



Crescimento efetivo mensal inicial em plantações de teca (*Tectona grandis*) em Costa Rica

Olman MURILLO^{1*}, Johnatan VALLEJOS², Yorleny BADILLA¹, Nancy GUZMÁN³, Ricardo LUJÁN³, Ernesto GONZÁLEZ⁴

¹ Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

² Ingeniero Forestal Independiente, Cartago, Costa Rica.

³ Brinkman Asociados em Reforestación Centro América, San José, Costa Rica.

⁴ GFS - Soluciones Verdes del Bosque, San José, Costa Rica

*E-mail: olmuga@yahoo.es

Recebido em outubro/2015; Aceito em março/2016.

RESUMO: Os modelos de crescimento para o DAP e da altura total vs. idade, expresso em meses efetivos, com base em 1571 e 910 parcelas em todo o país, respetivamente, foram ajustados. A altura total foi medida com uma vara telescópica ou também, em árvores na terra. Ele foi definido como o crescimento não efetivo a partir do momento em que um déficit de água ou quando a caducidade excedeu 75% da árvore. Usando dendrômetros corrobora-se a paragem do crescimento. Os modelos ajustados para DAP foram com um R^2 de 0,827 e 0,897 para a altura total. Visando determinar o crescimento esperado de uma plantação de teca no país em qualquer mês de idade (primeiros 5 a 6 anos de idade), foram ajustados uma curva média nacional, uma curva de limite superior e uma curva de limite inferior, que respondem por 67% da variação total. As curvas de crescimento refletem a aplicação de um pacote silvicultural baseada em sementes melhoradas ou clones, com controle adequado de plantas daninhas primeiros anos, a correção da acidez quando necessário e realizar a desrama e desbaste oportuno. Estes modelos são uma ferramenta da qualidade para o controle do crescimento de teca na Costa Rica. Suas informações serão úteis para a tomada de decisões em projetos de investimento com esta espécie. No futuro, estes modelos poderão ser empregados nas avaliações de produtividade da teca no país.

Palavras-chave: teca, crescimento, estresse hídrico, controle de qualidade.

Effective monthly growth in teak plantation (*Tectona grandis*) in Costa Rica

ABSTRACT: The growth models for the DBH and total height vs. age, expressed in effective months based in 1571 and 910 plots across the country, respectively, were adjusted. The overall height was measured with a telescopic pole or Too I in trees on earth. It was defined as the effective no growth from the time when a water deficit or when the expiry exceeded 75% of the tree. Using dendrometers supports to growth arrest. The models were adjusted for PAD with an R^2 of 0.827 and 0.897 for total height. In order to determine the expected growth of a teak plantation in the country in any month of age (first 5 to 6 years old), were adjusted a national average curve, an upper limit curve and a lower limit curve, which account for 67 % of total variation. The growth rates reflect the application of a forestry package based on improved seeds or clones, with adequate weed control early years, the correction when necessary acidity and perform the appropriate pruning and thinning. These models are a tool for quality control of teak growth in Costa Rica. Your information will be useful for decision-making in investment projects with this species. In the future, these models may be used in teak productivity assessments in the country.

Keywords: teak, growth, water stress, quality control.

1. INTRODUÇÃO

Silvicultura moderna migra claramente para a gestão intensiva e de alta precisão, onde temos confluência das técnicas avançadas da gestão dos recursos do solo (preparação física, gestão biológica e nutrição), uso de material genético superior

e melhores práticas de gestão. O conceito de controle de qualidade é uma parte essencial de boas práticas silviculturais adotadas pela maioria das empresas florestais de alta eficiência. A produção de madeira é considerada como uma cultura de longo prazo, que requer decisões silviculturais cada vez mais frequentemente. Ferramentas melhores e mais precisas são, portanto, necessária, de modo que seja possível determinar se

cada povoamento está apresentando uma taxa de crescimento esperada para fins comerciais.

Possivelmente, a questão mais importante é a taxa de crescimento da plantação florestal. Questão que tem sido tradicionalmente focada de forma estática, onde seu maior expoente é o conceito de índice do sítio. Que em princípio afirma que a produtividade natural do local é determinada pelas condições naturais do solo e do clima prevaletentes (DUSAN, 1976). Este conceito pode-se inferir, portanto, que as mudanças na taxa de crescimento esperada só podem acontecer se ocorrerem alterações na densidade de plantio. Nas últimas décadas tem mostrado que é possível aumentar a produtividade de um lugar ou ambiente, modificando ou excluindo fatores limitantes para o crescimento das árvores (ZOBEL; TALBERT, 1984; RODRÍGUEZ; LEIHNER, 2006; XAVIER et al., 2013). O manejo do solo, controle de plantas daninhas e melhoramento genético são os pilares que explicam um aumento significativo na produtividade florestal (MASCARENHAS; MURALIDHARAN, 1993), que juntamente com uma boa gestão de densidade, alcançaram quase o dobro em rendimentos em relação à silvicultura os anos 70 (CAMPINHOS; IKEMORI, 1978).

