

“Reunião do Grupo de Trabalho sobre o Mogno”

“Síntese da situação do Mogno, a nível internacional”

**Consultores: Adalberto Veríssimo & James Grogan
Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (IMAZON)**

**Brasília - D.F.
1998**

MMA- FAO- PNUD

Elaborado por Consultores Independentes. Não representa a posição oficial do Governo brasileiro.

RESUMO

O mogno (*Swietenia macrophylla* king) é a espécie madeireira de mais alto valor na América Tropical. A maioria do mogno comercializado no mercado internacional é originária de florestas nativas onde a exploração é feita de maneira não sustentada. Como resultado, as populações naturais de mogno estão severamente reduzidas ao longo de sua área de ocorrência. Em função disso, tem aumentado a preocupação de que o mogno esteja ameaçado pela exploração florestal predatória. É crescente a pressão para listar o mogno no Apêndice II do CITES (Convenção sobre o comércio internacional de espécies ameaçadas da fauna e flora). O Brasil e a Bolívia têm estado no centro desse debate porque são os maiores produtores de mogno do mundo e ainda detêm as maiores reservas naturais dessa espécie. Neste artigo, apresentamos um panorama da história natural do mogno (área de ocorrência, distribuição, estrutura populacional, regeneração e crescimento, estoque natural). Em seguida, resumimos as implicações da exploração do mogno para a conservação genética da espécie. Finalmente, apresentamos os resultados preliminares dos estudos de longo prazo em andamento no Sul do Pará sobre ecologia, estrutura genética e manejo. Esses resultados mostram o alto potencial para o manejo de mogno em florestas nativas.

INTRODUÇÃO

1. O mogno (*Swietenia macrophylla* king) é a mais valiosa das espécies madeiras da América Tropical; um metro cúbico de mogno tipo exportação gira em torno de US\$ 1.100 (preço FOB para mogno FAS em 1998). *Swietenia macrophylla* (referida simplesmente como mogno ao longo deste artigo) é valorizada por sua cor atrativa, durabilidade, estabilidade dimensional e fácil manuseio. Por isso, o mogno é usado amplamente em móveis finos, portas, janelas, painéis, laminados etc. (Lamb 1966, Veríssimo et al. 1995).
2. O mogno vem sendo extraído das Américas por quase cinco séculos, principalmente no México e América Central. Na Amazônia brasileira, a comercialização da espécie só começou a ocorrer de forma significativa a partir da década de 60, com a abertura de estradas na região. O declínio das reservas naturais de mogno na América Central manteve a demanda elevada para essa espécie na Amazônia brasileira e boliviana nas últimas três décadas (Rodan et al. 1992, Veríssimo et al. 1995).
3. O mogno é atualmente extraído de florestas primárias ao longo de sua área de ocorrência - desde o México, passando pela América Central até um arco ao sul da Amazônia brasileira e boliviana. Como resultado dessa exploração, os estoques naturais da espécie estão severamente reduzidos na América Central (Costa Rica, Panamá, Honduras) e em diversas áreas da Amazônia Oriental brasileira (por exemplo, Sul do Pará entre os rios Araguaia e Xingu) (Rodan et al. 1992, Veríssimo et al. 1995). Nas áreas onde o mogno é nativo, poucas plantações têm obtido sucesso por causa do ataque da broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella* Zeller) (Rodan et al. 1992).
4. No Brasil, as áreas de floresta contendo mogno são geralmente identificadas usando pequenos aviões. Os pilotos procuram o mogno nas áreas baixas do terreno, distinguindo-o das outras espécies por sua copa larga, brilhosa e verde clara. As atividades de reconhecimento e corte ocorrem durante a estação chuvosa, enquanto a extração e o transporte das toras são feitos durante a estação seca. Depois de derrubadas, as toras são arrastadas por tratores florestais tipo skidder até os pátios de estocagem, de onde são transportadas por estradas construídas pelos madeireiros até as serrarias localizadas a distâncias elevadas, por exemplo, até 700 km. Após o processamento, o mogno é destinado à exportação, principalmente para os Estados Unidos e Reino Unido, e também para o mercado interno.
5. Atualmente existe a preocupação de que o mogno esteja ameaçado pela exploração madeireira não manejada (Rodan et al. 1992). De fato, as outras duas espécies de mogno restritas à América Central e

Caribe (*S. mahogany* e *S. humilis*) estão inseridas no Apêndice II do CITES (Rodan et al. 1992). É crescente a pressão para listar também o mogno (*S. macrophylla*) no Apêndice II do CITES. A inclusão do mogno significa que essa madeira só poderia ser exportada após o governo do país produtor determinar que o comércio não reduzirá expressivamente as populações da espécie. A inserção do mogno no CITES II também poderia reduzir as cotas de exportação, aumentar os preços, apoiar os esforços dos países produtores no manejo da espécie e separar a madeira de origem legal da de origem ilegal (Veríssimo et al. 1995, NRDC 1994). Brasil e Bolívia têm se posicionado no centro desse debate, uma vez que os dois países são simultaneamente os maiores produtores e detentores dos últimos grandes estoques naturais da espécie.

6. Este artigo tem três objetivos. Primeiro, apresentamos uma visão geral da história natural do mogno (área de ocorrência, estrutura populacional, morfologia, biologia reprodutiva, germinação, crescimento, estoques naturais etc.). Segundo, discutimos a questão dos efeitos da exploração sobre a diversidade genética da espécie. Por último, consideramos os progressos obtidos no projeto de pesquisa multidisciplinar liderados por James Grogan (IMAZON/Universidade de Yale-EUA) no Sul do Pará, bem como as implicações para o uso sustentável do mogno em florestas nativas.

HISTÓRIA NATURAL DA ESPÉCIE

7. **Área de ocorrência.** A área de ocorrência do mogno se estende do México (latitude 23° N), passando pela costa atlântica da América Central, até um amplo arco ao sul da Amazônia venezuelana, equatoriana, colombiana, peruana, boliviana e brasileira (máxima 18°S) (Lamb 1966, Pennington et al. 1981). A sua distribuição corresponde geralmente às florestas classificadas por Holdridge (1967) como "florestas secas", com temperatura anual > 24 °C, 1.000-2.000 mm de precipitação anual, índice anual de chuva para evapotranspiração 1,0 - 2,0. O mogno também é encontrado em florestas úmidas e zonas subtropicais (Lamb 1966, Whitmore 1983). O mogno cresce em altitude variando de 0 a 1.400 metros, em áreas de floresta alagadas até o alto de serras, sobre uma variedade de solos - aluvião, alcalino, vulcânico, metamórfico e material calcário - e diferentes condições de solo - profundo, raso, ácido, alcalino, bem drenado e argiloso. A composição e a estrutura das florestas são similares ao longo de sua área de ocorrência (Oliphant 1928, Stevenson 1928, William 1931; Lamb 1966; Snook 1993; Gullison et al. 1996). Na Amazônia brasileira, o mogno pode ser encontrado em florestas periodicamente alagadas da Amazônia Ocidental (Acre, Amazonas), em terrenos levemente ondulados formados por ricos solos de terra roxa (Rondônia); em áreas relativamente planas sobre solos pobres em nutrientes e argila derivadas do Precambriano (Pará, Mato Grosso); e ainda em elevações formadas por granitos "inselbergs" (Sudeste do Pará) e nas serras acima de 700 metros de altitude (Serra do Cachimbo no Sudoeste do Pará).

