

SUMMARY

FOREST ECOSYSTEMS: Cycle of Bioelements

Basing on results of ecological investigations in Central Europe the bioelement cycle of forest ecosystems is demonstrated and an extended model of this cycling is developed.

The bioelement-cycle is regarded as one principal mechanism within all physiological processes occurring in biogeocenoses.

The extended cycling model is applied to ecosystems of tropical and subtropical humid and semi-arid regions in order to develop working hypotheses for future ecological research in these regions.

Moreover, the application of the extended cycling model of bioelements helps to understand the existing problems of landuse in these regions.

1. INTRODUÇÃO

Ecossistemas florestais são ecossistemas terrestres com plantas perenes, principalmente árvores distribuídas em densidades variáveis.

Existem ecossistemas florestais naturais e artificiais. Os artificiais distinguem-se dos naturais por serem criados pelo homem.

A área florestal mantém-se razoavelmente constante por dezenas de anos em países com clima temperado. Por outro lado, em países com clima tropical e subtropical as florestas naturais diminuem progressivamente, sendo substituídas pela implantação de áreas agrícolas.

Junto a esta evolução existe o perigo relativo à conservação e perda da fertilidade do solo já que nem todos os sítios florestais são propícios ao cultivo agrícola a longo prazo.

Problemas do uso da terra em países tropicais e subtropicais como erosão e empobrecimento do solo ao lado do declínio da produtividade agrícola são conhecidos. — Neste sentido um bom exemplo do uso agrícola da terra é a região amazônica.

Os objetivos do presente trabalho são de demonstrar as relações entre o solo e a cobertura florestal através do ciclo dos bioelementos e os perigos da exploração irracional de ecossistemas florestais naturais.

Os efeitos da exploração irracional como o corte raso das florestas para implantação de agricultura ou povoamento artificiais, com espécies exóticas, podem ser previstas apenas através do conhecimento de parâmetros ecológicos funcionais e principais como por exemplo o ciclo dos bioelementos em ecossistemas naturais.

2. ECOSSISTEMAS FLORESTAIS

Uma primeira ilustração de um ecossistema florestal relacionado com o tema apresentado é dado pela figura 1.

A figura 1 demonstra de maneira esquemática algumas correlações fundamentais entre a atmosfera, biosfera, pedosfera, litosfera e hidrosfera, sendo que a energia fornecida para processos ecológicos dentro deste sistema provém do sol.

Dentro deste ecossistema, distinguem-se 2 ciclos, representados simbolicamente por dois tipos de árvores diferentes:

— o ciclo da água (lado direito)

— o ciclo dos bioelementos (lado esquerdo).

2.1 Ciclo da água

O ciclo da água é demonstrado na figura 2. — A figura 2 apresenta de maneira simplificada os processos de circulação abaixo relacionados:

* Palestra no "Simpósio sobre Biologia dos Ecossistemas", Porto Alegre/RS, 10-17 de outubro de 1976.

** Winfried E.H. BLUM, Dr. rer. nat., Professor am Institut für Bodenkunde und Waldernaehrungslehre der Universitaet Freiburg. Professor visitante na UFPR e Coordenador do Convênio Freiburg/Curitiba — Curso de Engenharia Florestal, C.P. 2959 — 80.000 Curitiba/PR.

— precipitação atmosférica = input (1)

— movimentação horizontal e vertical no solo (2)

— absorção pela planta através das raízes (3)

— transporte na planta de baixo para cima (4)

— liberação da água para a atmosfera através da transpiração — ou liberação através da evaporação do solo ou evapotranspiração (5).

Pelo fato de não existir uma relação direta entre a evapotranspiração num determinado local e a precipitação atmosférica neste mesmo local é possível denominar o ciclo da água como ciclo aberto.

2. Ciclo dos bioelementos

Podemos definir como bioelementos todos os elementos químicos (exceto o carbono) que participam de uma maneira quantitativamente importante nos processos fisiológicos nos ecossistemas. Não todos bioelementos são nutrientes ou elementos nutritivos (p.ex. Al, Cl) e também não todos nutrientes participam de uma maneira quantitativamente importante nos processos fisiológicos (p.ex. micronutrientes), ULRICH e MAYER (1971/73).

Em seguida utilizamos no texto do trabalho também o termo nutrientes como sinônimo do primeiro nos casos em que são abordados aspectos relativos ao uso da terra ou cultivo das plantas.

