

CARNEIRO, M. H.; GASTAL, M. L. História e filosofia das ciências no ensino de biologia. *Ciência e Educação*, São Paulo, v. 11, n.1, p. 33-39, 2005.

MARTINS, L. A. P. A história da ciência e o ensino da biologia. *Ciência e Ensino*, São Paulo, n.5, p. 18-21, dez 1998.

MENEGHELLO, Marinez. *De olho no futuro*: novo. 4ª. Série. São Paulo: Quinteto Editorial, 2001.

PRETTO, N. D. L. *A ciência nos livros didáticos*. Campinas: Editora da Unicamp, 1985.

SANTANA, Érika. BALESTRI, Rodrigo. *Coleção conhecer e crescer*: ciências. 4ª. Série. Escala Educacional: São Paulo, 2006.

SOUZA, Joanita. *Brincando com ciências*. 4ª. Série. São Paulo: Ed. do Brasil, 2004.

WAIZBORT, Ricardo. Teoria social e biologia: perspectivas e problemas da introdução do conceito de história nas ciências biológicas. *História, Ciência, Saúde*, São Paulo, vol. III, p. 633-653, out-dez, 2001.



RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA E PROTEÇÃO DA BIODIVERSIDADE NO SISTEMA DE MICRO-BACIAS HIDROGRÁFICAS EM ATENAS, ALAJUELA, COSTA RICA

Maria Clara Silva-Forsberg¹⁶

¹⁶ Professora Doutora, Escola Normal Superior, Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Avenida Djalma Batista 2074, Chapada, CEP 69950-010 – Manaus, AM, Brasil. cforsberg04@yahoo.com. Os resultados apresentados aqui fazem parte do projeto Ecological Restoration and Protection of the Biodiversity in the Atenas Watershed Network,

RESUMO: O levantamento da diversidade de espécies vegetais e outros aspectos estruturais de três fragmentos florestais, em diferentes estágios de sucessão secundária, assim como análises físicas e químicas dos solos destes fragmentos são apresentados. A dinâmica da recuperação florestal para a região de Atenas é, então, discutida e recomendações sobre técnicas e procedimentos para recuperar ecologicamente áreas degradadas de micro-bacias são detalhadas como forma de auxiliar as comunidades de Alto del Monte e Plancillo a resolverem seus problemas relacionados ao abastecimento de água potável e proteção das nascentes.

Palavras-chaves: restauração ecológica; sucessão secundária; bacia hidrográfica; biodiversidade; uso da terra e da água;

ABSTRACT: A vegetal species inventory and other structural attributes of three forest fragments in different ages of secondary succession were developed as well as the physical and chemical soil analysis are presented. The recovering forest dynamics for the area of Atenas are discussed and recommendations about different methods and steps to ecologically recuperate watershed degraded areas are detailed as a way to help out the communities of Alto del Monte and Plancillo to solve their environmental problems related to potable water and protection of their watersheds.

Key words: ecological restoration; secondary succession, watershed, biodiversity; land and water uses.

1. INTRODUÇÃO

Costa Rica é um país líder em políticas de conservação da natureza com mais de 25% de suas terras sob proteção ambiental (EVANS, 1999). O desmatamento e a fragmentação de habitat, porém, assolam o país há décadas. Em 1950, 64% das suas terras eram cobertas por florestas primárias, mas em 1987 esta figura não alcançou 30% (SILVA, 1998), por causa da perda de

executado em 2000 e 2001, e recebeu apoio financeiro e logístico da School for Field Studies – SFS e Centro de Investigación Agronomica da Universidad de Costa Rica – CIA/UCR

50% da cobertura florestal (ROSETO-BIXBY e PALLONI, 1998) devido à expansão da pecuária, plantação de banana e café (VANDERMEER e PERFECTO, 1995; GUTOWSKI, 1998).

Pastagem é um dos mais vulneráveis usos da terra nos trópicos (UHL, 1987). GUTOWSKI (1998), avaliando as práticas de uso da terra dentro das Zonas Protetoras¹⁷ do Valle Central, concluiu que pastagens altamente degradadas cobriam 45% do total da área estudada (1.599 ha). O mesmo foi encontrado para as zonas protetoras de Atenas (PUJOL et al., 1997). Dada a restrita disponibilidade de terras agricultáveis nessa região, muitas das conversões se efetivaram nas ladeiras e área marginais de alta declividade. Assim, as águas que nascem e correm ao longo dos vales estão sendo ameaçadas por erosão, sedimentação e agroquímicos. Como consequência, as comunidades que dependem dessas fontes de água estão em risco (GUTOWSKI, 1998).

Além disso, as mudanças no regime do uso da terra tiveram severos impactos ambientais nos ecossistemas locais. A fragmentação das florestas isolou a vegetação em pequenas ilhas biológicas, diminuindo o número de habitats para as espécies nativas (COLLINGE, 1996). Os perímetros dos fragmentos florestais ficaram particularmente suscetíveis às mudanças dos aspectos físicos dos ecossistemas, podendo assim direcionar mudanças na composição das espécies (COLLINGE, 1996; HARRINGTON et al., 1997). Com a expansão dos processos de degradação nas áreas de bacias hidrográficas¹⁸, tanto a saúde do ambiente como das comunidades humanas locais foram ameaçadas.

Tais mudanças afetaram os ecossistemas das micro-bacias das comunidades de Alto Del Monte e Plancillo que dependem das várias nascentes que sofreram influências das mudanças no uso da terra. As terras que circundam as nascentes de Alto del Monte (CARSWELL, 2001), e três das sete nascentes que suprem a comunidade de Plancillo estavam cobertas por produções agrícolas

¹⁷ Zona Protetora é um tipo de unidade de conservação criada para conservar solos, corpos d'água e biodiversidade (Lei Florestal no. 7575, artigo 83). Entretanto, a maioria das terras distribuídas nessas áreas protegidas pertence a particulares, e não há na legislação regras claras de como monitorar o uso e manejo em terras de particulares.

¹⁸ Uma bacia hidrográfica pode ser definida como "uma área geográfica na qual água, sedimentos e materiais dissolvidos são drenados para um canal principal.." (WAGNER, 1994). Áreas de bacias provêm uma multiplicidade de serviços ambientais tanto prevenindo a erosão e a sedimentação de rios e riachos, como ajudando a preservar a integridade dos ecossistemas aquáticos.

convencional e pastagens (BEHNAMPOUR, 2000), em violação com a Lei Florestal #7575, artigo 33 da Costa Rica, que determina que qualquer nascente de água deve ser circundada por uma área de proteção ecológica de 100m de raio, e áreas de floresta primária ou zona tampão (buffer) de 50metros devem acompanhar qualquer rio ou curso d'água (ZELEDON, 1999).

A quantidade de água para a comunidade de Alto del Monte vem diminuído na estação seca (BROWN et. al., 2000). Além disso, a população tem aumentado anualmente nas duas comunidades, ameaçando ainda mais a sustentabilidade das micro-bacias. Nos últimos anos, plantações de café também foram implantadas em áreas que eram usadas anteriormente por pastagens. Essas mudanças foram, em parte, responsáveis pelo excesso de sedimentos na água que a comunidade de Alto del Monte recebeu nos meses chuvosos de 2001 (CARSWELL, 2001).