8. **Distribuição na escala da paisagem.** As árvores maduras de mogno são tipicamente encontradas espalhadas em manchas nas florestas com densidades inferiores a uma árvore por hectare. O mogno tende a crescer em agregações de algumas centenas de árvores maduras, geralmente intercaladas por extensas áreas de florestas sem a presença dessa espécie. No distrito de Péten, Norte da Guatemala, são encontradas grandes áreas de floresta com densidades de 12 árvores de mogno por hectare. Pequenas áreas de floresta com altíssima densidade de mogno - 55 a 70 indivíduos por hectare - têm sido observadas no Panamá, Nicarágua, Guatemala, Belize e México (Lamb 1966). Os primeiros colonos europeus na América Central associaram o mogno com os canais dos rios na costa atlântica de Belize. Essa proximidade com os rios facilitou a exploração e a exportação do mogno até o ponto de exaustão dos estoques naturais (Swabey 1941, Lamb 1966). Da mesma região, Stevenson (1927) e Stevenson (1928) observou que movendo para as áreas altas entre os rios, o mogno caracteristicamente cresce em zonas de transição onde diferentes comunidades vegetais se intercalam uma as outras, em solos com média à boa drenagem.

9. **Descrições na América do Sul** têm enfatizado a associação do mogno com as cabeceiras dos rios da Amazônia Ocidental. Williams (1931), Hoy (1946), Irmay (1949), Lamb (1966), White (1978), Gullison e Hubbel (1992 a,b) descrevem a tendência do mogno de crescer em solos secos, firmes e ligeiramente acima das áreas periodicamente inundadas. Gullison et al. (1996), trabalhando em florestas

baixas na Bolívia, observaram que o mogno ocorre em manchas de florestas de até centenas de hectares com 0,1 a 0,2 árvores de valor comercial (DAP > 80 cm) por hectare e densidade similar em relação às árvores de valor econômico potencial (DAP < 80 cm). Distantes das florestas inundadas, Veríssimo et al. (1995) verificaram um padrão similar nas florestas de terra firme no Sul do Pará, onde o mogno tende a crescer em áreas baixas (córregos) nas proximidades dos rios. Em geral, as áreas secas com maior perturbação tendem a ter maior estoque de mogno do que as áreas úmidas e mais estáveis (Lamb 1966).

10. **Estrutura populacional.** Estudos sobre a estrutura populacional do mogno têm demonstrado uma curva sinoidal atribuída a povoamentos uniformes (Venezuela: Finol 1964, Bolívia: Gullison e Hubbel 1992b, México: Snook 1993). Isto significa que a maioria das árvores de mogno de uma certa área tende a ter aproximadamente o mesmo tamanho, implicando que as mudas foram estabelecidas mais ou menos ao mesmo tempo, depois de algum tipo de distúrbio que abriu uma grande clareira (Lamb 1966, Snook 1993, Gullison et al. 1996). De acordo com os inventários pós-exploratórios de Veríssimo et al. (1995) e entrevistas com mateiros, há uma escassez de mogno nas classe de tamanho (DAP < 45 cm) (Veríssimo et al. 1995).

11. **Morfologia da árvore adulta.** O mogno é uma árvore de copa dominante, atingindo altura de até 70 metros (média 30-40 metros) e DAP de até 350 cm (DAP média 70-130 cm) (Lamb 1966, Pennington & Sarukan 1968). Árvores maduras tem copa com 10 a 20 metros de diâmetro mas que podem alcançar até 40 metros; essas copas tendem a ser irregulares, sendo caracterizadas por poucos galhos primários de tamanho grande (Lamb 1966, Snook 1993, Gullison et al. 1996). As sapopemas são comuns e podem atingir até 5 metros na base da tora. Os troncos livres tem geralmente 20 a 25 metros de altura e, na América Central, são espessos, com sulcos profundos, casca quase preta que proporciona uma excelente resistência ao fogo após aproximadamente 25 anos (Lamb 1966, Chudnoff 1979). As folhas são compostas, escuras e lisas, emprestando à copa um brilho distinto, através do qual os mateiros podem identificá-la do chão ou de pequenos aviões. Na América Central, as folhas tornam-se vermelhas antes de caírem durante a estação seca. O período de queda de folhas varia de alguns dias até meses dependendo do padrão climático local e das relações de umidade do solo (Swabey 1941, Pennington & Sarukhán 1968, Pennington et al. 1981, Whitmore 1983).

12. **Biologia reprodutiva.** A idade e o tamanho da primeira floração e frutificação dependem aparentemente do nível mínimo de domínio do dossel que a copa atingir (Gullison et al. 1996), mas em florestas naturais, a reprodução pode ser atrasada por causa da intensa competição pela dominância do dossel depois da liberação do espaço de crescimento. A floração ocorre após as folhas caírem durante o início do período seco, ligeiramente após o amadurecimento de novas folhas. O mogno é uma espécie monóica, com panículos auxiliares pequenos (<cm), verde claro, flores fragrantas que aparentam serem perfeitas mas que são funcionalmente masculina ou feminina. Abelhas e mariposas são polinizadores comuns de árvores da família do mogno, Meliaceae, mas ainda não se sabe quais espécies, se alguma, servem especificamente ao mogno (Styles & Khosla 1976).

13. Os frutos do mogno são do tamanho de um punho fechado com cinco gomos. Esses frutos amadurecem durante a estação chuvosa e caem durante a estação seca antes de a floração reiniciar-se, liberando 45-60 sementes aladas (Record & Hess 1947, Pennington & Styles 1975, Pennington et al. 1981, Whitmore 1983). Gullison et al. (1996) observaram que a fecundidade cresce gradualmente com o tamanho do DAP, atingindo 130 cm; um indivíduo com esse diâmetro produz 600 cápsulas de frutos em um único ano, ou aproximadamente 33 sementes. A intensidade da frutificação varia significativamente de um ano para outro. As flutuações associadas com condições pós-distúrbio, sazonalmente atípicas, e a rápida disponibilidade de recursos têm sido documentadas (Lamb 1966, Snook 1993, Gullison et al. 1996). Entrevistas com madeireiros e índios Kayapós no Sul do Pará indicam que a intensidade de frutificação deve variar significativamente de um ano para outro, tanto dentro como entre os locais ao longo da região (Grogan et al. no prelo).

14. As sementes de mogno são aladas, 6 a 13 cm de comprimento por 1 a 2,5 cm de largura, e são dispersadas pelo vento. A sua geometria tem uma variação previsível de tamanho, com as grandes sementes exibindo uma alta taxa de germinação e produzindo as mudas maiores (Chinte 1952). As sementes são acopladas ao receptáculo da cápsula por um fino funiculu próximo das asas, e requerem algum grau de turbulência para lançarem-se depois de se soltarem do pericarpo. As sementes são relativamente secas no momento da dispersão, com um índice $6,3 \pm 0,3\%$ úmido para peso seco. O peso seco de sementes (sem as asas) coletadas nas áreas das serras do Sudoeste do Pará tem em média $0,41 \text{ g} \pm 0,12 \text{ g}$ ($N=150$). A variação no peso das sementes por proveniência tem sido documentada; as sementes da Nicarágua, Venezuela e Peru são mais pesadas do que as sementes do México, Belize e Costa Rica (Lamb 1966, Withmore and Hinojosa 1977, Whitmore 1983, Snook 1993). Até que ponto essas diferenças estariam relacionadas com as diferenças genéticas entre as populações ou apenas serem resultantes das condições do ambiente é ainda incerto.