A figura 3 demonstra esquematicamente o ciclo dos bioelementos ou nutrientes em ecossistemas florestais. Os seguintes processos podem ser distinguidos:

— input da atmosfera em forma de poeira ou elementos solubilizados na água da chuva (1)

— absorção dos elementos pela planta, especialmente através das raízes (2)

— transporte dos elementos dentro da planta (3)

— retorno dos elementos para o solo em forma sólida como tecidos orgânicos ou serrapilheira e em forma líquida através da lixiviação da copa e escurrimto ao longo dos troncos (4)

— deslocamento dos elementos em forma solúvel no corpo do solo (5)

— lixiviação dos elementos para o lençol freático ou perda por volatilização (N) = output (6).

De uma importância especial nesta ciclagem é a relação solo-planta, que ocorre através da solução do solo. A relação solo — solução do solo pode ser subdividida em mineral primária — material trocador de ions e solução do solo, FINCK (1969).

Estas correlações solo-planta são demonstradas esquematicamente na figura 4. A raiz é correlacionada com a fase líquida, gasosa e sólida, esta última sendo representada pelos minerais primários, secundários, húmus e microorganismos.

Húmus e minerais secundários têm características de material trocador de ions. Os minerais primários não têm esta característica. Adiante será demonstrado como estes materiais do solo são distribuídos em diversos solos de diferentes regiões climáticas e quais são os seus efeitos no ciclo dos bioelementos.

O ciclo dos bioelementos em ecossistemas florestais pode ser investigado de várias maneiras.

Uma das metodologias de pesquisa utilizada por MAYER (1971) é demonstrada na figura 5, onde se acham representados os diferentes níveis de medição, tipos de fluxo dos bioelementos e, a metodologia da medição.

Nesta pesquisa foi feito um levantamento através de análise das taxas de transporte dos bioelementos. Dentro do programa da pesquisa biológica internacional na República Federal da Alemanha.

Os resultados obtidos numa floresta de *Fagus silvatica* de 120 anos são apresentados na tabela nº 1.

Nível de medição	Meio de transporte	Quantidade de bioelementos kg/ha/ano									
		Na	K	Ca	Mg	Al	N	P	S	Cl	
Limite superior ao nível das copas	Água da chuva	7,15	2,15	12,27	1,80	3,24	24,71	0,508	27,32	17,00	
	Água da chuva (lixiviação da copa)	11,32	18,06	26,59	3,45	1,52	22,48	0,520	40,76	38,01	
Limite superior do solo	Escorrimento ao longo do tronco	2,42	7,23	5,65	0,70	0,34	2,97	0,024	18,57	6,38	
	Serrapilheira	0,92	21,90	15,04	1,48	0,65	52,99	4,306	3,21	0,78	
Limite superior do solo mineral	Água de percolação (lisímetro)	15,28	47,58	45,43	5,37	5,98	79,75	4,837	62,47	44,64	
Limite inferior da zona do enraizamento intensivo (50 cm de prof.)	Água de percolação (lisímetro)	8,60	2,82	15,64	2,68	8,50	6,34	0,011	15,33	45,95	
Limite inferior da zona do enraizamento extensivo (100 cm de prof.)	Água de percolação (lisímetro)	10,44	1,84	14,16	2,85	10,33	6,12	0,011	22,25	37,09	

Tabela Nº 1 — Quantidade de bioelementos em kg/ha/ano numa floresta de *Fagus silvatica* com 120 anos de idade, seg. ULRICH e MAYER, 1971.

Nesta tabela podem ser observadas as quantidades de bioelementos em kg/ha/ano mobilizados através dos diferentes níveis da medição apresentados na figura 5.

Através dos valores totais pode ser estabelecido um balanço total dos bioelementos para este ecossistema. Este balanço só é válido para este ecossistema analisado.

Dos valores da tabela 1 podem ser tiradas várias conclusões a respeito da ciclagem dos bioelementos:

— um balanço entre input e output dentro do sistema, por exemplo o cálcio apresenta um output maior (14,16 kg) do que o input (12,27 kg), sendo que o nitrogênio se comporta de maneira contrária, apresentando um input (24,71 kg) maior do que o output (6,12 kg).

No total, o sistema perde mais Na, Mg e Al do que recebe pela chuva; — o balanço para Ca e K é equilibrado, N e P são enriquecidos no sistema.

— a absorção total de bioelementos pela planta é representada pela soma de lixiviação da copa, escoamento ao longo do tronco e a serrapilheira menos o input pela água da chuva.

No caso do elemento cálcio pode ser calculado:

$$26,59 \text{ kg} + 5,65 \text{ kg} + 15,04 \text{ kg} - 12,27 \text{ kg} = 35,01 \text{ kg}.$$

No caso do nitrogênio, a absorção total é igual a 53,73 kg.