Para solucionar os atuais e futuros problemas com o abastecimento de água potável, representantes das associações comunitárias solicitaram ajuda técnica a esta autora na busca de soluções ecológicas e mecanismos de manejo para as áreas degradadas com o intuito de restaurar as terras que circundavam as nascentes e restabelecer a biodiversidade original daquelas áreas.

Restauração ecológica¹⁹, porém, não é um processo rápido ou fácil de ser implantado. Informações relacionadas à dinâmica ecológica dos ecossistemas originais tais como (a) a estrutura horizontal e vertical dos ecossistemas nativos (p.ex. riqueza de espécies; frequência, abundância e dominância das espécies vegetais; a distribuição de altura e biomassa das árvores); (b) características físicas e químicas dos solos e do clima; (c) e a dinâmica do processo de sucessão secundária, precisam ser conhecidos.

E, segundo o sistema de classificação de zona de vida de Leslie Holdridge, a área de Atenas está situada entre duas zonas: Floresta Úmida Pré-Montana e Floresta Seca (HOLDRIDGE, 1996), no entanto, não havia registro sistematizado sobre a composição de espécies e dinâmica da sucessão secundária florestal naquela zona de transição. Este estudo, então, objetivou preencher as lacunas

¹⁹ Restauração ecológica “é o processo responsável pela alteração intencional de uma área para restabelecer um ecossistema nativo” (SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION, 1990). O U.S. NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1992) entra em mais detalhes nos aspectos conceituais da restauração: ela é definida como o “retorno de um ecossistema, o mais próximo possível, de suas condições anteriores ao distúrbio”. Na restauração, danos de um recurso são reparados. Tanto a estrutura como a função de um ecossistema é recriada. O objetivo é recriar um sistema funcional, auto-regulável que esteja integrado à paisagem ecológica onde ele ocorre.

no conhecimento sobre a dinâmica florestal da área para delinear recomendações para recuperar as condições ecológicas e serviços ambientais das microbacias da região de Atenas, conforme solicitado pelas comunidades de Alto del Monte e Plancillo. As principais questões levantadas pelas comunidades foram relacionadas com (a) a eliminação das fontes de erosão que contaminaram as águas usadas pela comunidade na estação chuvosa, (b) o potencial de recolonização florestal das áreas degradadas, e (c) o tempo necessário para a recolonização da floresta e recomposição da biodiversidade original da área.

2. ÁREA DE ESTUDO E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este estudo foi desenvolvido entre os meses de março de 2000 e dezembro de 2001, dentro e no entorno da Zona Protectora Cerro Atenas²⁰ (ZPCA), através da parceria entre as comunidades de Alto del Monte e Plancillo e o Centro de Estudios sobre Desarrollo Sostenible, da School for Field Studies. A ZPCA está localizada no município de Atenas, Província de Alajuela (Lat 9°58' e 9°56.5' Norte, Long 84°27' a 84°24' Oeste), na região do Valle Central da Costa Rica, a aproximadamente 900m acima do nível do mar. A estação seca ocorre entre os meses de novembro e abril. A temperatura média é de 22°C, variando entre 18°C e 24°C. A precipitação média é de 2000 mm que varia entre 1700-2500mm (GUTOWSKI, 1998) Estando na transição entre as Florestas Tropicais Secas e Florestas Tropicais Úmidas Pré-Montana, as florestas são caracterizadas como sazonais semi-decíduas com dois estratos de altura mediana. As árvores alcançam 25m de altura no dossel, e no sub-bosque ficam em torno de 10-20m. Essas áreas estão localizadas nas zonas de vidas mais alteradas da Costa Rica com significativa ausência de remanescentes de florestas primárias (JANZEN, 1983). Os solos são classificados como “andept inceptisols” com uma base vulcânica rica em nutrientes (ALVARADO et al., 2001). Tais solos são altamente suscetíveis à erosão e à lavagem de nutrientes devido ao grande tamanho de suas partículas (SANCHEZ, 1976).

²⁰ Unidade de conservação criada em 23 de junho de 1976 pelo Decreto Executivo No. 6112-A, cobrindo 900 ha de terras privadas, onde o ecossistema natural tem sido quase totalmente modificado por ação humana.

Três florestas foram amostradas: (1) a floresta da família Murillo com 23 anos de idade; (2) o Bosque Municipal de Atenas (BMA) com 70 anos; e (3) a Floresta da família Vega, uma floresta primária, formando uma seqüência de idade que possibilitaram estudar a dinâmica da restauração florestal da área.

A Murillo-23 é um fragmento de 58ha de floresta secundária que está em estágio de regeneração há 23 anos. Essas terras foram usadas para a criação de gado desde o início do século passado e abandonadas há duas décadas devido à improdutividade das pastagens. O relevo da área é extremamente acidentado, dificultando a entrada de pessoas e facilitando a erosão.

No passado, as terras que hoje fazem parte do BMA-70 eram usadas para plantação de café, cana de açúcar e, principalmente para a produção de gado. Em 1931, as mesmas foram adquiridas pela Prefeitura Municipal de Atenas com o objetivo de proteger as fontes d'água, que na época supriam toda a cidade. O BMA-70 é uma reserva de 25ha de terreno montanhoso, localizada a aproximadamente 1km da Zona Protectora Cerro Atenas. Quatro das sete nascentes de água que abastecem a comunidade de Plancillo fazem parte do BMA-70 (BEHNAMPOUR, 2000).

A floresta dos Vega está situada na ZPCA, e cobre uma área de 7ha de floresta primária com formato irregular e declive acentuado, circundada por plantações de café, pastagens e no seu limite sul, pela floresta Murillo (VITALLE-WOLF, 2001).

Para caracterizar a estrutura vertical e horizontal do Bosque Municipal de Atenas (BMA), os 25ha de floresta foram amostrados usando 32 plots circulares selecionados ao acaso, cada um com 20m de diâmetro. As espécies de árvores foram amostradas numa área de um hectare (10048m²). Os 32 pontos foram identificados numa quadrícula, usando uma tabela de números randômicos que foram, então, sobrepostos num mapa topográfico. De um ponto original localizado próximo da esquina sudoeste, os outros pontos foram encontrados com a ajuda de uma bússola e trenas. Uma estaca foi posicionada no centro de cada plot atado a um cordão de 10m para delinear suas fronteiras com bandeiras coloridas para marcar os raios de 10 e 3m. Para cada árvore com o diâmetro a altura do peito (DAP) igual ou maior que 10cm, a altura total e do fuste, assim como o DAP foram medidas em cada plot, para caracterizar o dossel. Os mesmos dados foram registrados para árvores com DAP entre 2.5-9.9cm encontradas no raio de 3m, para caracterizar o sub-bosque.

Devido ao formato irregular e acidentado do terreno das florestas Vega e Murillo-23, cada área foi mapeada para facilitar a distribuição e seleção dos plots amostrais, usando um mapa de Atenas que foi aumentado para uma escala de 1:5000 (Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica, Edición 1-IGNCR). As áreas foram amostradas traçando um transecto na área central das florestas, equidistante entre a direção norte-sul. Trinta e dois pontos foram traçados a uma distância de 15m entre eles, alternando-se norte e sul do transecto central. Distâncias do transecto central foram determinadas aleatoriamente, de acordo com as distâncias totais das extremidades.