15. **Mecanismos de dispersão de sementes.** A queda de sementes ocorre durante o meio e o final da estação seca. A chuva de sementes adquire um formato parabólico a partir da árvore que está frutificando. A distância de dispersão pode ser maior onde os ventos são comuns. Na península de Yucatan (México) onde os furacões ocorrem regularmente, Snook (1993) observou uma área de 3 hectares na forma de funil coberta parcialmente por sementes de uma única árvore adulta, enquanto Lamb (1966) estimou essa mesma área de dispersão em 4 hectares. Na Bolívia Gullison et al. (1996) observaram uma distância média de dispersão de 32 a 36 metros em torno das árvores adultas (distância máxima observada igual a 80 metros), com uma área de dispersão de 2 hectares. No Sul do Pará, as sementes têm sido dispersadas além de 1.000 metros das árvores mães, sendo transportadas pelos ventos fortes do final da estação seca (Grogan et al. no prelo).

16. A água também é considerada como um importante mecanismo de dispersão (Lamb 1966, Gullison & Hubbel 1992h). Na Bolívia, onde o mogno é geralmente encontrado ao longo de antigos cursos de rios e onde provavelmente o seu estabelecimento tenha ocorrido após grandes enchentes, as sementes têm sido observadas boiando e retendo a capacidade de germinação até 10 dias após a embebição (Gullison, comunicação pessoal). No início da estação chuvosa no Sul do Pará, observou-se a água transportando sementes não germinadas a distâncias consideráveis rio abaixo.

17. **Germinação.** A viabilidade de sementes na época da dispersão é geralmente maior que 90% (Rodríguez & Barrio 1979). As sementes não têm mecanismos de dormência a longo prazo, mas podem sobreviver quatro a seis meses no campo durante o período seco (Rodríguez et al. 1992, Gullison et al. 1996) e até dez meses em condições de seca e frio (Rodríguez & Barrio 1970). A germinação é "hypogeal", e geralmente ocorre dentro de dez dias do plantio, continuando por três semanas, com um tempo médio de 28 dias entre o plantio e a germinação total (Marrero 1949, Lamb 1966, Alvarenga & Flores 1988). A disponibilidade de umidade associada com o final da estação chuvosa acelera a germinação, ainda que os mecanismos precisos permanecem obscuros (Lamb 1966). A embebição das sementes com água requer umidade prolongada; as primeiras germinações em floresta fechada ocorrem nos microsítios onde a umidade é retida durante as primeiras semanas completas da estação chuvosa. Se as primeiras chuvas são separadas por "mini-secas" ao longo de algumas semanas, as sementes germinam em povoamento uniforme dentro de uma única árvore porta sementes (Grogan 1996). A germinação sob cobertura fechada de dossel em florestas abertas tem sido documentada em taxas entre 35 a 60%, com a umidade aparentemente acelerando a resposta (Gerhardt 1996). Há autores que afirmam que a germinação requer luz abundante, correspondendo ao tamanho médio para grandes clareiras (Baskin et al. 1957 in Whitmore 1992). Entretanto, as sementes são geralmente encontradas em sombra moderada próxima das árvores adultas (Stevenson 1927, Gullison & Hubbel 1992b). Wolffsohn (1961) e Snook (1993) observaram que o solo mineral exposto ou a fina liteira são os melhores substratos para o estabelecimento de raízes. (1992 b).

18. **Predação de sementes.** A predação de sementes começa na própria árvore, onde macacos e araras alimentam-se dos frutos dentro de cápsulas. Animais como paca e roedores são conhecidos por

comerem as sementes no chão (Lamb 1966). A predação de sementes dispersas tem sido citada por Wolffsohn (1961) como mecanismo importante para a regulação das populações de mogno na América Central, enquanto Gullison et al. (1996) atribuíram a mortalidade de sementes pós-dispersão a insetos e fungos. As sementes são altamente adstringentes, sugerindo que componentes secundários protetores possam ser um importante mecanismo de defesa. Até que ponto essa proteção se estende às mudas ainda é desconhecido.

19. A regeneração após a exploração madeireira é geralmente documentada como pobre e não existente. Stevenson (1927) descreve grandes áreas de floresta úmida em Belize com a ausência quase absoluta de regeneração. Stevenson observou que havia alguma regeneração, porém a alta densidade inicial de mudas em torno de árvores expostas declinava rapidamente em competição com o avanço da regeneração de outras espécies, geralmente reduzindo a zero dentro de um ano. Quevedo (1986), trabalhando na Bolívia, encontrou regeneração de mogno em clareiras de três anos de idade criadas pela exploração dessa espécie, mas nenhuma nas clareiras com nove anos de idade. Gullison and Hubbel (1992) encontraram uma média de 48 mudas em 18 clareiras criadas pela exploração recente de mogno na Bolívia. Entretanto, na mesma área de estudo, Gullison et al. (1996) encontraram regeneração em apenas duas das 28 clareiras com 18 a 20 anos de idade. No Sul do Pará, Veríssimo et al. (1995) observaram regeneração em 31% das parcelas estabelecidas em torno dos tocos em clareiras criadas pela exploração de mogno com idades variando de 3 a 9 anos. A alta correlação com as sementes remanescentes indicam que muitas sementes germinam após a exploração. Grogan et al. (no prelo) encontrou regeneração em 65% das 40 clareiras com 2 a 3 anos de idade criadas pela queda de uma única árvore. Lamb (1966) afirmou que em sítios favoráveis (adequada umidade do solo e boa drenagem), o mogno tem um fraco desempenho na competição com a regeneração avançada de outras espécies, exceto após grande distúrbios.

20. **Crescimento.** Sabe-se pouco sobre os processos fisiológicos que determinam o crescimento do mogno. Como é uma espécie decidua com considerável variação no tamanho das folhas e textura de acordo com o sítio, o mogno ao mesmo tempo evita e tolera o stress hídrico (Lamb 1966). A translocação dos nutrientes aparentemente ocorre ligeiramente antes da mudança de cor nas folhas, como evidenciado pela mudança na coloração de verde escuro para vermelho (pelo menos na América Central; isto não tem sido observado na América do Sul). Desde que a floração e a queda das folhas ocorrem antes do final da estação seca, carboidratos e água podem ser acumulados e armazenados dentro da árvore, a maioria nas raízes, durante a estação chuvosa; ou a assimilação deve continuar durante a estação seca com as raízes retirando a água das camadas inferiores do solo. A cor da madeira e as propriedades adstringentes da seiva e sementes atestam a alta taxa de investimento nos componentes secundários para finalidade anti-fungo e herbivoria, um tratamento comum nas Meliaceae (Lamb 1966, Pennington et al. 1981; Loehle 1988).