— o fator de circulação dos bioelementos. Este fator pode ser calculado dividindo-se o resultado da absorção total pela quantidade de bioelementos na serrapilheira. O fator de circulação indica quantas vezes um determinado elemento é ciclado dentro do sistema, baseando-se na queda da serrapilheira.

Um fator igual a 1 indica que um elemento só é ciclado através da serrapilheira, isto é o caso do nitrogênio e fósforo.

Um fator igual a 11 indica por exemplo que a quantidade dos bioelementos da serrapilheira é ciclado 10 vezes através a absorção pelas raízes e a lixiviação da copa, que é o caso com o enxofre $(40,86 + 18,57 + 3,21) - 27,32$: $3,21 = 11,0$.

Para os bioelementos constantes da tabela nº 1 são respectivamente: K = 2,1; Ca = 2,3; Mg = 2,6; Na = 8,2; S = 11,0; Cl = 36,0; N = 1; P

Conforme demonstrado por ULRICH et al. (1968), a forma e quantidade da lixiviação da copa e da ciclagem no total, depende mais da espécie do que do sítio.

Os mesmos autores demonstraram através de ensaios de adubação que os bioelementos lixiviados da copa são reabsorvidos novamente pelas raízes.

Da tabela nº 1 podem ser tiradas ainda várias outras conclusões importantes como por exemplo, a definição do horizonte principal da absorção dos bioelementos no corpo do solo ou a discriminação dos bioelementos ou a seletividade destes por parte das raízes e outras informações.

Baseando-se neste modelo e utilizando metodologia similar BLUM (1973/74) e HILDEBRAND e BLUM (1975) analisaram em ecossistemas a ciclagem de elementos nocivos como cloro e chumbo.

Concluindo, nós podemos afirmar que nas condições de climas temperados como na Europa, com temperaturas médias anuais de ca. 8°C e ca. 800-1000mm de precipitação, a lixiviação da copa é um fator determinante para a absorção dos bioelementos, isto é, o precursor da absorção dos nutrientes pelas raízes.

Quanto a este aspecto, faz-se a pergunta se o solo pode reter estes nutrientes lixiviados da copa e libertá-los para as raízes, isto é, mantê-los no ciclo.

Este fato é de grande importância nos solos de diferentes regiões climáticas.

3. Ciclo dos bioelementos e sua importância ecológica

Esta oferta de bioelementos originada do ciclo dos bioelementos na forma solúvel pela lixiviação da copa assume grande importância para a flora e fauna do solo como também epífitas e outras plantas além de animais envolvidos no mecanismo da biogeocenose.

Além disso, as perdas de bioelementos, que saem em forma solúvel do sistema são de grande importância para a limnologia.

Estas interrelações estão ainda em fase de estudos preliminares, SATCHELL (1969), ULRICH (1968).

4. Extrapolação do modelo de ciclagem dos bioelementos para outros ecossistemas

Em países tropicais e sub-tropicais com clima úmido e semi-árido observa-se hoje sérios problemas relativos ao desmatamento irracional e a produção agrícola. Nestas regiões, pesquisas desta natureza ainda não foram desenvolvidas.

Especialmente nestes países seria de grande importância o conhecimento a respeito da ciclagem dos bioelementos em geocossistemas ou ecossistemas florestais.

Com o intuito de sugerir pesquisas futuras neste campo, transcrevemos no presente trabalho uma série de hipóteses.

4.1 Ciclo de bioelementos nas zonas tropicais e sub-tropicais úmidas e semi-áridas

Na figura 6 acham-se apresentados de forma esquemática dois ecossistemas úmidos e semi-áridos.

Tentando aplicar os resultados da pesquisa européia de maneira análoga nos ecossistemas florestais tropicais úmidos (fig. 6, lado direito), nós podemos formular as seguintes hipóteses:

— o input é apenas um pouco maior do que o output.

— a quantidade da serrapilheira (ca. 10-12 t/ha/ano) e especialmente a lixiviação da copa e o escorrimento ao longo do tronco são muito maiores do que na Europa. É possível presumir que com excessão do N e P os elementos de maior mobilidade como K, Ca, Mg e outros são ciclados mais rapidamente no sistema.

— o solo tem baixa fertilidade natural em virtude do baixo teor de matéria orgânica e minerais com baixa capacidade de troca catiônica.

Por esta razão, os bioelementos que não são absorvidos imediatamente pelas raízes perdem-se através da lixiviação do solo.

Estes ecossistemas florestais tropicais úmidos assemelham-se a um sistema de "bombeamento biológico" atuando a altas velocidades na ciclagem dos bioelementos e trata-se de um "steady-state equilibrium" que reage muito sensivelmente a todas influências artificiais.

