, resulta difícil interpretar los resultados debido a la cantidad de otros factores variables que están fuera de control del experimento y pueden confundirlos.

La estructura de los modelos, es decir, los componentes y los procesos considerados dentro de la descripción del sistema modelado, depende de los objetivos de modelaje y de los datos disponibles para la construcción del modelo (Vanclay 1994, Alder 1995). Por supuesto, no es posible representar procesos para los cuales no hay información disponible.

Normalmente, los datos de las parcelas permanentes posibilitan diferentes tipos de estructura de modelo, dependiendo de los objetivos. Sin embargo, con frecuencia ciertos parámetros no son evaluados durante las mediciones y esto implica limitaciones. Por ejemplo, si no se miden las coordenadas, no es posible construir un modelo espacial con árboles individuales. Por otra parte, los datos obtenidos en parcelas permanentes permiten diseñar modelos forestales empíricos y proporcionan suficiente información para el manejo orientado a la producción de madera, pero no son lo suficientemente flexibles para representar procesos ecológicos. Por ejemplo, hoy día, el secuestro de carbono en los bosques tropicales es un tema que involucra a los órganos de decisión del manejo forestal en los países tropicales. Hay modelos fores-


tales que representan este proceso para los bosques templados (p.ej. Valentine 1999), pero los datos que utilizan no son los colectados habitualmente en las parcelas permanentes de los bosques tropicales. Sheil (1997) reconoce que, aunque las parcelas permanentes de muestreo constituyen una fuente de datos muy importante e insustituible, no son necesariamente suficientes para responder a muchas de las preguntas actuales.

La generalidad de un modelo se refiere al ámbito de su aplicación, es decir, al área geográfica donde puede funcionar sin necesidad de cambiar su estructura (Botkin 1993). Un modelo con amplio espectro, además de permitir uniformización y rápido cambio de información, facilita las comparaciones entre sitios (Bugmann *et al.* 1995). Por esta razón, Vanclay (1991) recomienda que las parcelas permanentes cubran el gradiente de tipos de bosque existente, así como los experimentos silviculturales que representen las operaciones aplicadas normalmente en la región.

Modelos y parcelas de la mano

La conclusión es que los modelos de simulación y las parcelas permanentes deben ir de la mano, para que se pueda retroalimentar la información de ambas partes. Las parcelas permanentes deben proveer datos confiables, no ambiguos, y de alta calidad, para permitir la construcción de modelos que satisfagan las necesidades actuales de información del sector forestal. Los modelos deben servir para sintetizar y ordenar la información necesaria, para probar hipótesis y recomendar mejoras en los métodos de establecimiento, medición y análisis de datos de las parcelas permanentes. La estandarización tanto de los métodos de medición, almacenamiento y análisis de los datos tanto de las parcelas permanentes como de los modelos, es un requisito básico para una interacción positiva entre ambos.

En este momento, los modelos confiables para realizar predicciones son escasos, porque falta el conocimiento del sistema. Por otra parte, no hay conocimiento del sistema porque faltan modelos para probar hipótesis sobre su funcionamiento. Por lo tanto,

las parcelas permanentes deben producir la información necesaria para diseñar modelos que puedan ser utilizados para mejorar el conocimiento de los ecosistemas forestales. 