21. Existe alguma discrepância na literatura a respeito das condições ótimas de crescimento das mudas. Acredita-se que as mudas em florestas naturais são sensíveis à seca e intolerantes ao pleno sol (Stevenson 1927). Por outro lado, tem se observado que as mudas são intolerantes às condições agudas de sombra, ainda que possam persistir em condições de média luz (Smith 1942). Ramos & Grace (1990) descobriram que as sementes crescem em condições de alta luminosidade no limite da saturação de luz – isto é, a resposta máxima fotosintética – a aproximadamente 50% de pleno sol, sugerindo que o mogno é fisiologicamente equipado para ambientes altamente luminosos associados com a abertura de clareiras mas não necessariamente a pleno sol. Stevenson (1927) observou clareiras abertas nas proximidades das árvores porta-sementes com abundância de mudas, mas sem nenhuma regeneração nas áreas adjacentes com sombra. Gullison & Hubbel descrevem as mudas de mogno como heliófilas, requerendo luz abundante para crescer. Ainda que eles tenham documentado densidades de 300 mudas por hectare em torno de adultos reprodutivos, nenhum acúmulo de banco de mudas de longo prazo foi observado. Eles estimaram que as mudas podem sobreviver no máximo seis anos dentro das condições de dossel fechado. Grogan et al. (no prelo) descobriram mudas com densidades de até 250 indivíduos por 0,5 hectare nas áreas imediatamente adjacentes às árvores mães, ainda que a maioria das árvores teve pouca ou nenhuma

regeneração. Eles documentaram 18% de sobrevivência por mudas estabelecidas naturalmente em floresta fechada após dez meses, e 28% de taxa de sobrevivência para as mudas plantadas.

22. Estudos experimentais sobre crescimento e sobrevivência das mudas de mogno no México e Costa Rica confirmam a preferência dessa espécie por ambientes de alta luminosidade na idade inicial. Ramos & Del Amo (1992) encontram em um estudo de sete anos em floresta úmidas próximas a Veracruz (México) que o crescimento em altura estava positivamente correlacionado com o grau de abertura de dossel, ainda que as taxas de sobrevivência eram as mais altas nos níveis intermediários. Estudando as florestas abertas no Noroeste da Costa Rica, Gerhardt (1993) encontrou que as taxas de sobrevivência aumentavam com o nível de irradiação; após três anos de crescimento, as mudas foram, em média, mais altas em ambientes de pastagem se comparadas com florestas secundárias. A mortalidade ocasionada pela predação foi maior na floresta.
23. Lamb (1966) observou que as mudas crescem aproximadamente 15 cm de altura nos primeiros seis meses dentro da floresta, enquanto o crescimento em viveiros no mesmo período foi em média 1 metro. Gullison & Hubbel (1992) observaram que as taxas de crescimento para mudas estabelecidas em dossel fechado foi 7,4 cm/ano; em clareiras, a taxa de crescimento aumentou para 14,7 cm/ano., com o máximo de 100 cm/ano. Stevenson (1992) observou que o crescimento das mudas responde até 60 cm dentro de três semanas após a liberação da sombra. A ramificação geralmente ocorre após o caule atingir mais do que 2 cm de DAP e ter alguns metros de altura (Snook 1993). Arvoretas de 3 metros de altura podem persistir e, ainda que devagar, adicionar incrementos na altura por muitos anos em dossel fechado (Lamb 1966). Snook (1993) descobriu que a taxa mais rápida de crescimento diamétrico do mogno ocorre entre as idades de 15 a 30 anos. Gullison & Hubbel (1992) determinaram que a taxa mais rápida de crescimento ocorre para as classes de diâmetro entre 20 a 80 cm. Nenhuma informação está disponível quanto à habilidade das mudas e arvoretas de responder à abertura do dossel.
24. Em florestas naturais, plantios de enriquecimento em florestas secundárias e plantações, o incremento em diâmetro e altura variam dramaticamente por causa do sítio e das diferenças genéticas das sementes. Em todos os casos, o mogno apresenta uma grande capacidade de crescer rápido. As taxas de crescimento em florestas tendem a ser menores do que em plantações: 0,14 a 0,36 cm /ano (Lamb 1966) e Gullison et al. (1996) 0,36 a 0,9 cm/ano. Com muito poucas exceções, o crescimento do diâmetro em plantações excede a 1 cm/ano; atingindo taxas de até 3 cm por ano na Martinica (Marie 1949). O crescimento em altura geralmente excede 1 metro ao ano em plantações com algumas mudas na Costa Rica atingindo 5 metros no final do primeiro ano (Newton 1992). Em Quintana Roo (México) Snook (1993) estima em 122 anos o tempo requerido para a árvore atingir o tamanho comercial de 55 centímetros DAP. Na Bolívia Gullison & Hubbel's (1992a) calculam 105 anos (amplitude de 52 - 149 anos) para uma árvore de mogno atingir 80 cm de DAP. Em plantações de mogno em Belize, Lamb (1966) estimou o período de rotação em 40 a 50 anos para árvores com DAP de 58 cm.
25. Ainda que no início do crescimento o mogno seja robusto, a maturação de plantações de mogno é atacada pela broca do ponteiro (*Hypsipyla grandella* Zell). Esse inseto mata o botão terminal, fazendo com que a árvore de mogno se ramifique e conseqüentemente o tronco perca forma (Holdridge & Morrero 1940, Martorell 1943, Félix de Barros & Brandi 1975, Weaver & Bauer 1986, Lamb 1966, Newton et al. 1993). Técnicos florestais tem observado que o plantio de baixa densidade na vegetação secundária reduz a taxa de ataque (Stevenson 1927, Marshall 1939, Swabey 1941, Marie 1949, Yared & Carpanezzi 1981). Apesar disso, a broca do ponteiro permanece como o principal obstáculo ao sucesso de plantação florestais ao longo de sua área de ocorrência natural. O papel da broca do ponteiro na regulação das populações de mogno em florestas naturais ainda é desconhecido.
26. **Distúrbio.** Como árvore emergente de baixa densidade com pouca ou nenhuma muda se estabelecendo sob o dossel fechado, e capaz de rápido crescimento em ambientes de alta luminosidade, a regeneração do mogno em florestas naturais é aparentemente ocasionada por distúrbios em larga escala

(Snook 1993), conferindo ao mogno a classificação de pioneira ou seja especialista em ambientes de clareira (Budowski 1965, Denslow 1987, Swaine e Whitmore 1988). Os cenários dos distúrbios conhecidos como favoráveis ao mogno incluem furacões, incêndios florestais, inundações, áreas abertas para agricultura, pátios e estradas associadas com a exploração madeireira e clareiras criadas pela queda de árvores (Wolffsohn 1961, Lamb 1966, Snook 1993, Gullison et al. 1996).