Ao contrário, os ecossistemas florestais do tipo savana das regiões semi-áridas (fig. 6, lado esquerdo) comportam-se de maneira completamente diferente:

— o input é muito maior do que o output.

— a ciclagem dos bioelementos só ocorre durante o período úmido (1-4 meses do ano) de uma maneira restrita.

— o movimento da solução do solo durante a fase seca é obrigado de dirigir-se dentro do solo de baixo para cima e a absorção dos bioelementos, pelas raízes, no fim do período seco, é quase nula.

Uma absorção adequada de bioelementos durante o período úmido só é possível por causa de conteúdos elevados de minerais primários no solo.

4.2 Relação solo-planta

As condições extremas na intercorrelação solo-planta nestas regiões tropicais e sub-tropicais úmidas e semi-áridas podem ser esclarecidas através da figura 7.

Nas regiões tropicais úmidas nós encontramos solos profundamente temperizados com quantidades incipientes de húmus nos horizontes superficiais sem esqueleto intemperizável nos horizontes de enraizamento.

Na terra fina predomina a fração argila, com pouca areia e silte. A capacidade de troca catiônica é de 3-5 me/100g.

Na fração argila predominam kaulinita, gibsitita e quartzo com baixa capacidade de troca catiônica.

Em regiões tropicais e sub-tropicais semi-áridas os solos são pouco intemperizados e têm uma alta quantidade de esqueleto intemperizável, o conteúdo de húmus é extremamente baixo.

Na terra fina predomina a fração areia com elevados teores de minerais primários.

A fração de argila consiste principalmente de illita, montmorilonita, vermiculita e pouca kaulinita.

Comparando estas características dos solos destas regiões com a interrelação solo-planta demonstrando na figura 4, fica evidenciado que:

— a absorção de bioelementos em regiões tropicais úmidas fica principalmente limitada ao horizonte superficial úmido por falta de minerais secundários

como argila de alta capacidade de troca catiônica e de minerais primários.

— a absorção dos bioelementos nas regiões semi-áridas tropicais e sub-tropicais é estreitamente correlacionada com os processos de hidrólise dos minerais primários do solo. Estes processos de hidrólise e absorção têm uma velocidade de ca. quatro vezes maior em relação à Europa.

5. Ciclo dos bioelementos e problemas do uso da terra

Normalmente, o uso da terra pelo homem implica a eliminação dos ecossistemas florestais ou pelo menos uma alteração profunda destes.

De modo geral este processo segue três fases. Isto está esquematicamente representado na figura 8.

Fase 1: Floresta tropical úmida intacta com ciclo de bioelementos como anteriormente descrito.

Fase 2: Eliminação ou alteração da floresta primária através de corte raso, queimada etc.

O ciclo dos bioelementos acha-se interrompido e dando origem às seguintes conseqüências:

— decomposição de matéria orgânica do horizonte superficial do solo extremamente rápida e como também a mineralização do húmus com liberação de bioelementos.

— em seguida, lixiviação rápida destes bioelementos por falta de material trocador de ions no solo ou perda por volatilização.

Fase 3: A quantidade dos bioelementos remanescentes permite uma primeira safra, p.ex., de milho, mandioca etc., mas a segunda safra produz apenas a metade da primeira, devido aos processos acima mencionados. — Uma terceira safra nestas condições não é mais possível e desta forma a área é abandonada.

Numa quarta fase, instala-se uma floresta secundária, que se desenvolve lentamente, aproveitando as contribuições do input e reciclando continuamente. Desta maneira, em 20-30 anos a antiga ciclagem dos bioelementos fica reestabelecida.

Por esta razão, não é possível implantar em grandes áreas uma agricultura intensiva nas regiões tropicais úmidas

como p.ex. a região amazônica, com poucas excessões.

No caso das regiões tropicais semi-áridas os problemas são diferentes, fig. 9. Nestas condições, o corte raso para utilização de lenha ao lado de um pastoreio superintensivo dão margem à mineralização total do húmus e problemas relativos à nutrição das plantas cultivadas com nitrogênio. Além disso, existe o perigo de um endurecimento da superfície do solo ou acúmulo de sais de nível tóxico.

Por outro lado, nestas regiões um perigo iminente é a erosão do solo.

6. Conclusões

No futuro, em países tropicais e sub-tropicais, como p.ex. o Brasil, justifica-se a necessidade do desenvolvimento das pesquisas ecológicas e concomitantemente pesquisas do uso da terra ecologicamente adaptado.

Isto é uma necessidade indiscutível, TOSI e VOERTMAN (1975).