O número total de plots amostrados em cada floresta foi determinado plotando o número de O número total de plots amostrados em cada floresta foi determinado plotando o número de espécies da área amostrada, ou seja, dependendo do desempenho da curva espécie-área. Vinte e dois plots foram amostrados na Vega e 19 na Murillo-23. Cada espécie de árvore foi identificada com a ajuda de um botânico taxonomista profissional, no campo. Amostras botânicas foram coletadas de cada espécie não identificadas e as mesmas foram levadas ao Herbário Nacional de San José e ao Herbário da Universidad Nacional de Heredia para identificação comparativa. Amostras de solo foram também tomadas em quatro diferentes áreas do BMA e Murillo, e cinco na Vega para representar as diferentes declividades e aspectos da vegetação. Cada amostra foi composta de 15 sub-amostras coletadas com um trado manual de 20cm, e enviadas ao laboratório de solos do Centro de Investigación Agronômica (CIA) da Universidad de Costa Rica para a efetivação das análises físicas e químicas.

Os proprietários de cada floresta privada assim como os descendentes dos proprietários das terras que formam, atualmente, o BMA-70 foram entrevistados sobre o histórico de uso e manejo de cada área. Tais dados são apresentados na descrição da área de estudo e incluídos na discussão quando necessários. Os dados²¹ coletados foram estocados e analisado, usando EXCEL.

²¹ Formulas para cálculo: **Área Basal**= $\sum (DAP/2)^2$. **Densidade**= no. de indivíduos/ área amostrada. **Densidade relativa**= (densidade de uma espécie/ densidade total de todas as espécies)* 100. **Dominância**= total área basal/área amostrada. **Dominância relativa**= dominância de uma espécie/dominância total de todas as espécies) * 100. **Frequência**= nº de plots em que a espécie ocorreu/ total de plots amostrados. **Frequência relativa**= (frequência de uma espécie/ frequência total de todas as espécies) * 100. **Índice de Valor de Importância**= (densidade relativa +dominância relativa + frequência relativa).

O Índice de Valor de Importância (IVI) foi calculado para todas as espécies de árvores e usado para caracterizar a estrutura horizontal e a composição florística das três florestas. As árvores foram classificadas em maduras - do dossel ($\geq$ ou $> 10\text{cm}$ de DAP) e jovens - do sub-bosque ($<10\text{cm}$ de DAP). As áreas basais totais foram calculadas e extrapoladas para comparar as florestas em hectare.

3. RESULTADOS

Os resultados são apresentados para a estrutura vertical; riqueza de espécies e composição florística; fertilidade e estrutura física do solo, seguindo a idade, em ordem crescente das florestas: Murillo- 23, BMA-70, e Vega – primária.

3.1. Estrutura vertical: distribuição dos tamanhos das espécies vegetais

Das 301 árvores amostradas na floresta Murillo-23, 71 eram jovens, com DAP médio de 4,8cm. Enquanto, 230 eram maduras com DAP médio de 19,1cm e altura variando de 3 a 13m. A Murillo-23 teve geralmente um número menor de indivíduos em cada classe de DAP para árvores maduras. Somente 3,7% de todas as árvores encontradas na Murillo-23 tinham DAP maiores de 40cm, enquanto no BMA-70 alcançaram 7%, e na Vega, entorno de 10% (Figura 1). No BMA-70, 528 árvores foram mensuradas, para o dossel as alturas variaram entre 4 e 28m, com uma média de 12,6m. Na Vega, 452 árvores foram medidas e as alturas foram um pouco mais baixas que as do BMA-70, variando entre 3,3 e 24m, com uma média de 10,3m, o que é surpreendente uma vez que a Vega é uma floresta primária, e o BMA-70, ainda está em processo de sucessão secundária.

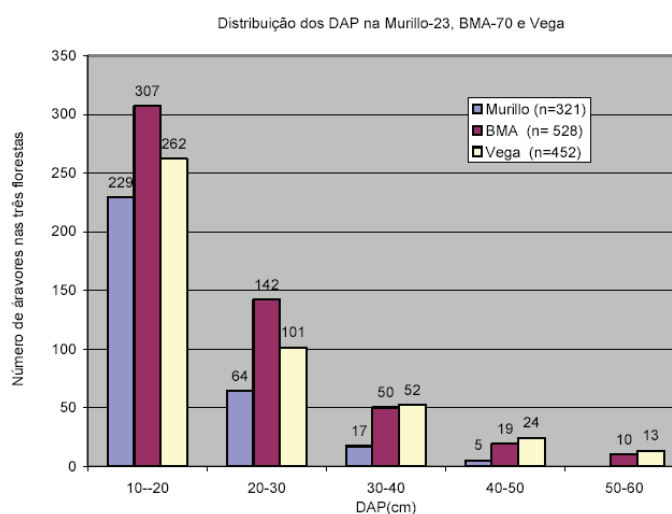


Figura 1.
Distribuição do número de árvores com DAP (diâmetro a altura do peito) igual ou acima de 10cm nas três florestas em Atenas, Costa Rica.

3.2. Área Basal das espécies vegetais

Na Murillo-23, estimou-se uma área basal total de $7,97\text{m}^2$ nos $0,58\text{ha}$ de área amostrada, o que corresponde a $16,5\text{m}^2/\text{ha}$. As árvores maduras contribuíram com $13,5\text{ m}^2/\text{ha}$ desse total e as jovens contribuíram com $3,0\text{ m}^2/\text{ha}$. A área basal no BMA-70 foi estimada em $27,4\text{m}^2/\text{ha}$, enquanto a Vega apresenta a área basal total mais alta, estimada em torno de $35,1\text{ m}^2/\text{ha}$.

3.3. Riqueza de espécies e composição florística

Um total de 44 espécies²² de 21 famílias foi amostrado na Murillo-23. No BMA-70, o total alcançou 119 espécies²³ representando 51 famílias. Na Vega, porém, foi encontrado um total de 72 espécies²⁴ distribuídas em 34 famílias.

²² Pela curva espécie-área foi estimado que o número adicional de espécies estava próximo do zero. Assim, o número de espécies identificadas está muito próximo do número total de espécies distribuídas naquela área.

²³ A curva espécie-área indicou que nenhuma nova espécie foi encontrada no plot 31, porém uma nova espécie estava presente no último plot amostrado, o 32. Esses dados sugerem que o platô iniciou aproximadamente no plot 31, em torno de 9500m^2 . O platô de uma curva, nesse caso, indica a proximidade da área mínima necessária para amostrar todas as espécies que ocorrem em um habitat (LUTTGE, 1997).

²⁴ O início do platô na curva espécie-área, sugere que a área amostrada ($0,69\text{ha}$) não foi suficiente ainda para caracterizar a estrutura horizontal da floresta Vega, apesar da amostragem cobrir 10% da área total dos 7 hectares. LUTTGE (1997) sugere que as espécies mais abundantes das florestas tropicais compõem somente 15% das encontradas numa parcela amostral. Entretanto, a área mínima necessária para caracterizar uma floresta tropical é passível de controversias. BALÉE (1994) concluiu que uma área de 1 hectare era insuficiente para calcular a

Das 44 espécies da Murillo-23, 30 formavam o dossel, enquanto 28 estavam no subbosque. No dossel, *Enterolobium cyclocarpum* (guanacaste) (IVI= 70,8), *Cordia alliodora* (laurel) (IVI=47,7), *Tecoma stans* (vainillo) (IVI= 29,9) e *Guazuma ulmifolia* (guacimo) (IVI=29,3) foram as espécies com índices mais alto de valor de importância (Tabela 1). Essas foram seguidas de *Diphysa americana*, *Cecropia peltata*, *Lonchocarpus costaricensis* e *Lueha cândida* (IVI= 15,1, 14,5, 14,1, e 10,8 respectivamente).