Na silvicultura moderna é claramente definida dois modelos de manejo de plantações para diferentes objetivos de produção. Um modelo que visa proporcionar o maior volume por unidade de área, que poderia ser chamado de produção de biomassa florestal. Neste modelo, a produção de fibra de papel, produção de energia, entre outros sendo que nesse a atividade é concentrada em ciclos curtos de não mais do que 5 a 7 anos, geralmente a densidade inicial mantém-se inalterada. O segundo modelo de silvicultura é focada em maximizar o volume por árvore e qualidade do tronco. Nessas plantações ocorre uma gestão clássica sob densidade e desrame, onde o ciclo muitas vezes se estende por 15, 20 ou mais anos. Este é adequado para madeiras de alta qualidade e valor de mercado como teca (*Tectonagrandis*), hoje, talvez a maior espécie de plantação nos trópicos (PANDEY; BROWN, 2000).

Estima-se que durante os primeiros cinco anos na grande maioria das espécies de plantações florestais expressarem a sua maior taxa de crescimento biológico, portanto, é o período crítico onde o silvicultor deve procurar acumular o maior volume possível por árvore. Em termos de investimento, é provável que este seja o período crítico, a fim de estabelecer um modelo de negócios real, com uma alta taxa de retorno econômico. Portanto, é necessária uma ferramenta que nos permite responder com precisão em idades precoces, sobre o ritmo de crescimento do empreendimento florestal. Outra forma de explicar isso, seria como se comporta o crescimento de um determinado povoamento em relação ao esperado para a região. Pode também ser dito que o crescimento médio esperado de uma região reflete a aplicação de certos pacotes tecnológicos, e o progresso da silvicultura. Isso claramente vai continuar a melhorar ao longo do tempo, em linha com a evolução de todos os fatores envolvidos hoje na silvicultura moderna.

É, portanto, importante e necessário a avaliação de modelos de crescimento médio para espécies florestais. Este é um conceito semelhante ao utilizado em seres humanos, onde há curva para crianças país que determina se o crescimento em altura e peso durante os primeiros anos de vida está localizado dentro das margens adequadas. Note-se que estes modelos usados em seres humanos não discriminam na origem social

ou étnica regional, mas um modelo utilizado em todo o país. Pode-se, então, argumentar que é possível construir um modelo semelhante para na teca no país, independentemente do clima, solo, altitude, gestão de densidade, e outros. No entanto, deve aumentar a precisão do modelo e expressar a unidade de tempo em meses em vez de anos, a fim de melhorar a sua aplicabilidade.

Isto traz ainda outro problema, no caso da silvicultura onde nem todas as plantações terá um crescimento efetivo mensal igual em todas as regiões. Assim, o modelo deve ser construído com base no número de meses com crescimento real, a fim de alcançar uma comparação objetiva plantações em diferentes condições climáticas do país. O número efetivo dos meses de crescimento em uma espécie caducifólia como a teca, é principalmente dependendo da disponibilidade de água no sistema, ou também, a manifestação de uma escassez de água no local. O saldo ou déficit de água pode ser uma questão complexa. Em local onde o solo apresenta textura arenosa, o ressecamento tende a aparecer rapidamente após o final do período chuvoso. Embora possa levar quase um mês extra em locais com solos argilosos. A curva de retenção de umidade no solo (umidade gravimétrica) aumenta visivelmente em solos argilosos vs solos arenosos (HENRÍQUEZ; CABALCETA, 2012). Por esta razão, o modelo de balanço hídrico proposto por THORNTHWAITE; MATHER (1955), tem a capacidade de campo variáveis do solo, a precipitação média mensal e evapotranspiração potencial (HERRERA, 1985). Que mais tarde foi atualizado para incorporar se na superfície variável equilíbrio de água do escoamento em erro de ajustamento (Programa Hidrológico Internacional da UNESCO, 2007). Que mais tarde foi melhorada através da incorporação no balanço de água do escoamento superficial e variável erro de ajustamento (Programa Hidrológico Internacional da UNESCO, 2007). Uma maneira prática de estimá-lo no campo é usando dendrômetros, que determinam o momento certo em cada região, em que uma interrupção do crescimento diâmetro da árvore é registrada. Caso contrário, muito mais simples e aplicável as espécies caducifólias, é quando a árvore apresenta queda quase completa de folhas (mais do que 75%). Este trabalho apresenta o primeiro modelo de crescimento mensal real, ajustado para o cultivo de teca na Costa Rica, em seus primeiros cinco anos. Espera-se que o modelo proposto é o objeto de mais investigação e a melhoria tal como é utilizado no país.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A quantidade máxima de dados de parcelas de medição do campo foi compilada em todas as regiões do país onde a teca é cultivada. Dados de medição foi usado só quando a mês exato e ano de plantio e o mês e ano de medição é conhecido. A fim de reduzir o efeito do desenvolvimento da silvicultural no crescimento, foram utilizados somente dados de plantações estabelecidas a partir de ano 2000. Para a variável altura total, foram utilizados exclusivamente medições realizadas com varra telescópica ou medidas no terreno de árvores abatidas.