Os problemas que ainda ocorrem podem ser evitados com uma maior compreensão dos conhecimentos básicos relativos a estes problemas, BLUM (1976). Isto é válido para a maioria dos países tropicais e sub-tropicais.

Por este motivo nós estamos desenvolvendo no curso de engenharia florestal da UFP trabalhos de pesquisa com base ecológica na área da nutrição das plantas florestais com objetivo de reforçar e dar subsídios para o reflorestamento com essências nativas, HILDEBRAND (1976), HILDEBRAND et al. (1976); INOUE (1976a, 1976b); REISSMANN (1976); REISSMANN et al. (1976).

A simples transferência de modelos e técnicas de uso da terra desenvolvidos em condições de regiões temperadas, como p.ex. Europa, para zonas tropicais ou sub-tropicais não é correta e causou até o momento os problemas existentes.

7. RESUMO

Baseando-se em resultados de pesquisas ecológicas na Europa central, o ciclo de bioelementos em ecossistemas florestais é demonstrado e um modelo deste ciclo é desenvolvido.

O ciclo dos bioelementos é visto como um mecanismo principal de todos os processos fisiológicos dentro da biogeocenose.

O modelo desenvolvido é aplicado para ecossistemas de regiões tropicais e sub-tropicais úmidas e semi-áridas no sentido de desenvolver hipóteses de trabalho para uma pesquisa ecológica futura nestas regiões.

Além disso, a aplicação do modelo do ciclo de bioelementos esclarece os problemas existentes oriundos do uso da terra nestas regiões.

8. LITERATURA CITADA

1. BLUM, W.E. Bodenkundlich — pflanzenphysiologische Aspekte des Baumsterbens in Grosstaedten. — AID — Informationen, 20, (7) 12-13, 1973.
2. BLUM, W.E. Salzaufnahme durch die Wurzeln und ihre Auswirkungen. — *Europ. J. of Forest Path.*, 4: 41-44, 1974.
3. BLUM, W.E. Soil productivity and soil conservation problems related to land use in semi-ariad and humid tropics. — Remote Sensing — Interregional Training Seminar, Lenggries 9-20 August 1976 Koeln, 1976. p. 123-131.
4. FINCK, A. Pflanzenernaehrung in Stichworten. — Kiel, 1969.
5. HILDEBRAND, E.E. & BLUM, W.E. Fixation of emitted lead by soils. *Z. Pflern. u. Bodenk.*, 143, pp. 179-194, Weinheim, 1975.
6. HILDEBRAND, E.E. Metodologia de amostragem e análise química das acículas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. In: SIMPÓSIO DE BIOLOGIA DOS ECOSSISTEMAS, Porto Alegre, 1976. p.
7. HILDEBRAND, E.E., BLUM, W.E. & DIETRICH, A.B. Metodologia da amostragem e análise química das acículas da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. — II. Influência do local da amostragem na copa (informe preliminar). *Floresta*, VII, Nº 2, 9-15, Curitiba, 1976.
8. INOUE, M.T. Fitotron — perspectivas amplas para a pesquisa eco-fisiológica de espécies florestais. In: SIMPÓSIO DE BIOLOGIA DOS ECOSSISTEMAS, — Porto Alegre, 1976. p.
9. INOUE, M.T. A auto-ecologia do gênero *Cedrela*: efeitos na fisiologia do crescimento no estado juvenil em função da intensidade luminosa, In: SIMPÓSIO DE BIOLOGIA DOS ECOSSISTEMAS, Porto Alegre, 1976.
10. MAYER, R. Bioelement-Transport im Niederschlagswasser und in der Bodenloesung eines Wald-Oekosystems. Goettingen, 1971. (Tese Ph.D.).
11. REISSMANN, C.B.: Informe preliminar sobre a variação estacional no teor dos elementos em acículas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. SIMPÓSIO DE BIOLOGIA DOS ECOSSISTEMAS, — Porto Alegre/RS — 10-17 outubro, 1976.
12. REISSMANN, C.B., HILDEBRAND, E.E. BLUM, W.E. & BURGER, L.M. Metodologia da amostragem e análise química das acículas da *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. I Influência da idade das acículas. — *Floresta*, VII, Nº 1, 5-12, Curitiba, 1976.
13. SATCHELL, J.E.: Feasibility study of an energy budget for Meathop Wood. — Symposium on the productivity of the Forest Ecosystems of the World. — Brussels — Belgium, 27-31 oct. 1969.
14. TOSI Jr.J.A. & VOERTMANN, R.F. Marking the best use of the tropics. — *Unasyiva*, 27 (110) 2-10, 1975.
15. ULRICH, B.: Das System Boden-Pflanze in oekologischer Sicht, — *Goettinger Bodenk*, Ber. 1 : 33-56, 1968.