Tabela 1 - As 20 espécies com os mais altos IVI* encontrados no dossel das florestas Murillo-23, BMA-70, e Vega, em Atenas, Costa Rica.

Murillo		BMA		Vega	
Espécies	IVI	Espécies	IVI	Espécies	IVI
1 <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	70.8	<i>Inga</i> sp1	23.8	<i>Inga sapindoides</i>	26.5
2 <i>Cordia alliodora</i>	47.7	<i>Syzygium jambo</i>	22.3	<i>Brosimum alicastrum</i>	12.9
3 <i>Tecoma stans</i>	29.9	<i>Allophylus occidentalis</i>	19.8	<i>Garcinia intermedia</i>	11.7
4 <i>Guazuma ulmifolia</i>	29.3	<i>Guazuma tomentosa</i>	16.9	<i>Cupania guatemalensis</i>	11.1
5 <i>Diplysa americana</i>	15.1	<i>Cinamomus</i> spp.	13.5	<i>Inga</i> spp.	10.2
6 <i>Cecropia peltata</i>	14.6	<i>Myrsine pellucida</i>	13.4	<i>Casearia sylvestris</i>	6.2
7 <i>Lonchocarpus costaricensis</i>	14.1	<i>Cecropia obtuseifolia</i>	9.1	<i>Luehea candida</i>	5.4
8 <i>Lueha candida</i>	10.9	<i>Inga</i> sp3	8.8	<i>Muria heterophylla</i>	4.7
9 <i>Heliocarpus appendiculatum</i>	9.9	<i>Inga</i> sp2	8.4	<i>Cecropia peltata</i>	4.0
10 <i>Lasianthea fruticosa</i>	5.3	<i>Casearia sylvestris</i>	7.7	<i>Croton draco</i>	4.0
11 <i>Albizia adinocephala</i>	5.1	<i>Luehea speciosa</i>	5.4	<i>Inga</i> sp1	3.8
12 <i>Tabebuia ochracea</i>	4.2	<i>Sapium macrocarpum</i>	5.0	<i>H. appendiculatum</i>	3.8
13 <i>Croton draco</i>	3.8	<i>Miconia argentea</i>	4.7	<i>Amyris pinnata</i>	3.5
14 <i>Spondias purpurea</i>	3.6	<i>M. Heterophylla</i>	4.6	<i>Ocotea</i> spp	3.5
15 <i>Lysiloma divaricatum</i>	3.6	<i>H. appendiculatum</i>	4.5	<i>Stemmadenia donnell</i>	3.4
16 <i>Bursera simaruba</i>	3.5	<i>Conostegia xalapensis</i>	4.4	<i>Inga</i> sp2	3.0
17 <i>Acnistus arborescens</i>	3.4	<i>Nectandra</i> spp.	4.3	<i>Zanthoxylum</i> spp.	3.0
18 <i>Zanthoxylum setulosum</i>	2.5	<i>Tapiria mexicana</i>	4.2	<i>Stemmadenia</i> spp.	3.0
19 <i>Erythrochiton gymnanthus</i>	2.3	<i>Ceiba petandra</i>	3.9	<i>Mabea montana</i>	3.0
20 <i>Godmania aesculifolia</i>	2.0	<i>E. cyclocarpum</i>	3.5	<i>Cecropia</i> spp.	2.3

No sub-bosque, além da expressiva presença de *C. alliodora* e *G. ulmifolia*, *Lasianthea fruticosa*, *L. costaricensis* e *Machaerium biovulatum* contribuíram expressivamente na estrutura horizontal da Murillo-23 (Tabela 2).

O dossel do BMA-70 foi dominado pelo *Inga* spp, *Syzygium jambos*, *Allophylus occidentalis*, *Guazuma tomentosa*, *Cinnamomum* spp, e *Myrsine pellucida* (IVI= 23,8, 22,3, 19,8, 16,9, 13,5, e 13,4 respectivamente) (Tabela 1). Enquanto no sub-bosque, além da expressiva dominância do

diversidade de espécies de uma floresta primária na Amazônia. RANKIN-DE-MERONA e colaboradores (1992) amostraram 7 hectares de florestas na Amazônia Central e o número de novas espécies ainda aumentava, sugerindo que devido à distribuição geográfica das espécies nos ecossistemas tropicais, fica difícil estabelecer uma área mínima perfeita, e um hectare tem sido usado como área mínima amostral para esses fins.

Syzygium jambos (IVI= 71,1) que é uma espécie exótica introduzida da Ásia (LEÓN E POVEDA, 2000), e *Allophylus occidentalis* (IVI= 61,5) que também dominaram o dossel, *Casearia sylvestris* e *Solanum spp* foram as espécies mais comuns no BMA-70 (Tabela 2).

Tabela 2 - As 20 espécies com os mais altos IVI encontrados no sub-bosque das Florestas Murillo-23, BMA-70, e Vega, em Atenas, Costa Rica

Murillo		BMA		Vega	
Espécies	IVI	Espécies	IVI	Espécies	IVI
1 <i>Cordia alliodora</i>	33.1	<i>Syzygium jambo</i>	71.1	<i>B. alicastrum</i>	41.4
2 <i>Guazuma ulmifolia</i>	33.0	<i>Allophylus occidentalis</i>	61.5	<i>Coffea arabica</i>	19.7
3 <i>Lasiantha fruticosa</i>	25.9	<i>Casearia sylvestris</i>	20.8	Desconhecido	15.3
4 <i>Lonchocarpus costaricensis</i>	25.8	<i>Solanum spp.</i>	16.2	<i>Inga sapindoides</i>	13.8
5 <i>Machaerium biovulatum</i>	21.3	<i>Myrcia splendens</i>	8.4	<i>Ocotea spp</i>	13.3
6 <i>Acnistus arborescens</i>	16.4	<i>Cupania macrophylla</i>	7.9	<i>Rollinia pittieri</i>	10.3
7 <i>Xylosma spp.</i>	16.2	<i>Malvaviscus arboreus</i>	7.2	<i>Pipiper auritum</i>	10.3
8 <i>Randia spp.</i>	15.9	<i>Garcinia intermedia</i>	7.1	<i>Zanthoxylum sp.</i>	6.9
9 <i>Callicarpa acuminata</i>	15.4	<i>C. arabica</i>	6.8	<i>Cupania guatemalensis</i>	6.9
10 <i>Albizia adinocephala</i>	10.6	<i>Pipiper spp.</i>	5.7	<i>Ardisia revoluta</i>	6.8
11 <i>Lysiloma divarticatum</i>	10.4	<i>Inga spl</i>	4.9	<i>Amaioua corymbosa</i>	6.8
12 <i>Lueha candida</i>	8.2	<i>Clarisia mexicana</i>	4.9	<i>Capparis frondosa</i>	6.8
13 <i>E. cyclocarpum</i>	7.1	<i>B. alicastrum</i>	4.6	<i>Randia pittieri</i>	4.9
14 <i>Vermonia spp.</i>	6.7	<i>Eugenia costaricensis</i>	4.6	<i>Guarea spp.</i>	4.9
15 <i>Malvaviscus arboreus</i>	6.0	<i>Ardisia revoluta</i>	4.4	<i>Carica papaya</i>	4.9
16 Amostra 4	5.7	Amostra 8	4.2	<i>C. sylvestris</i>	3.5
17 <i>Tecoma stans</i>	5.2	<i>Sapium macrocarpum</i>	3.9	<i>Senna papillosa</i>	3.5
18 <i>Trichilia americana</i>	5.1	<i>Lafoensia punicifolia</i>	3.9	<i>Ardisia spp.</i>	3.4
19 <i>Cassia moschata</i>	5.1	<i>Dyphya robinoides</i>	3.7	<i>Eugenia acapulensis</i>	3.4
20 <i>Allophylus occidentalis</i>	4.4	Amostra 4	3.5	<i>Heliocarpus appendiculatum</i>	3.4