27. As florestas de Belize, Guatemala e México são freqüentemente afetadas por furacões, que danificam o dossel de cima para baixo, liberando a regeneração e permitindo a invasão de espécies secundárias sobre grandes áreas (Lamb 1966, Smith 1986). Como o cedro (*cedrela odorata*), o mogno sobrevive aos furacões melhor do que qualquer outra espécie em Belize (Lamb 1966, Wolffsohn 1967). Snook (1993) e Francis (1991) encontraram comportamento similar no México e Porto Rico, respectivamente (veja também Wadsworth e Englerth 1959 sobre a suscetibilidade do mogno a vento fortes em Porto Rico). Lamb (1966) observou que as condições de luminosidade em florestas danificadas por furacões favorecem a regeneração de mogno, e concluiu que as mudas cresceram vigorosamente após o furacão de 1942 em Belize. Snook (1992, 1993) descreveu um área de floresta que havia sido afetada em 1955 por um furacão com duas classes de diâmetro, uma representando uma população de árvores de grande porte que havia sido estabelecida após um distúrbio em larga escala bem anterior ao furacão de 1955, e a as árvores de menor tamanho representando a população que foi estabelecida após esse furacão. A ausência de mogno indica que as árvores que sobreviveram ao furacão ocuparam rapidamente a abertura de dossel de maneira a dificultar o mogno em atingir a dominância do dossel. Esse estudo demonstrou que o mogno pode se estabelecer com sucesso após os furacões e incêndios que ocorrem em intervalos de décadas e até centena de anos, e conclui que a abertura criada pela queda de uma única árvore pela exploração madeireira é insuficiente (sendo muito pequena) ou inapropriada (ausência de distúrbio no solo) para a regeneração e o crescimento do mogno.

28. Gullison & Hubbel (1992a, b) concluíram que o mogno regenera sob a abertura do dossel criado por inundações de larga escala que mata as árvores altas em virtude da prolongada submersão e deposição de partículas de silte. As grandes árvores crescendo acima da erosão nos terraços altos indicam um distúrbio expressivo no passado distante que liberou um único povoamento. Em ambos cenários, a boa drenagem do solo e o dossel persistentemente aberto substancia a visão de que o mogno requer distúrbios de larga escala para um recrutamento de sucesso.

29. **Estoques Naturais.** As estimativas de estoques naturais de mogno são especulativas. Isto porque não existem inventários nacionais dessa espécie. Um levantamento feito por Figueroa (1994) oferece um perfil qualitativo dos estoques de mogno em alguns países de ocorrência. Nesse estudo, os estoques variam de raro (Colômbia), severamente reduzido (Costa Rica, Panamá, Honduras, Peru, Guatemala), vulnerável (Venezuela) a razoavelmente abundante (Belize). No entanto, há falta de informações acuradas sobre os estoques naturais de mogno no México, Bolívia e Brasil.

30. No Brasil, um estudo não publicado de Barros et al. (1992), com base nos dados do RADAMBRASIL, estima que os estoques naturais de mogno no País são relativamente abundantes, em torno de 21 milhões de metros cúbicos (5,7 milhões árvores de mogno). Entretanto, Veríssimo et al. (1992) argumenta que dados acurados sobre os estoques naturais de mogno são difíceis de coletar, por causa da sua distribuição agrupada, e que todas as estimativas existentes devem ser consideradas com reserva.

GENÉTICA

31. O debate sobre a erosão genética do mogno tem feito parte da literatura nos últimos anos (Styles & Khosla, 1976). O alto nível de exploração dessa espécie poderia reduzir o tamanho da população genética, e a teoria sobre a genética de populações deixa evidente que isso pode levar a perda de alelos e genótipos, e as mudanças no sistema reprodutivo, especialmente em relação ao aumento no nível homozigose. Há vários esforços sendo feitos para documentar a genética de mogno, especialmente em

relação as perspectivas de conservação biológica. Estudos de Loveless & Gullison (1998) realizados no Bosque Chimanes, em Beni, Bolívia mostram a variação de isoenzima (proteína) em 4 populações locais de mogno separadas entre si por distâncias de até 100 km. Os autores encontram níveis relativamente alto de variação genética nessas populações, quando comparadas com as variações detectadas nas populações de outros países tropicais. A heterosigose média das duas melhores amostras de população de mogno é 0,22 (Loveless & Gullison, em preparação), comparadas com 0,11 em um resumo de 81 espécies de árvores nativas dos trópicos (Loveless 1992). Isso significa que uma população individual de mogno contém consideráveis variações genéticas e, portanto, tem o potencial para diferenciação e adaptação local. As populações na Bolívia, entretanto, não revelam grande diferenciação genética. Isso sugere que na escala local, o gene transportado por pólen ou disperso por semente é substancial. Agregações locais de indivíduos adultos que são parte de uma matriz florestal intacta são geneticamente similares. A fragmentação da paisagem como resultado da exploração madeireira e a conversão de floresta para pastagem pode, entretanto, interromper o fluxo de genes e dessa maneira promover diferenças entre populações e erosão genética dentro das populações.

32. O potencial para o fluxo de genes em mogno é também revelado por medidas diretas de "outcrossing" utilizando marcadores de isoenzimas (Loveless & Gullison, 1998). Análises de progênie revelam completo "outcrossing", a despeito do fato de que o mogno é capaz de auto-polinização em plantações. Além disso, medições feita em uma população Boliviana antes e depois do isolamento devido a exploração madeireira mostrou 15% de incremento no nível de homozigose das populações residuais (Loveless & Gullison em preparação). Isso ocorre provavelmente por causa do fluxo restrito de pólen entre populações relacionadas. Essa medida homozigose em uma espécie historicamente "outcrossed" pode ter sérias conseqüências negativas para a regeneração natural do mogno de um pequeno número de árvores matrizes. Isso pode incluir fenômenos como redução da germinação, aumento da taxa de mortalidade, diminuição da capacidade reprodutiva das mudas, e redução na taxa de crescimento.

33. Estudos genéticos estão sendo realizados nas populações brasileiras de mogno. A pesquisadora Maristerra Lemes (INPA, CENARGEN) está desenvolvendo marcadores moleculares RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) e microsatélite para caracterizar a estrutura genética das populações do mogno no Acre, Rondônia e sul do Pará. A conclusão da análise dos dados do trabalho de M. Lemes está prevista para o final de 1998. A pesquisadora Maryllin Loveless (College of Wooster, Estados Unidos) está utilizando isoenzimas para medir a variação genética nessas mesmas populações. Esses dados devem estar disponíveis em 1999. Esses estudos permitirão determinar o grau em que as populações de mogno diferem geneticamente ao longo de sua área de ocorrência no Brasil, bem como a maneira mais efetiva para obter a conservação genética da espécie face à pressão de exploração.

PROGRESSOS NA PESQUISA DO MOGNO NO BRASIL

34. Estratégias efetivas para o manejo de mogno em florestas naturais só pode ser formulado com o conhecimento da dinâmica das populações naturais dessa espécie. Como a espécie se reproduz, sobrevive, cresce e se dispersa na paisagem? Ainda que as informações ecológicas resumidas na primeira parte desse trabalho indiquem tendências, de fato muito pouco se conhece sobre a dinâmica das populações de mogno em florestas nativas.

35. Após 5 séculos de exploração comercial, apenas dois estudos sobre as populações naturais de mogno foram realizados por R. Gullison e colaboradores na Bolívia e L. Snook no México. Enquanto ambos os estudos indicam que o mogno tem adaptado a sua estratégia de regeneração para distúrbios catastróficos que ocorrem em intervalos estocásticos e em larga escala, é provável, dado a vasta de ocorrência de mogno e as condições diversas em que a espécie cresce, que a sua amplitude ecológica seja maior do que esses estudos sugerem. Considerando padrões climáticos, história geológica, topografia, solos, composição florestal, e a longa história de distúrbios na área de estudo do Sul do Pará, Bolívia e México, o que há em comum é unicamente a presença do mogno. Se a estratégia de história natural difere

de um sítio de estudo para outro, é provável que as estratégias de manejo devam ser flexíveis para a adaptação às particulares de cada região.