16. ULRICH, B., REEMTSMA, J.B. & KALAN, J. Untersuchungen zum Naehrstoffhaushalt staunasser Standorte. — Tagungsberichte, "Ernaehrung und Duingung der Fichte", 84, 263-273, 1968.

18. ULRICH, B. und MAYER, R. Zum Bioelement-Haushalt von Wald-Oekosystemen auf wechselfeuchten Standorten. — Mittlg. Dtsch. Bodenkundl. Gesellschaft 12 : 154-156, 1971.

17. ULRICH, B. Ausmass und Selektivitaet der Naehrelementaufnahme in Fichten — und Buchenbestaenden. — Landw. Forschung, 23 (I): 110-123, 1969.

19. ULRICH, B. und MAYER, R. Systemanalyse des Bioelement-Haushalts von Wald-Oekosystemen. In. "Oekosystemforschung" (H.Ellenberg, cd.) pp. 165-174, Berlin, 1973.

FIG. 1: FOREST ECOSYSTEMS - SOIL-PLANT-RELATIONSHIPS
CYCLE OF WATER AND NUTRITIVE ELEMENTS

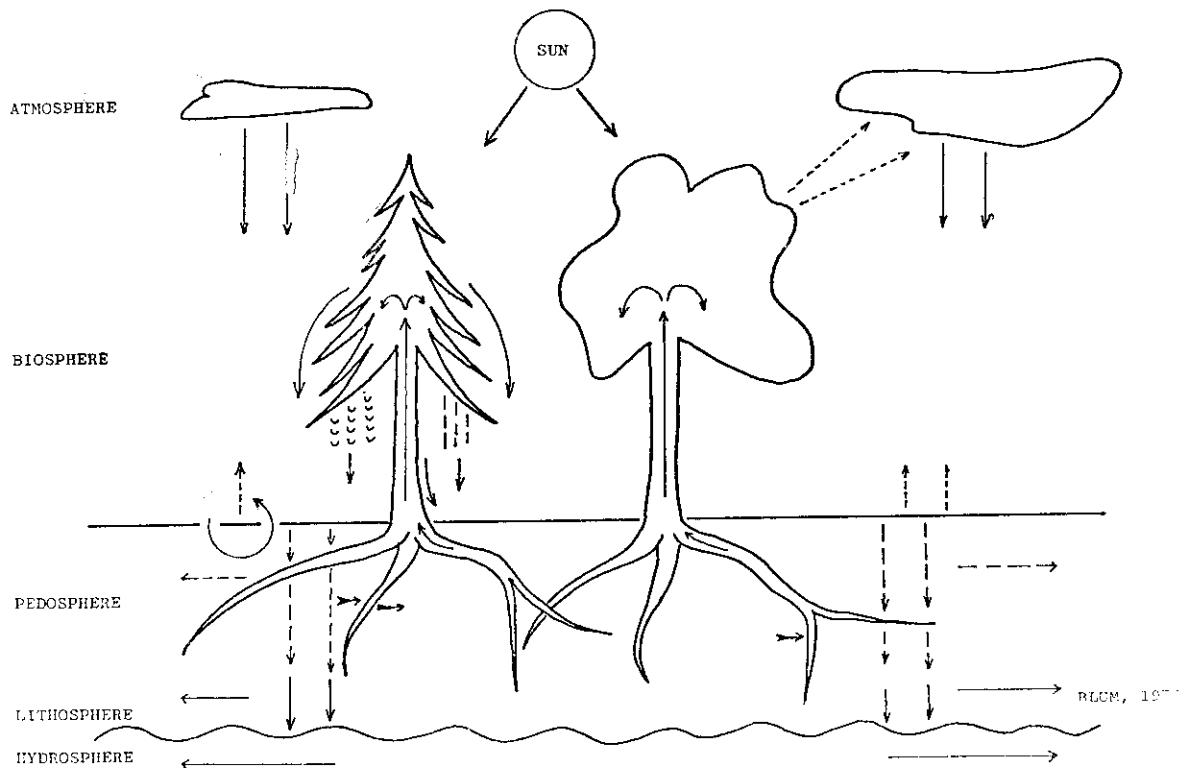
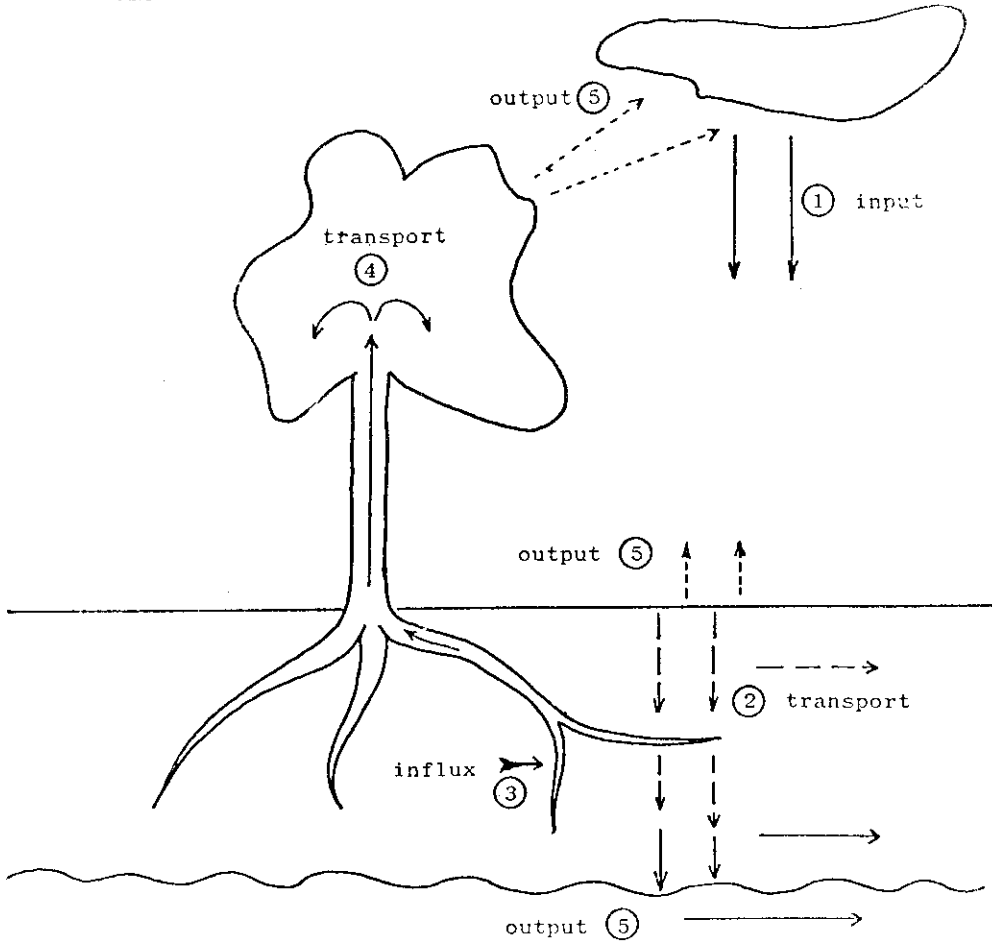
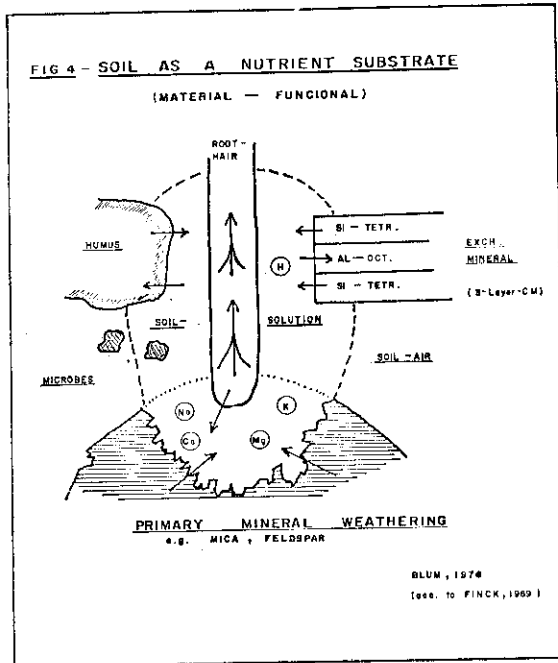
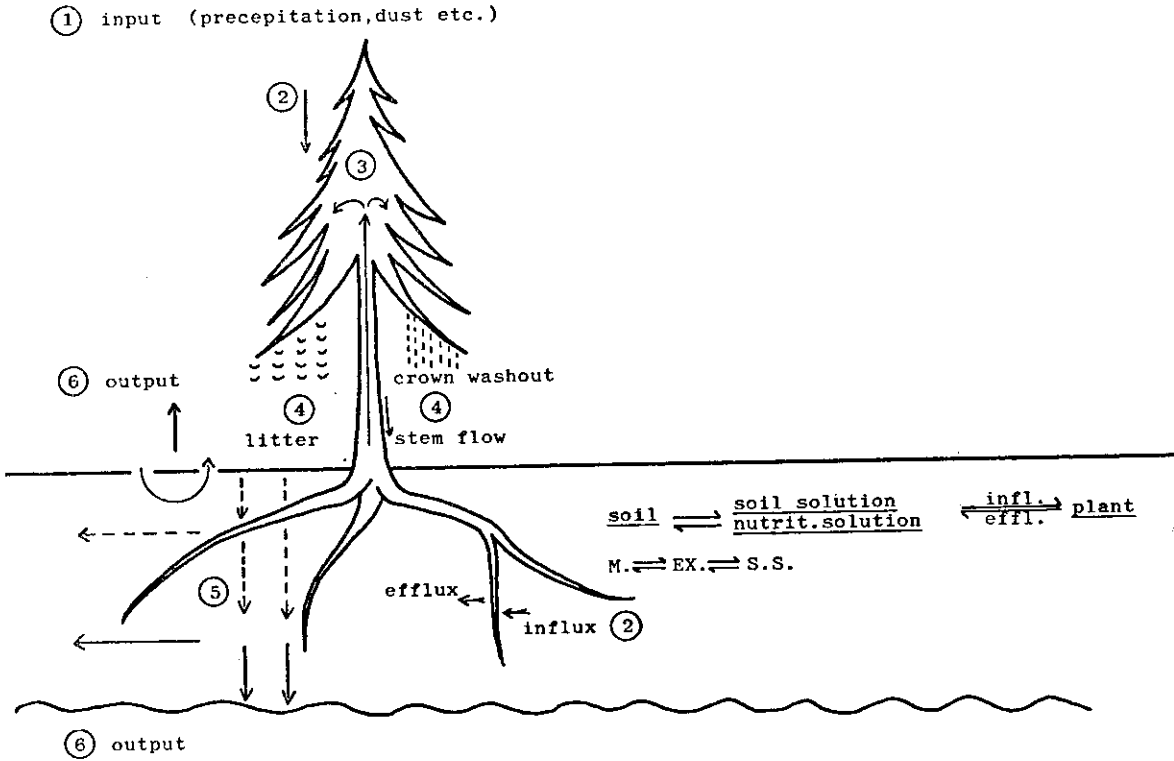