* IVI – Índice de Valor de Importância

A Vega, apesar de primária, é dominada no dossel pela *Inga sapindoides* (IVI=26,4), que é uma espécie pioneira, seguida de *Brosimum alicastrum*, *Garcinia intermedia*, *Cupania guatemalensis* e *Inga spp* (Tabela 1). Entretanto, o sub-bosque é dominado majoritariamente pelo *B. alicastrum* (IVI=41,4) (Tabela 2) que é uma espécie do dossel de florestas primárias úmidas tanto da vertente do Pacífico como do Atlântico (LEÓN E POVEDA, 2000), seguida da *Coffea arabica*, o café, que tem uma dominância acentuada no sub-bosque da Vega e BMA-70, devido ao intensivo plantio desta espécie no entorno dos poucos remanescentes florestais de Atenas.

Das 20 espécies com os mais altos IVI no dossel e sub-bosque na Murillo-23, 10 estavam presentes nos dois estratos (Tabela 1 e 2), incluindo *Acnistus arborescens*, *A. adinocephala*, *C. alliodora*, *E. cyclocarpum*, *G. ulmifolia*, *L. fruticosa*, *Lysiloma divarticatum*, *L. costaricensis*, *L. candida*, e *T. stans*. Do total de espécies identificadas, 17 espécies de 14 famílias também foram encontradas no BMA-70. E, 13 espécies de 10 famílias também ocorreram na Vega. Apesar das três florestas apresentarem seis espécies em comum, a maioria dessas não são exclusivas de florestas primárias.

Do total das espécies da Murillo-23, 27% (12) são espécies de floresta primária. Dessas, surpreendentemente, apenas duas são também encontrada na Vega (*Roupala montana* e *Tabebuia ochracea*), que é o fragmento de floresta primária que faz fronteira com a Murillo-23, e quatro no BMA-70 (*G. aescutifolia*, *M. biovulatum*, *Roupala glaberissima* e *E. cyclocarpum*) floresta secundária com 70 anos de sucessão. Os outros 50% das espécies de floresta primária, não ocorreram nas outras duas florestas estudadas, tendo origem, portanto, em outros bancos de sementes. São elas *Albizia adinocephala*, *Cassia moschata*, *Diphyssa americana*, *Sapium glandulosum*, *Trichilla americana*, e *T. martiniana*.

3.4. Estrutura e composição química do solo

A estrutura física do solo variou entre as três comunidades estudadas. Na área da Murillo-23 e da Vega, os solos são predominantemente arenosos, enquanto no BMA-70, a estrutura física é mais equilibrada, com 29,8 % de areia, 33,9 % de limo, e 36,8% de argila (Figura 2). Quanto à composição química e fertilidade do solo, a variação foi grande entre as comunidades, entretanto a média do pH e magnésio foram similares (Figura 3). A concentração de cálcio aumentou progressivamente com a idade das florestas. O fósforo seguiu a mesma tendência do cálcio, tendo a Vega quatro vezes mais fósforo que a Murillo-23 e BMA-70 (Figura 3). A toxidez, que mede as concentrações de alumínio e hidrogênio, diminuiu progressivamente com a idade das florestas, estando o solo da Murillo-23 muito mais tóxico que os das comunidades mais maduras (Figura 3), evidenciando claramente os indícios de degradação do solo devido ao intensivo uso por pastagens.

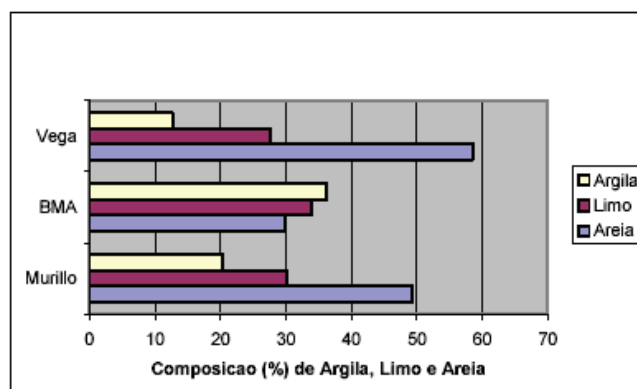


Figura 2 - Valores médios da estrutura física dos solos nas três florestas em Atenas, Costa Rica

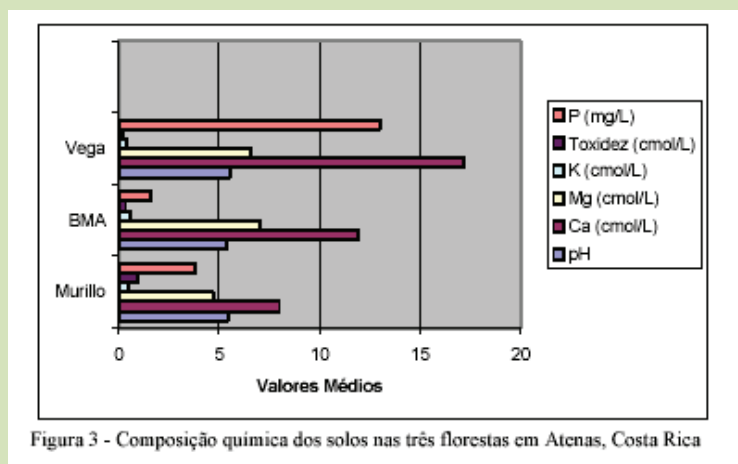


Figura 3 - Composição química dos solos nas três florestas em Atenas, Costa Rica

4. DISCUSSÃO

O que as espécies vegetais e solos das três florestas nos indicaram para restaurar ecologicamente as áreas degradadas?

Sucessão secundária associada com agricultura de corte e queima e ciclos curtos de pastagens segue um padrão de desenvolvimento claro, na maioria das áreas de florestas tropicais chuvosas (UHL et al., 1982; UHL, 1987; NEPSTAT et al., 1991; TUCKER, 1998; MORAN ET al., 2000). Durante as duas primeiras décadas de sucessão, espécies pioneiras são dominantes.