36. Um estudo multidisciplinar de longo prazo da ecologia, estrutura genética e manejo do mogno teve início em 1995 por pesquisadores do IMAZON/Universidade de Yale EUA), INPA-CENARGEN e Wooster College (EUA). Os resultados preliminares têm identificado três padrões de árvores maduras nessa região: 1) relativa alta densidade ao longo das margens das áreas alagadas da bacia Araguaia-Tocantins; infelizmente essas populações foram completamente removidas; 2) densidade intermediária nas áreas baixas associadas a pequenos rios e igarapés, com pouco ou nenhum indivíduo ocupando as áreas altas entre essas microbacias; 3) densidades não avaliadas nas áreas de altitude. Subpopulações de mogno adultos tem sido inventariadas em termos de crescimento, produção de sementes e estabelecimento em quatro sítios de densidade média (tipo 2) nas áreas das madeireiras SEMASA e Perachi.

37. A estrutura da população e os regimes de distúrbios naturais aparentam ser mais complexos no Sul do Pará do que os estudados em outras áreas. Na escala da paisagem, o padrão de distribuição nas classe de tamanho estão próximas da curva sinoidal descritas para as populações de mogno na Venezuela, México e Bolívia; indicando uma baixa taxa de regeneração para indivíduos de classe de tamanho inferior a 30 cm de DAP. Entretanto, um mapeamento intensivo no principal sítio de estudo (Projeto de Manejo Florestal da Marajoara) indica que a representação da classe diamétrica dentro da micro-bacia é tipicamente ampla, com arvoretas e indivíduos intermediários crescendo vigorosamente em meio a árvores adultas. As pequenas árvores tem sido observadas crescendo dentro das clareiras abertas nas últimas décadas pela morte de indivíduos de outras espécies do dossel dominante. Combinando os dados preliminares revelam um nítido declínio no crescimento anual para árvores com DAP > 80 cm (reforçando a descoberta feita por Gullison et al. 1996) com as observações de que a taxa de mortalidade aparente ser relativamente alta para todas as classes de tamanho, nos leva a elaborar hipóteses de que o recrutamento para a classe adulta deve ocorrer em um menor intervalo de escala de tempo e espaço do que tem sido inferido por outros estudos. É possível que a regeneração do mogno na escala da paisagem possar ter ocorrido em função de ventanias e grandes incêndios florestais em intervalos de séculos, entretanto é mais provável que outros processos possam ter desempenhado também um papel na manutenção dos níveis de população de mogno no Sul do Pará.

38. Há uma pesquisa experimental examinando a resposta das mudas de mogno a gradientes de luz, solo, umidade de solo. A ênfase tem sido colocada na descrição do ciclo de produção de sementes ao longo de vários anos, identificando os vetores de polinização, determinando os impactos da exploração seletiva no esforço reprodutivo das árvores remanescentes, e comparando a estrutura genética das sub populações exploradas e não exploradas. O tratamento silvicultural planejado para a estação seca de 1998 irá testar a hipótese da capacidade de regeneração do mogno sob diferentes intensidade de distúrbios.

RECOMENDAÇÕES PRELIMINARES PARA O MANEJO FLORESTAL DO MOGNO

39. A previsão é de que os resultados da pesquisa de campo liderada por J. Grogan estejam disponíveis nos próximos dois anos, mas podemos antecipar que fórmulas com base empírica para o manejo do mogno em florestas naturais serão produzidas. Os componentes essenciais do manejo sustentável do mogno deverão incluir o seguinte:

I. Modificação do diâmetro mínimo de corte

40. O limite do diâmetro mínimo de corte para qualquer população natural de espécie madeireiras representa uma prescrição para o nível de exploração do recurso. As razões para a modificação dessas práticas incluem o seguinte:

a. Fecundidade - o índice de produção de sementes dos indivíduos adultos cresce expressivamente para árvores > 80 cm de DAP, como mostrado por Gullison et al. (1996) e preliminarmente por Grogan et al. no sul do Pará. A remoção exagerada das árvores de grande porte exclui potencialmente a disponibilidade de sementes para colonizar as áreas de exploração madeireira.

b. Muitas árvores de grande porte tem o fuste oco e, portanto, sem valor comercial. Essas árvores são derrubadas por causa da expectativa de que parte do fuste possa ser aproveitado.

41. Possíveis modificações no diâmetro mínimo incluiria os seguintes aspectos:

a. Uma proporção de árvores de grande porte, emergentes, saudáveis devem ser conservadas como matrizes.

b. Todas as árvores ocadas, independente do seu diâmetro, devem ser mantidas como porta sementes. Ainda que essas árvores sejam relativamente pequenas e sem valor comercial madeireiro, elas representam um valioso recurso ecológico, dado que produzem pólen - o capital genético das populações.

II. Manejo na escala da microbacia.

42. Análise preliminar das agregações no nível das microbacias no Sul do Pará indicam uma fase contínua de regeneração clareira de novos indivíduos para o estágio de populações adultas, provavelmente dentro de grandes ciclos de distúrbio na escala da paisagem. Essa sugestão de microbacia sugere que as agregações das microbacias representam a escala espacial apropriada ao planejamento do manejo. Uma exploração manejada deve adotar o seguinte:

a. A área de manejo deve ser dividida em microbacias dentro das quais reside uma subpopulação de mogno.

b. Essas subpopulações podem ser inventariadas por classe de tamanho e distribuição espacial dos caules.

c. Pode-se selecionar as árvores matrizes, considerando a distribuição dos indivíduos sem valor comercial (árvores com troncos ocos), pode ser feito para otimizar, em áreas exploradas, a dispersão de sementes a partir das árvores matrizes. Desta maneira, árvores saudáveis com DAP < 50 cm devem ser conservadas.

III. Manejo para favorecer o Crescimento

43. O Monitoramento do incremento anual no volume de cerca de 550 árvores de mogno (classe de tamanho de 10 cm) no Sul do Pará desde 1995, indica a grande variabilidade dentro de todas as classes de tamanho, bem como o decréscimo significativo na taxa de crescimento para árvores com DAP > 80 cm. A variação na taxa de crescimento parece estar correlacionada com o lugar (posição topográfica, subsolo, hidrologia, tipo de solo) e o grau de infestação de cipós. A queda na taxa de crescimento para árvores com DAP > 80 cm está provavelmente relacionada com o aumento no investimento dos recursos fotosintéticos para a produção de semente, como sugerido por Gullison et al. (1996). Possíveis implicações para os estudos de crescimento incluem o seguinte:

a. Ciclos de rotação apropriada para manejo natural políclico podem emergir com 5 a 10 anos de dados de crescimento. Isso significa que deveremos saber logo dadas as condições específicas de sítio, quanto tempo leva para as árvores da Amazônia Oriental Brasileira atingir diâmetro de corte, como calculado no México por Snook (1993) e na Bolívia por Gullison et al. (1996).

b. Experimentos silviculturais examinando a resposta de crescimento do corte de cipós e abertura de dossel irão indicar em que situações as áreas cipoáticas e ou áreas com altíssima densidade de árvores de

mogno de DAP pequeno podem ser removidas. A floração e os estudos de produção de sementes irão fortalecer a análise.