Literatura citada

- Alder, D. 1995. Growth modelling for mixed tropical forests. Tropical Forestry Paper Nr 30. Oxford Forestry Institute.
- Alder, D. 1997. SIRENA: Modelo de simulación para el manejo del bosque tropical en la Zona Norte de Costa Rica. Manual del usuario y notas técnicas. Consultancy Report. 32 p.
- Bossel, H y Krieger, H. 1994. Simulation of multi-species tropical forest dynamics using a vertical and horizontally structured model. *For. Ecol. and Manag.* 69:123-144.
- Baur, G. 1964. The ecological basis of rainforest management. Sydney, FAO.499 p.
- Botkin, DB. 1993. Forest dynamics: an ecological model. Oxford University Press. Oxford, U.K. 309 p.
- Bugmann, HKM; Xiaodong, Y; Sykes, MT; Martin, P; Lindner, M; Desanker, PV; y Cumming, SG. 1995. A comparison of forest gap models: model structure and behaviour. *Climate Change* 34:289-313.
- Campos, JJ; Finegan, B; Kent, J; Louman, B; y Marmillod, D. 1997. Research Line 5: development of technologies for sustainable management of natural forests and their biodiversity (second draft, March 1997). CATIE, Turrialba CR. 38p.
- Dawkins, HC. 1958. The management of natural tropical high forest, with special reference to Uganda. Imperial Forestry Institute, Oxford University, Oxford, UK.
- Doyle, TW. 1981. The role of disturbance in the gap dynamics of a montane rain forest: an application of a tropical forest succession model. 99 56-73. IN: DC West, HH Shugart, y DB Botkin (Editors) *Forest Succession: concepts and applications*. Springer Verlag, New York.
- Finegan, B y Camacho M. 1999. Stand dynamics in a logged and silviculturally treated Costa Rican rain forest, 1988-1996. *For. Ecol. and Manag.* 121:177-189.
- Guariguata, MR y Pinard, MA. 1998. Ecological knowledge of regeneration from seed in neotropical forest trees: implications for natural forest management. *For. Ecol. and Manag.* 112:87-99.
- Haefner, JW. 1996. Modelling biological systems, principles and applications. Chapman and Hall, NY. 473 p.
- Graaf, NR. 1986. A silvicultural system for natural regeneration of tropical rain forest in Suriname. Agricultural University, Wageningen. The Netherlands. 250p.
- Jorgensen, SE. 1997. Integration of ecosystem theories: a pattern (Second revised edition). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 338 p.
- Leigh, EG; Rand, AS y Windsor, DM (Editores). 1982. *Ecología de un bosque tropical: ciclos estacionales y cambios a largo plazo*. Smithsonian Institute. 546p.
- McDade, LA; Bawa, KS; Hespeneide, HA y Hartshorn, HS. 1994. *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rain forest*. The University of Chicago Press. 486p.
- Muetzelfeldt, R; Taylor, J ; Haggith, M. 1997. Development of pFLORES: a prototype FLORES model (en línea). Edinburg, UK. The University of Edinburg. Institute of Ecology and Resource Management. Consultado 14 feb. 2000. Disponible en <http://www.ed.ac.uk/~ebfr28/flores/rep9712/rep9712.htm>
- Ong, R y Kleine, M. 1995. DIPSIM: a Dipterocarp forest growth simulation model for Sabah. FRC Research Paper Nr 2. Forestry Department, Sabah, Malaysia. 94p.
- Palmer, JR; Synnott, TJ. 1992. The management of natural forests. In: Sharma, N.P. (Ed.). *Managing the World's Forests: looking for balance between conservation and development*. Kendall/Hunt, Iowa, pp.337-374
- Parton, WJ; McKeown, R; Kirchner, V y Ojima, DS. 1992. Users guide for the CENTURY model. Colorado State University, NREL publication, Fort Collins, Colorado, USA.
- Poore, P; Burgess, P; Palmer, J; Rietbergen, S y Synnott, T. 1989. No timber without trees: sustainability in the tropical forest. A study of ITTO. Earthscan Publishers, London. 252 p.
- Sitoe, AA. 1998. A patch-model for tropical lowland rain forests in Costa Rica. Research proposal for PhD dissertation in tropical forestry. CATIE/CSU, Turrialba, CR.
- Sheil, D. 1995. A critique of permanent sample methods and analysis with examples from Budongo Forest, Uganda. *For. Ecol. and Manag.* 77:11-34.
- Sheil, D. 1997. Questions and opportunities in long-term growth studies: sixty years in Budongo forest, Uganda. IN: Foli EG, Vanclay JK and Ofosu-Asiedu A (Editors). *Proceedings of the IUFRO Conference on growth studies in tropical moist forests in Africa*. Held on 11-15 November 1996, Kumasi, Uganda. 17-34.
- Sheil, D y May, RM. 1996. Mortality and recruitment rate evaluations in heterogeneous tropical forests. *J. Ecology* 84:83-90.
- Valentine, HT. 1999. Estimation of the net primary productivity of even-aged stands with a carbon-allocation model. *Ecological Modelling* 122:139-149.
- Vanclay, JK. 1989. A growth model for North Queensland rainforests. *For. Ecol. and Manag.* 27:245-271.
- Vanclay JK. 1991. Data requirements for developing growth models for tropical moist forests. *Comm. For. Rev.* 70:248-271.
- Vanclay, JK. 1994. Modelling forest growth and yield: applications to mixed tropical forests. CAB International, U.K. 312 p.
- Vanclay, JK. 1997. Getting the most out of your permanent plot data. IN: Foli EG, Vanclay JK and Ofosu-Asiedu A (Editors). *Proceedings of the IUFRO Conference on growth studies in tropical moist forests in Africa*. Held on 11-15 November 1996, Kumasi, Uganda. 43-48.
- Whitmore, TC. 1990. An introduction to tropical rain forests. Clarendon Press. Oxford. U.K. 226p.



Foto: A. Sitoe

Almeida Sitoe
Estudiante Doctorado
Mozambique
Escuela Posgrado
CATIE/ Apartado 7170
Turrialba, Costa Rica
E-mail: sitoe@catie.ac.cr

Nota de la Editora: Esta investigación fue financiada por la Universidad Eduardo Mondlane en Mozambique. El autor agradece a Fernando Carrera por la motivación para escribir el artículo y a Marlen Camacho por la revisión del manuscrito.