Uma grande porcentagem delas morrem ainda durante esses primeiros 20 anos, e a altura média das florestas com 10 a 20 anos de idade variaram entre 9 e 23m, com área basal de 15 a 28m²/há (FLORES PAITAN, 1988; SALDARRIAGA, 1988; MORAN et al., 2000).

Entre 30 e 40 anos, essas espécies são substituídas por outras de crescimento rápido, e espécies mais resistentes que se tornam dominantes nos próximos 50 anos e, em alguns casos, continuam a ser importantes na floresta madura. Nesse estágio, a altura média pode ser semelhante à das florestas maduras que varia entre 12 e 23m, e área basal de 15 a 35m²/ha, dependendo da fertilidade do solo e intensidade do uso da terra (FLORES PAIATAN, 1988; SALDARRIAGA, 1988; SALOMÃO, 1994; MORAN et al., 2000).

No entanto, nas áreas de transição entre Floresta Úmida Pré-Montana e Floresta Secas, na vertente pacífica da Costa Rica, o padrão de sucessão apresentou-se um pouco diferente.

Enquanto a floresta primária Vega e o BMA-70, apresentaram acumulação de biomassa semelhantes às outras florestas tropicais, a Murillo-23 está muito aquém em altura, e a área basal está no limite inferior, indicando atraso na regeneração da vegetação.

A qualidade do solo é um fator determinante na estruturação de uma floresta (TUCKER ET al., 1997). Na Amazônia, em geral, florestas estão distribuídas em solos com fertilidade mais baixa que o da Murillo-23, podendo apresentar valores de pH variando de 3.7 para 5.3 nos primeiros 20cm do solo (MORAN et al., 2000). Comparado aos solos amazônicos, os valores de pH na Murillo-23, Vega e BMA-70 são relativamente altos, indicando menos acidez no solo o que é vantajoso para a regeneração. Embora a Murillo-23 apresente solos mais férteis que os da Amazônia, seus solos não são tão férteis quanto os do BMA-70 e Vega. O relativo empobrecimento deste é devido ao uso intensivo daquela área para criação de gado, conjugado ao relevo montanhoso da região. Os solos da região de Atenas são ricos em materiais vulcânicos, que são mais porosos que os solos amazônicos, estando os nutrientes mais disponíveis a lixiviação (BRADY, 1974; VANDERMEER e PERFECTO, 1995).

Outro fator que pode estar influenciando negativamente o processo de sucessão da Murillo-23 está relacionado à qualidade dos ecossistemas que a envolvem. Na Amazônia, campos agrícolas e pastagens são, em geral, circundados por florestas (TUCKER 1997). E, essas florestas atuam como bancos de sementes que são dispersadas, rapidamente, pelo vento e animais. Além disso, a agricultura de corte e queima, prática comum na Amazônia, não costuma ser intensa o bastante para eliminar completamente troncos e raízes que rebrotam, assim como o banco de algumas sementes que permanecem no solo. Na região de Atenas, entretanto, áreas agrícolas e pastagens abandonadas são circundadas por outras áreas agrícolas ou urbanas, os bancos de sementes são raros e dispersos, e o rebrote é praticamente inexistente.

Esses fatores, entretanto, não têm afetado drasticamente a recomposição das espécies de árvores. Das 44 espécies amostradas na Murillo-23, 27% são de floresta primária, porcentagem de recolonização similar às encontradas em florestas da mesma idade na

Amazônia (MORAN ET al., 1996), mesmo tomando em consideração que as florestas na Amazônia costumam ser mais ricas em espécies de árvores que as da América Central (GENTRY, 1990). No entanto, em Atenas, as florestas não são Úmidas, mas de transição entre Úmida Pré-Montana e Seca.

Apesar das florestas secas mesoamericanas terem sido quase completamente dizimadas pela produção pecuária, 250 espécies de árvores foram identificadas no Parque Nacional de Santa Rosa (PNSR) (JANSEN e LIESNER, 1980), sendo 25% dessas dispersadas pelo vento (anemocoria). Entretanto, a recolonização das pastagens degradadas nessa área segue padrões diferentes de outras áreas tropicais. Das espécies que tem colonizado grande parte dos pastos abandonados do PNSR, 90% são dispersadas pelo vento (JANSEN, 1988), trazendo inconvenientes nos esforços de restauração ecológica uma vez que a dispersão dessas sementes depende exclusivamente da direção dos ventos e alcançam no máximo 200 metros da área de origem.

Ao contrário, áreas colonizadas predominantemente por espécies dispersadas por vertebrados (zoocoria) atraem mais formas de vida e o sentido da ocupação é multi-direcional, alcançando quilômetros de distância. As poucas áreas de colonização iniciadas por zoocoria no PNSR, estão associadas às árvores nucleares²⁵, sendo a maioria dessas nucleadas por guanacastes (*Enterolobium cyclocarpum*), cenizaros (*Pithecelobium saman*), guacimos (*Guazuma ulmifolia*), jobo (*Spondias moin*) e figos (*Ficus spp.*) (JANZEN, 1988).

O mesmo processo de recolonização foi observado na Murillo-23. Os guanacastes faziam parte das pastagens daquela área muito antes delas serem abandonadas (José Murillo, comunicação pessoal), justificando assim o alto IVI do *E. Cyclocarpum*, espécie que contribuiu significativamente nos valores de dominância total. Dos sete indivíduos com DAP $\geq$ 45cm, cinco eram guanacastes. E, a composição de espécie da Murillo-23 é, predominantemente, formada por espécies dispersadas por vertebrados, o que tem contribuído significativamente para a restauração da biodiversidade daquela área. Das 12 espécies de mata primária

²⁵ Árvores nucleares são aquelas que aparecem solitárias no meio das pastagens, que por prover alimentos e sombras, atraem animais que aí defecam ou liberam sementes em suas redondezas (BECKWIAH, 1954; McDONELL, 1983), formando ilhas de sucessão. Na Amazônia, essas são conhecidas como árvores ilhas (UHL et al., 1982; UHL, 1987; NEPSTA et al., 1991). Em pastagens abandonadas, o babaçu (*Orbignya phalerata*) e o inajá (*Maximiliana maripa*), em geral, desempenham esse papel.

identificadas na Murillo-23, seis não ocorreram nos outros fragmentos estudados, sugerindo que outros bancos de sementes têm contribuído para a composição florística daquela floresta secundária. Pequenos fragmentos de florestas primárias são vistos em escarpas de morros, áreas com declividade acima de 45% que têm sido respeitadas por causa da dificuldade de acesso. Essas áreas têm servido de bancos de sementes, contribuindo para a manutenção do "pool" de espécies daquela área.

Essas constatações são centrais para os esforços de restauração ecológica. Sendo as florestas de transição uma das mais raras e deterioradas no Vale Central, era esperado um cenário adverso no processo de regeneração florestal. No entanto, apesar do solo estar levando um tempo muito mais longo para ser recuperado, assim como alguns aspectos da estrutura vertical, a recolonização das espécies características da floresta primária daquela zona de transição parece estar seguindo o padrão regular tanto na Murillo-23, como no BMA-70, que apresentou um número de espécies/ha (119), semelhante aos encontrados para as florestas da Amazônia Central (RANKIN-DE-MERONA et al., 1992). Assim, a introdução de técnicas de manejo para acelerar a recuperação do solo e a colonização das áreas a serem restauradas é necessária, e foram recomendadas às comunidades.