Na Tabela 2 mostra-se o banco de dados compilado para ajustar o modelo apresentado. Em cada parcela de medição. O valor médio do DAP (em cm) foi obtido e a altura total (em m), com o qual se procedeu a um ajustamento em EXCEL o melhor modelo para cada variável. Os critérios usuais de maior valor do R^2 , o desvio-padrão inferior ou erro padrão, e análise de resíduos que mostraram uma distribuição normal foram usadas para escolher o melhor modelo.

Depois de definir o modelo do DAP e da altura total, foram traçados seus limites de confiança. Que foram obtidos a partir do valor médio \pm desvio padrão da função ($\mu \pm \sigma$), o que corresponde a 67% da variância total explicada pelo modelo. Desta forma uma curva do crescimento máxima, média de crescimento e baixa crescimento esperado para plantações de teca no país foi obtida. Estimativa do número de meses efetivos do crescimento por região de clima

Com base nos mapas das regiões e sub-regiões climáticas da Costa Rica (Figura 1, SOLANO; VILLALOBOS, 2005) foi determinado, numa primeira fase, o número médio estimado dos meses secos por ano em cada sub-região climática do país (Tabela 1). Um mês seco é definido como aquele que recebe menos do que 50 mm precipitação (HERRERA, 1985). Uma vez iniciado o período de seca, a manifestação de um mês sem crescimento real foi definida a partir do momento em que o déficit hídrico foi expresso no sistema. Para maior precisão, 90 dendrômetros foram colocados em árvores jovens em plantações do Pacífico Sul (Salama, Osa), Zona Norte (sub-região Upala) e San Carlos (Santa Rosa, Posocol). Recordes de crescimento mensal do diâmetro foram obtidos por dois anos. Com estes dados medidos por mês, o fim do crescimento efetivo foi correlacionado com a expressão do período seco em cada sub-região investigada.

No caso das plantações de teca pode ser facilmente determinada a partir do tempo em que ocorre queda de folhas >



Figura 1. Mapa das regiões climáticas da Costa Rica (SOLANO; VILLALOBOS, 2005)

Tabela 1. Número estimado de meses efetivos de crescimento anual em plantios florestais por região e sub-região do clima na Costa Rica (adaptado de SOLANO; VILLALOBOS, 2005).

Região/clima	Sub-região do clima	Meses efetivos de crescimento anual
Pacífico Norte	Liberia - Tempisque- Cañas	6
	Nicoya – Nandayure – Cóbano	7
Pacífico Central	Orotina – Jacó	9
	Parrita – Quepos	10
	Dominical	10
Pacífico Sur	Pérez Zeledón – Buenos Aires – Coto Brus	8
	Palmar – Sierpe	10
	Sur – Sur (Golfito – Corredores – Península de Osa, excepto Puerto Jiménez con 11 meses)	12
	Los Santos	8
	Puriscal – Acosta	8
Valle Central	Occidental (San Ramón, Grecia, Alajuela)	7
	Oriental (Cartago – Orosi – Juan Viñas)	10
Zona Norte	Norte – norte (Los Chiles – Upala)	9
	San Carlos norte (Pocosol, Cutris)	10
	San Carlos - Sarapiquí	12
Caribe	Caribe y Turrialba	12