IV. Estratégia de Regeneração

44. Os resultados dos estudos de J. Grogan e colaboradores no Sul do Pará indicam o seguinte:
- A dispersão de sementes ocorre no final da estação seca, criando uma "cama" de sementes. Com a chegada das chuvas, as mudas germinam em geral na direção oeste das árvores adultas.
 - Produção de sementes, ocorrendo anualmente em algum nível, de forma significativa deve ocorrer a cada 3 a 4 anos.
 - As sementes germinam tanto em áreas fechadas da floresta como em ambientes de clareiras.
 - As sementes crescem melhor em ambientes de alta luminosidade, ainda que possam persistir durante alguns anos em floresta fechada.
 - A performance ótima das mudas depende da identificação dos microsítios dentro da paisagem com distúrbios - "hotspots" de crescimento- onde o crescimento robusto de longo prazo é assegurado.

CONCLUSÃO

As implicações dos resultados preliminares do estudo de J. Grogan e colaboradores indica o seguinte:

Primeiro, O corte deve ser planejado para ocorrer após as sementes serem dispersadas.

Segundo, alguns anos tendem a ser mais favoráveis do que outros quanto à produção de sementes e, portanto, quanto à regeneração de mudas pós-exploração. O conhecimento básico sobre os ciclos de produção de sementes no nível local e regional pode aumentar significativamente a taxa de sucesso da regeneração sob regime de manejo.

Terceiro, as árvores devem ser cortadas levando em conta a regeneração. Isto é, sempre que possível, as clareiras devem ser abertas na direção das árvores adultas. Onde várias árvores forem ser removidas de um única área, clareiras maiores podem ser criadas pela queda orientada das árvores de maneira a maximizar a abertura de espaço para as mudas heliófilas de mogno. Ainda que sapopemas nas árvores adultas as vezes determinem a direção de queda, bem como o desenho das estradas de exploração e os ramais de arraste, um mínimo de planejamento da operação de corte pode aumentar significativamente o sucesso da regeneração.

Por último, Um melhor entendimento das necessidades de recurso das mudas -- a relação do crescimento para luz, água do solo, nutrientes do solo, vegetação competitiva irá permitir o desenvolvimento da estratégia ótima para a regeneração artificial nos sítios onde as fontes naturais de sementes foram removidas ou estão indisponíveis. É provável que a seleção do microsítio para o plantio de sementes seja mais importante do que a quantidade de sementes plantadas.

BIBLIOGRAFIA

- Alvarenga, S., & E. M. Flores. 1988. Morfología y germinación de la semilla de caoba, *Swietenia macrophylla* King (Meliaceae). *Revista de Biología Tropical* 36(2a): 262-267.
- Budowski, G. 1965. Distribution of tropical rainforest species in light of successional process. *Turrialba* 15(1): 40-43.
- Campbell de Araújo, V. 1969. Sobre a germinação do mogno (aguano) *Swietenia macrophylla* King. *Unknown source*: 58:69.

- Champion, H. G. 1934. Tour jottings from south Bengal. *Indian Forest* 60: 460-466.
- Chinte, F. O. 1952. Trial plantings of large leaf mahogany in the Philippine Islands. *Caribbean Forest* 13(2): 75-84.
- Chudnoff, M. 1979. *Tropical Timbers of the World*. Madison, Wisconsin: US Forest Products Laboratory, USDA Forest Service. 831 pp.
- Denslow, J. S. 1987. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics* 18: 431-451.
- Félix de Barros, N., & R. M. Brandi. 1975. Observações sobre a ocorrência de ataque de *Hypsipyla* em plantas de mogno, na região de Viçosa, MG. *Brasil Florestal* 24: 22-25.
- Foster, R. B. 1980. Heterogeneity and disturbance in tropical vegetation. Pages 75-92 in M. E.
- Francis, J.K. 1991. *Swietenia mahagoni* Jacq., West Indies mahogany; Meliaceae, Mahogany family. U.S.D.A. Forest Service Southern Station, international Tropical Forestry Report No. SM 46
- Gerhardt, K. 1993. Tree seedling development in tropical dry abandoned pasture and secondary forest in Costa Rica. *Journal of Vegetation Science* 4(1): 95-102.
- Gerhardt, K. 1996. Germination and development of sown mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in secondary tropical dry forest habitats in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 12: 275-289.
- Grogan, J. E. 1996. Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in south Pará, Brazil: report on field studies, october 1995 through January 1996. Yale School of Forestry & Environmental Studies.
- Grogan, J. E., J. Galvão, L. Simões, and A. Veríssimo. 1998. Observations on the regeneration status of bigleaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in closed and logged forests of southeastern Pará, Brazil. In J. C. Figueroa Colon, ed. *International Conference on Big-leaf mahogany: Ecology, Genetic Resources and Management*, October 22-24, 1996, San Juan, Puerto Rico. Springer-Verlag.
- Gullison, R. E., and S. Hubbell. 1992a. Natural regeneration of *Swietenia macrophylla* in the Bosque Chimanes, Bolivia. Mahogany Workshop: Review and Implications of CITES. Washington, D.C.: Tropical Forest Foundation.
- Gullison, R.E., and S. P. Hubbell. 1992b. Regeneración natural de la maha (*Swietenia macrophylla*) en el bosque Chamines, Bolivia. *Ecología en Bolivia* 19: 43-56.
- Gullison, R.E., S. N Panfil, J. J. Struose, and S. P. Hubbell. 1996. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes Forest, Beni, Bolivia. *Botanical Journal of the Linnean Society* 122: 9-34.
- Holdridge, L. R. 1967. *Life Zone Ecology*. San José, Costa Rica; Tropical Science Center.
- Holdridge, L. R., and J. Marrero. 1940. Preliminary notes on the silviculture of big-leaf mahogany. *Caribbean Forest* 2(1): 20-23.
- Hoy, H. E. 1946. Mahogany industry of Peru. *Economic Geography* 22: 1-13.
- Ikeda, T., A. Taketani, and A. Yokota. nd. Infestation of Meliaceae trees by the mahogany shoot borer in plantation areas of the Peruvian Amazon. Unknown source.