5 - RECOMENDAÇÕES PARA O CONTROLE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL E DA RESTAURAÇÃO ECOLÓGICA²⁶

Apesar das comunidades (Plancillo e Alto del Monte) necessitassem de um plano imediato de restauração ecológicas para as suas micro-bacias, as áreas usadas por Alto del Monte eram mais críticas e requeriam um plano emergencial para controlar a erosão que estava colocando em risco a potabilidade das fontes de água. A estação de chuvas, em Atenas, ocorre entre meados de maio e dezembro. Em 2001, em cada dia de chuva forte, a comunidade teve que buscar alternativas para o seu suprimento de água, pois as águas das nascentes chegavam barrentas nas suas casas.

²⁶ As recomendações foram apresentadas oralmente e por escrito, em dezembro de 2001, em reuniões ampliadas nas Associações Comunitárias de Alto del Monte e Plancillo, com a participação de J. Jensen, J. Vermon, M. Taylor e C. Makarewich, estudantes que desenvolveram seus "Directed Research" sobre esse tema sob orientação desta autora.

Neste sentido, recomendou-se a cobertura imediata das áreas mais vulneráveis à erosão, usando-se cobertura plástica e redes.

Nas extremidades das áreas a serem cobertas, recomendou-se a plantação de estacas de “poró” (*Erythrina poeppigiana*) para a criação de uma barreira física, tanto para controlar a erosão como recuperar o solo. O “poró” foi introduzido da Venezuela nos anos 20, e tem sido largamente usado como sombra para café e cacau. De crescimento rápido, o poró é também um excelente fixador de nitrogênio. Quando podado, no início da estação seca, suas folhas oferecem uma boa cobertura ao solo, evitando a evapotranspiração e protegendo-o da radiação solar, assim servindo como espécie nuclear pioneira que pode modificar o ambiente e possibilitar a colonização de outras espécies, além de evitar a erosão. Sugeriu-se, também, que as áreas mais resistentes à restauração, fossem cobertas com camadas de solos trazidos das florestas primárias e secundárias vizinhas, trasladando, assim, bancos de sementes já formados, acelerando a restauração.

Concomitante ao plantio de poró, árvores nucleares nativas das florestas de transição, tais como “guanacaste” (*E. cyclocarpum*), “laurel” (*C. alliodora*), “cenizaro” (*P. saman*) e “guazuma” (*G. ulmifolia*) precisariam ser plantadas para propiciar a formação de “ilhas de sucessão”, acelerando assim o processo de restauração ecológica. Pois, assim que essas ilhas fossem formadas, o poró poderia ser eliminado já que é uma espécie alheia àquela zona de transição.

O controle da invasão de espécies exóticas tais como o café e a “manzana de rosa” *Syzygium jambos*, precisaria ser constante, pois essas já invadiram outras florestas secundárias naquela região. Além disso, se as comunidades de Alto del Monte e Plancillo objetivavam restaurar, definitivamente, a biodiversidade das áreas para proteger as micro-bacias hidrográficas, o tamanho dos “buffers” a serem restaurados necessitariam ser maiores que a zona tampão estipulada pela lei florestal da Costa Rica, que é de 100m ao redor das nascentes. Assim, recomendou-se, ainda, a interligação entre as zonas tampão entre si, e com os fragmentos florestais, formando corredores biológicos. Os fragmentos florestais pequenos são mais vulneráveis aos efeitos de borda que os grandes, e corredores biológicos costumam mitigar os efeitos de fragmentação dos habitats.

Para ampliar o tamanho das áreas a serem recuperadas nas micro-bacias, recomendou-se o estreitamento das relações das comunidades com os proprietários das terras onde essas

nascentes estão localizadas, no sentido de avaliarem as opções de mudanças no uso da terra ao redor das nascentes, motivando os proprietários a se envolverem nos esforços de restauração, através dos “Pagos de Servicios Ambientales” (PSA). O artigo 69 da Lei Florestal da Costa Rica prevê a arrecadação de fundos através do imposto sobre o uso de combustíveis, para a recuperação ambiental, recompensando economicamente as pessoas que protegem seus remanescentes florestais ou permitem áreas degradadas se recuperarem através do pousio (sucessão secundária).

O envolvimento dos proprietários com projetos relacionados ao PSA, seria extremamente benéfico tanto para o ambiente quanto para as comunidades e, finalmente para a recuperação da biodiversidade dos ecossistemas nativos de Atenas, que naquele momento se encontravam bastante degradados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAVARADO, A.H., BERTSCH F.H., BORNEMISZA, E.S., CABALCETA, G.A., FORSYTHE, W.H., HENRIQUEZ, C.H., MATA, R.C., MOLINA, E.R., SALAS, R.C. **Suelos Derivados De Cenizas Volcánicas (Andisoles) De Costa Rica**. Asociación Costarricense Del Suelo: Costa Rica, Central América, 2001.

BECKWITH, S.L. Ecological Succession on Abandoned Farms and its Relationship to Wildlife Management. **Ecol. Monogr.** 24: 349-376, 1954

BEHNAMPOUR, L. **Land Use, Waste Management and the Effect of Agro-Chemical on the Watershed of El Bosque Municipal de Atenas**. Fall, Directed Research. Center For Sustainable Development, SFS: Atenas, Costa Rica, 2000.

BRADY, N.C. 1990. **The Nature and Property of Soils**. Macmillan Publishing Company: New York, 1990.

BROWN, C.; COCHRANE, T., EINHORN, S.; NUSSBAUM, L.; PENNIMAN, L. **Institutional Analysis of Watershed Management in the Community of Alto del Monte**. Spring, Directed Research. Center For Sustainable Development, SFS: Atenas, Costa Rica, 2000.

CARSWELL, C. **Assessment of Land Use Changes Around the Alto del Monte Watershed**. Summer II, Directed Research. Center For Sustainable Development, SFS: Atenas, Costa Rica, 2001

COLLINGE, S. Ecological Consequences of Habitat Fragmentation: Implication for Landscape Architecture and Planning. **Landscape and Urban Planning** 36:59-77, 1996.

DENICH, M. **Estudo da Importância de uma Vegetação Secundária Nova para o Incremento da Produtividade do Sistema de Produção na Amazonia Oriental Brasileira.** Tese de Doutorado Universidade de Göttingen, Alemanha. EMBRAPA/CPATU, Belém, Brasil, 1991.

EVANS, S. **The Green Republic: A Conservation History of Costa Rica.** University of Texas Press: Austin, Texas, 1999.

FROMHOFF, P.C. Conserving Wildlife in Tropical Forests Managed for Timber. **BioScience** 45(7): 546-564, 1995.

GUARIGUATA, M. e FINEGAN, B. **Ecology and Management of Tropical Secondary Forest: Science, People, and Policy.** CATIE: Turrialba, Costa Rica, 1997.

GENTRY, A.H. 1990. **Four Neotropical Rainforests.** Yale University Press: New Haven, 1990.

GUTOWSKI, M. **An Evaluation of the Land Use Practices and Border Redesign Within the Protected Zones of Costa Rica Central Valley.** Master Thesis, Duke University, Durham, 1998.