75%. Finalmente, o número estimado de meses de crescimento acumulado efetiva foi determinado a partir da idade atual de plantio, menos o número de meses não efetivos o crescimento/ano, de acordo com a sub-região climática onde está localizado.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o número de meses de crescimento efetivos para plantações no país, para cada região e sub-região climática. Na Tabela 2 estão os modelos de melhor ajuste para o DAP e altura total, para os primeiros cinco anos de crescimento efetivo mensal no país. O banco de dados é amplo e representativo das diversas regiões de solo e de condições climáticas existentes no país. Os valores de ajuste (R^2) são maiores do que 0.82 para o DAP e para a altura total, o que podem ser considerados bons modelos destinados a serem aplicáveis em todo o país.

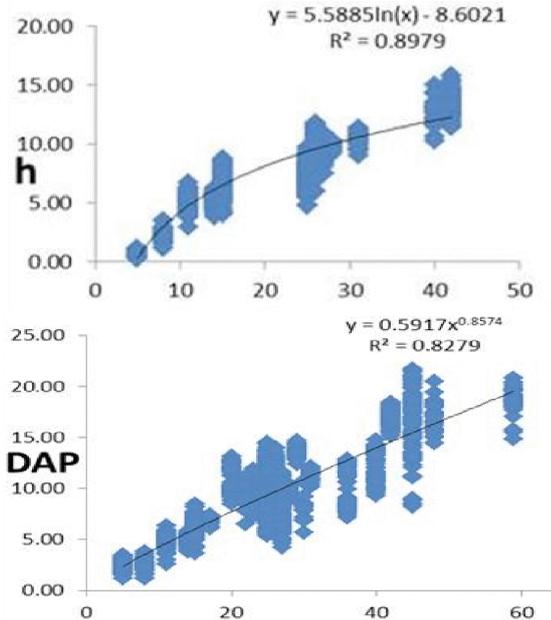
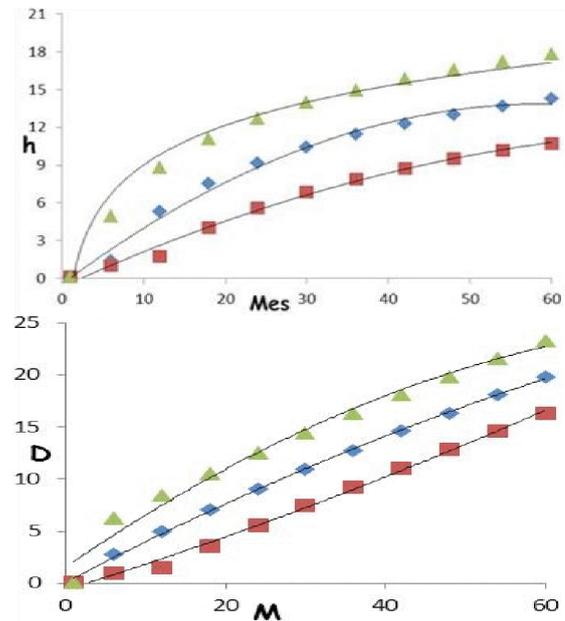
As Figuras 1 e 2 mostram os modelos ajustados para o crescimento efetivo mensal para o DAP e da altura total em seus primeiros 60 meses de plantio. Pode observar-se que a inclinação da função de crescimento da DAP não diminui nesta faixa etária, o que pode ser deduzido que o valor máximo de ICA ainda não está claramente definido. Por outro lado, para a altura total, é registrada uma mudança abrupta na sua taxa de crescimento, o que diminui significativamente a partir do mês efetivo 20. O que sugere um desempenho máximo crescimento em altura nos dois primeiros anos, de aqui em diante, diminuir gradualmente com a idade.

Possivelmente o mais útil são as curvas de crescimento médias nacionais como seus limites de confiança (Figura 2). Este conjunto de curvas representam 67% da variação total, por conseguinte, eles podem ser usados com intervalos de crescimento esperados, como uma orientação do crescimento aceitável para uma plantação de teca no país. Estes modelos de crescimento assumiram pacote de silvicultura mínimo aceitável com base na utilização das sementes ou clones melhorados, onde primeiros anos do programa mínimo de controle de plantas daninhas, controle da acidez e a rápida implementação de poda e desbaste adequado é aplicado.

Estes modelos de crescimento são uma ferramenta valiosa para determinar a qualidade do crescimento de uma plantação de teca durante os primeiros 5-6 anos de vida. Período em que

Tabela 2. Bases de dados e modelos de crescimento mensais efetivos ajustadas para DAP e altura total na teca (*Tectonagrandis*) na Costa Rica.