- Irmay, H. de. 1949. Mahogany, *Swietenia macrophylla* King, in Bolivia. *Caribbean Forester* 10: 43-57.
- Lamb, F. B. 1960. An approach to mahogany tree improvement. *Caribbean Forester* 21: 12-20.
- Lamb, F. B. 1966. Mahogany of Tropical America: its Ecology and Management. Ann Arbor: University of Michigan. 220pp.
- Loehle, C. 1988. Tree Life history strategies: role of defenses; *Canadian Journal of Forest Research* 18: 209-222.
- Lugo, A. E., E. Cuevas, and M. J. Sanchez. 1990. Nutrientes and mass in litter and top soil of ten tropical tree plantations. *Plant and Soil* 125.
- Marie, E. 1949. Notes on reforestation with *Swietenia macrophylla* King in Martinique. *Caribbean Forester* 10: 211-216.
- Marrero, J. 1949. Tree seed data from Puerto Rico. *Caribbean Forester* 10: 11-30.
- Marrero, J. 1950. Results of forest planting in the insular forests of Puerto Rico. *Caribbean Forester* 11: 107-147.
- Martorell, L. F. 1943. Forests and Forest entomology. *Caribbean Forester* 4: 132-134.
- Meggers, B. J. 1994. Archeological evidence for the impact of mega-El Niño events on Amazonia during the past two millenia. *Climatic Change* 28: 321-338.
- Miller, N. G. 1990. The genera of Meliaceae in the southeastern United States. *Journal of the Arnold Arboretum* 71: 453-486.
- Negreros-Castillo, P. 1991. Ecology and Management of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) Regeneration in Quintana Roo, Mexico. Ph.D. dissertation, Iowa States University.
- Nelson, B. W. 1994. Natural forest disturbance and change in the Brazilian Amazon. *Remote Sensing Reviews* 10: 105-125.
- Newton, A. 1992. Prospects for growing mahogany in plantations. Proceedings of the Second Pan American Furniture Manufacturers' Symposium on Tropical Hardwoods. Grand Rapids, MI: Center for Environmental Study.
- Newton, A. C., P. Baker, S. Ramnarine, J. F. Mesen, R. R. B. Leakey. 1993. The mahogany shoot borer: prospects for control. *Forest Ecology and Management* 57: 301-328.
- NRDC "List American (Big-Leaf) Mahogany (*S. macrophylla*) in Appendix II. November, 1994
- Oliphant, J. N. 1928. Mahogany in British Honduras. *Empire Forestry Review* 7: 9-10.
- Pennington, T. D., and J. Sarukhan. 1968. *Arboles Tropicales de Mexico*. Mexico: INIF/FAO. 413 pp.
- Pennington, T. D., and B. T. Styles. 1975. A generic monograph of the Miliaceae. *Blumea* 22(3): 419-540.
- Pennington, T. D., B. T. Styles, and D. A. H. Tayler. 1981. Meliaceae. *Flora Neotropica Monograph* 28: 1-472.

- Quevedo, L. H. 1986. Evaluacion del efecto de la tala selectiva sobre la renovacion de un bosque humedo subtropical en Santa Cruz, Bolivia. Master of Science thesis, Universidad de Costa Rica.
- Ramos, J., and J. Grace. 1990. The effects of shade on the gas exchange of seedling of four tropical trees from Mexico. *Functional Ecology* 4(5): 667-678.
- Ramos, J. M., and S. del Amo. 1992. Enrichment planting in a tropical secondary forest in Veracruz, Mexico. *Forest Ecology and Management* 54: 289-304.
- Record, S. J., and R. W. Hess. 1947. *Timbers of the New World*. New Haven: Yale University Press. 640 pp.
- Rodan, B. D., Newton, A. C., and Verissimo A. 1992. Mahogany Conservation: Status and policy initiatives. *Environmental conservation*. 19: 331-338.
- Scott, H. J. 1992. Mahogany growth at Las Casas. Unpublished report.
- Smith, D. M. 1986. *The Practice of Silviculture*. Eighth ed. New York: John Wiley & Sons. 527 pp.
- Smith, J. H. N. 1942. The formation and management of mahogany plantations at Silk Grass Forest Reserve. *Caribbean Forester* 3: 75-77.
- Snook, L. K. 1992. Logging and mahogany in the forests of Quintana Roo, Mexico: why silvicultural management is necessary to sustain *Swietenia macrophylla*. Mahogany Workshop: Review and Implications of CITES. Tropical Forest Foundation, Washington, D.C.
- Snook, L. K. 1993. Stand Dynamics of Mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and Associated Species after Fire and Hurricane in the Tropical Forests of the Yucatan Peninsula, Mexico. D. F. dissertation, Yale University.
- Snook, L. K. 1996. Catastrophic disturbance, logging and the ecology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King): grounds for listing a major tropical timber species in CITES. *Botanical Journal of the Linnean Society*: 122: 35-46.
- Stevenson, D. 1928. Types of forest growth in the British Honduras. *Tropical Woods* 14: 20-25.
- Stevenson, N. S. 1927. Silviculture treatment of mahogany forests in the British Honduras. *Empire Forestry Journal* 6: 219-227.
- Styles, B. T., and P. K. Khosla. 1976. Cytology and reproductive biology of Meliaceae. pp. 61-67 in J. Burkey and B. T. Styles, eds, *Tropical Trees: Variation, Breeding and Conservation* New York: Academic Press.
- Swabey, C. 1941. An islander looks at the mainland. *Caribbean Forester* 3: 39-40
- Swaine, M. D., and T. C. Whitmore. 1988. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. *Vegetatio* 75: 81-86.
- Verissimo, A., P. Barreto, R. Tarifa & Uhl, C. Mahogany extraction in the eastern Amazon: a case study. In Hartshorn, G., ed., *Mahogany Workshop: Review and Implications of CITES*. February 3-4, 1992. Tropical Forest Foundation.

- Veríssimo, A., P. Barreto, R. Tarifa, & Uhl, C. 1995. Extraction of a high-value natural resource in Amazonia: The case of mahogany. *Forest Ecology and management* 72(1): 39-60.
- Veríssimo, A. & Lima, E. 1998. Caracterização da atividade madeireira na Amazônia. Manuscrito, IMAZON, Belém, 33 p.
- Wadsworth, F. H., and G. H. Englerth. 1959. Effects of the 1956 hurricane on forests in Puerto Rico. *Caribbean Forester* 20: 38-51.
- Weaver, P. L., and J. Bauer. 1986. Growth, survival and shoot borer damage in mahogany planting in the Luquillo Forest of Puerto Rico. *Turrialba* 36(4): 509-522.
- White, S. 1978. Cedar and mahogany logging in eastern Peru. *The Geographical Review* 68: 394-416.
- Whitmore, J. L. 1983. *Swietenia macrophylla* and *S. humilis* (caoba, mahogany). Pp. 331-333 in D. H. Janzen, ed., *Costa Rica Natural History*. Chicago: University of Chicago Press.
- Whitmore, J. L. 1992. An introduction to *Swietenia*, with emphasis on silviculture. Mahogany Workshop: Review and Implications of CITIES. Washington, D. C.: Tropical Forest Foundation.
- Whitmore, J. L., and Hinojosa. 1977. Mahogany (*Swietenia*) Hybrids. U.S. Forest Service Research Paper ITF-23, Intitute Tropical Forestry, Rio Piedras, Puerto Rico.
- Williams. 1931. Peruvian mahogany. *Tropical Woods* 31: 30-37.
- Wolffsohn, A. L. A. 1967. Post hurricane forest fires in British Honduras. *Commonwealth Forestry Review* 46: 233-238.
- Wolffsohn, A. L. A. 1961. An experiment concerning mahogany germination. *Empire Forestry Review* 46: 71-72.
- Yamazaki, S., Ikeda, A. Taketani, C. Pacheco, and T. Sato. 1992. Attack by the mahogany shoot borer, *hypsipyla grandella* Zeller, on the Meliaceous trees in the Peruvian Amazon. *Applied Entomology and Zoology* 27(1) 31-38.