HARRIGTON, G.H, IRVINE, A.K., CROME, F.H.J, and MOORE, L.A. Regeneration of Large-Seeded Trees in Australian Rainforest Fragments: A Study of Higher – Order Interaction. **In Tropical Forest Remnants: Ecological, Management, and Conservation of Fragmented Communities**, (Ed.) W. F. Laurance and R. O. Bierregaard, 292-303. University of Chicago Press: Chicago, 1997.

HOLDRIDGE, L.R **Ecologia Basada en Zonas de Vida.** ICA: San Jose, Costa Rica.

JANZEN, D. H. 1983. **Costa Rican Natural History.** University of Chicago Press: Chicago, IL, 1996.

JANZEN, D.H. Management of Habitat Fragments in a Tropical Dry Forest Growth. **Annals of the Missouri Botanical Garden** 75:105-116, 1988

JANZEN, D. and LIESNER, R Annotated Check-List of Plants of Lowland Guanacaste Province, Costa Rica, Exclusive of Grasses and Non-Vascular Cryptogams. **Brenesia** 18: 15-90, 1980

JENICK, J. e LONGMAN, K.A. **Tropical Forest and Its Environment.** John Wiley & Sons, Inc: New York, 1987.

LEÓN, J. y POVEDA, L.J. **Nombres Comunes de Las Plantas en Costa Rica.** Editorial Guayacán: San José, Costa Rica., 2000.

LUTTGE, U. **Physiological Ecology of Tropical Plants.** Springer-Verlag: Berlin, Alemanha, 1997.

MORAN, E.F., PACKER, A., BRONDIZIO, E., TUCKER, T. Restoration of Vegetation Cover in The Eastern Amazon. **Ecological Economics** 18: 41-54, 1996

MORAN, E., BRONDIZIO, E., TUCKER, J., SILVA-FORSBERG, M.C., FALES, I.C., McCracken, S. "Strategies for Amazonian Forest Restoration: Evidence for Afforestation in Five Regions of the Brazilian Amazon". **Amazonia at the Crossroads**. Ed. Anthony Hall. 129-148, University of London, Inst. Of Latin American Studies: London, 2000

McDONELLI, M.J. and STILES, E.W. The Structural Complexity of Oldfield Vegetation and the Recruitment of Bird-Dispersed Plants Species. **Oecologia** 5 56:109-116.

NEPSTAD, D., UHL, C. and SERRÃO, E.A.S. 1991. Recuperation of a Degraded Amazonian Landscape Forest Recovery and agricultural restoration. **Ambio** 20 (6): 248-255, 1983.

PUJOL, R., GARITA, A., and GONZALEZ, A. **Ordenamiento Territorial en la Cuenca del Rio Grande de San Ramon**. Programa Modelo de Desarrollo Sostenible Regional (MDSR), Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS), BIOMASS USERS NETWORK (BUN): San José, Costa Rica, 1997.

RANKIN-DE-MERONEA, J., PRANCE, W.R., HUTCHINGS, M.F., SILVA, M.F., ROFRIGUES, W.A. E UEHLLING, M.E. Preliminary Results of a Large-Scale Tree Inventory of Upland Rainforest in the Central Amazon. **Acta Amazonica** 6(2): 493-534, 1992.

ROSETO-BIXBY, L and PALLONI, A. 1998. Population and Deforestation in Costa Rica. **Population and Environment** 20(2):149-85, 1998.

SALDARRIAGA, J.G., THARP, M.L., UHL, C., WEST, D.C. 1988. Long-Term Chronosequence of forest Succession in the Upper Rio Negro of Colombia and Venezuela **Journal of Ecology** 76: 938-958, 1988.

SANCHEZ, P. **Properties and Management of Soils in the Tropics**. John Wiley and Sons: New York, NY, 1976.

SILVA, E.F. **Geografia de Costa Rica**. EUNED- Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José, Costa Rica, 1998.

SOCIETY FOR ECOLOGICAL RESTORATION. **Minutes of the Annual Meetings of the Board of the Directors**. Society for Ecological Restoration: Madison, Wisconsin, 1990.

SALOMÃO, R.P. **Estimativa de Biomassa e Avaliação do Estoque de Carbono da Vegetação de Florestas Primárias e Secundárias de Diversas Idades (Capoeiras) na Amazônia Oriental, Município de Peixe-Boi, Pará**. Dissertação de Mestrado: Universidade Federal do Pará, Belém, 1994.

TUCKER, J.M., BRONDIZIO, E.S., MORAN, E.F. Rates of Forest Regrowth in Eastern Amazonia: A Comparison of Altamira and Bragantina Regions, Pará State, Brazil. **Interciência** 23(2): 64-73, 1998.

UHL, C. Factors Controlling Succession Following Slash-and-Burn Agriculture in Amazon. **Journal of Ecology** 75: 377-407, 1987.

UHL, C. CLARK, H., CLARK, K. and MAQUIRINO, P. Sucessional Pattern Associated with Slash-and-Burn Agriculture in the Upper Rio Negro Region of the Amazon Basin. **Biotrópica** 14(4): 249-254, 1982.

U.S. NATIONAL RESEARCH COUNCIL **Restoration of Aquatic Ecosystems: Science, Technology and Public Policy**. National Academy Press: Washington, D.C.

VANDERMEER, J. and PERFECTO, I. 1995. **Breakfast of Biodiversity: the Truth About Rain Forest Destruction**. Food First, Oakland, California, 1992.

VITALE-WOLFF, J.L. **People and Forests: Primary and Secondary Succession Fragments in the Context of Changing Land Use**. Spring, Directed Research. The Center for Sustainable Development, SFS: Atenas, Costa Rica, 2000.

WAGNER, T. **In our Backyard: A Guide to Understanding Pollution and its Effects**. Van Nostrand Reinhold Publishing: New York, 1994.

WHITMORE, T.C. A Pantropical Perspective on the Ecology that Underpins Management of Tropical Secondary Rainforests. **In Ecology and Management of Tropical Secondary Forest: Science, People, and Policy**. Ed. M. Guariguata & B. Finegan, 19-34. CATIE: Turrialba, Costa Rica, 1997.

ZELEDÓN, R. **Código Ambiental**. Editorial Porvenir: San José, Costa Rica, 1999.

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento deste trabalho só foi possível graças ao apoio financeiro e logístico da School for Field Studies (SFS) e Centro de Investigación Agronomica (CIA/UCR). Meus sinceros agradecimentos vão ainda para J. Jensen, J. Vermon, M. Taylor, C. Makarewich, J. Vitale-Wolf, Erin Brassil, Bob Burris, Sarah Godlove, Megan Martin, Owen Merrow, Heather Rectenwald, Mead Rust pelo trabalho de campo e longas discussões. À Colin Sutton, Laura Nussbaum, Nolan Quiróz, Jorge Barrantes, Oscar Alpizar, Rolando Perez, Norma Perez e Edgar Rojar; Melvin Alpizar Marin, Juan Chavez Vargas, Ignacio Naranjo e Uriel Fernández, pelo apoio contínuo durante o desenvolvimento deste projeto. Á Gloria Meléndez pelo apoio com as análises de solo. Aos comunitários de Alto del Monte e Plancillo pela inspiração, parceria, cumplicidade e certeza que ainda é possível resolver parte dos nossos problemas ambientais.