Variável	Locais e número de parcelas na amostra	Modelo	Estatísticas
DAP (cm)	1571 parcelas em 16 locais	$DAP = 0.5917 * (\text{Meses Efetivos})^{0.8574}$	R^2 ajustado = 0.8278 Erro padrão = 0.224
Altura total (m)	910 parcelas em 12 locais	$\text{Altura total} = 5.6069 * \ln(\text{Meses Efetivos}) - 8.6894$	R^2 ajustado = 0.8977 Erro padrão = 1.263

Figura 2. Modelos de crescimento mensal efetivo para a altura total (m) e DAP (cm) da teca (*Tectona grandis*) em Costa Rica.Figura 3. Modelos de crescimento mensal efetivo para o DAP (cm) e altura total (m) do teca (*Tectona grandis*), na Costa Rica, com seus limites de confiança.

90

o crescimento anual máximo biológico das espécies ocorre, portanto, é no período de maior impacto para a aplicação do melhor pacote silvicultural possível. Todas essas atividades de gerenciamento que não são realizados nestes primeiros anos, irão produzir um crescimento menor efetivo que pode ser determinada por esta nova ferramenta de controle de qualidade para o crescimento. Estes modelos fornecem informações essenciais para a tomada de decisão na gestão e investimento de teca no país. Em trabalhos futuros podem melhorar o ajuste e aumentar a precisão dos modelos.

4. CONCLUSÕES

Ambos os modelos propostos permitir orientar objetivamente sobre a qualidade do crescimento esperado das plantações de teca na Costa Rica. As informações serão úteis para a tomada de decisões adequadas em projetos de investimento com esta espécie. No futuro, estes modelos poderão medir o progresso na produtividade da teca no país.

5. REFERÊNCIAS

- CAMPINHOS, E. JR.; IKEMORI, Y. K. Tree improvement program of *Eucalyptus* spp.: preliminary results. Proceedings **3rd World Consultation on Forest Tree Breeding**, Canberra, Australia, 21-16 Marzo, 1977. FAO, Rome. Vol. 2, p. 717-738. 1978.
- DUSAN, K. **Crecimiento e incremento de árboles y masas forestales**. Departamento de enseñanza, investigación y servicio en bosques de la Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 365 pp. 1976.

- HENRÍQUEZ, C.; CABALCETA, G. **Guía Práctica para el estudio introductorio de los suelos con un enfoque agrícola**. 2.ed. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de Ciencias del Suelo. 111p. 2012.
- HERRERA, W. **Clima de Costa Rica: Vegetación y clima de Costa Rica**. Volumen 2. San José, Costa Rica Editorial Universidad Estatal a Distancia. 118 p. 1985.
- MASCARENHAS, A. F.; MURALIDHARAN, E. M. Clonal forestry with tropical hardwoods. In: AHUJA, M. R.; LIBBY, W. J. **Clonal forestry II, conservation and application**. Germany: Springer Verlag, p. 169-187. 1993.
- PANDEY, D.; BROWN, C. Teak: a global overview. *Unasylya*, v. 51, n. 201, p. 3-13. 2000.
- PROGRAMA HIDROLÓGICO INTERNACIONAL UNESCO. **Balance Hídrico Superficial de Costa Rica. Periodo 1970-2002**. 2007. 55 p. Documento Técnico PHI-LAC No. 10.
- RODRÍGUEZ, W.; LEIHNER, D. **Análisis del crecimiento vegetal**. 1.ed. San José, Costa Rica: Editorial Universidad de Costa Rica. 2006. 37 p.
- SOLANO, J.; VILLALOBOS, R. **Regiones y subregiones climáticas de Costa Rica**. San José, Costa Rica: Instituto Meteorológico Nacional, MINAE. 2005. 32 p.
- THORNTHWAITE, C.; MATHER, J. **The water Balance**. Drexel Institute of Technology. Laboratory of Climatology. Publications in Climatology. Volumen VIII. No. 1, Centerton, New Jersey, 86 p. 1955.
- XAVIER, A.; WENDLING, I.; SILVA, R. L. **Silvicultura clonal: principios e técnicas**. 2 Ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 279 p. 2013.
- ZOBEL, B. Y.; TALBERT, J. **Applied Forest Tree Improvement**. New York, USA: John Wiley & Sons. 510 p. 1984.