FIG. 2. WATER CYCLE IN FOREST ECOSYSTEMS



DEUM, 1970

FIG.3: CYCLE OF NUTRITIVE ELEMENTS IN FOREST ECOSYSTEMS



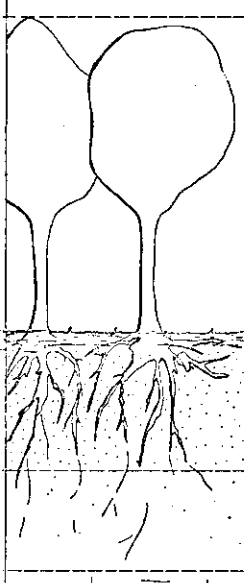
DESCRIÇÃO DO SISTEMA	PERFIL ESQUEMÁTICO	NÍVEL DA MEDIÇÃO	FLUXO DOS BIOELEMENTOS	MÉTODO DA MEDIÇÃO
ATMOSFERA		LIMITE SUPERIOR AO NÍVEL DAS COPAS	PRECIPITAÇÃO NA ÁREA LIVRE	PLUVIÔMETRO
PARTE AÉREA DA FLORESTA			LIXIVIAÇÃO DA COPA ESCORRIMENTO DO TRONCO SERRAPILHEIRA CO	PLUVIÔMETRO CALHAS COLETORAS NO TRONCO COLETORES DE SERRAPILHEIRA
CAMADA DE HUMUS		LIMITE SUPERIOR DO SOLO	ÁGUA DE PERCOLAÇÃO	LISÍMETRO TIPO FUNIL
SOLO		LIMITE SUPERIOR DO SOLO MINERAL		
MINERAL		50 cm DE PROFUNDIDADE	ÁGUA DE PERCOLAÇÃO	LISÍMETRO DE BAIXA PRESSÃO
PARA O LENÇOL FREÁTICO		100 cm DE PROFUNDIDADE	ÁGUA DE PERCOLAÇÃO	LISÍMETRO DE BAIXA PRESSÃO

FIG. 5 METODOLOGIA DO ENSAIO PARA A MEDIÇÃO DOS FLUXOS DOS BIOELEMENTOS, seg. R. MAYER, 1971

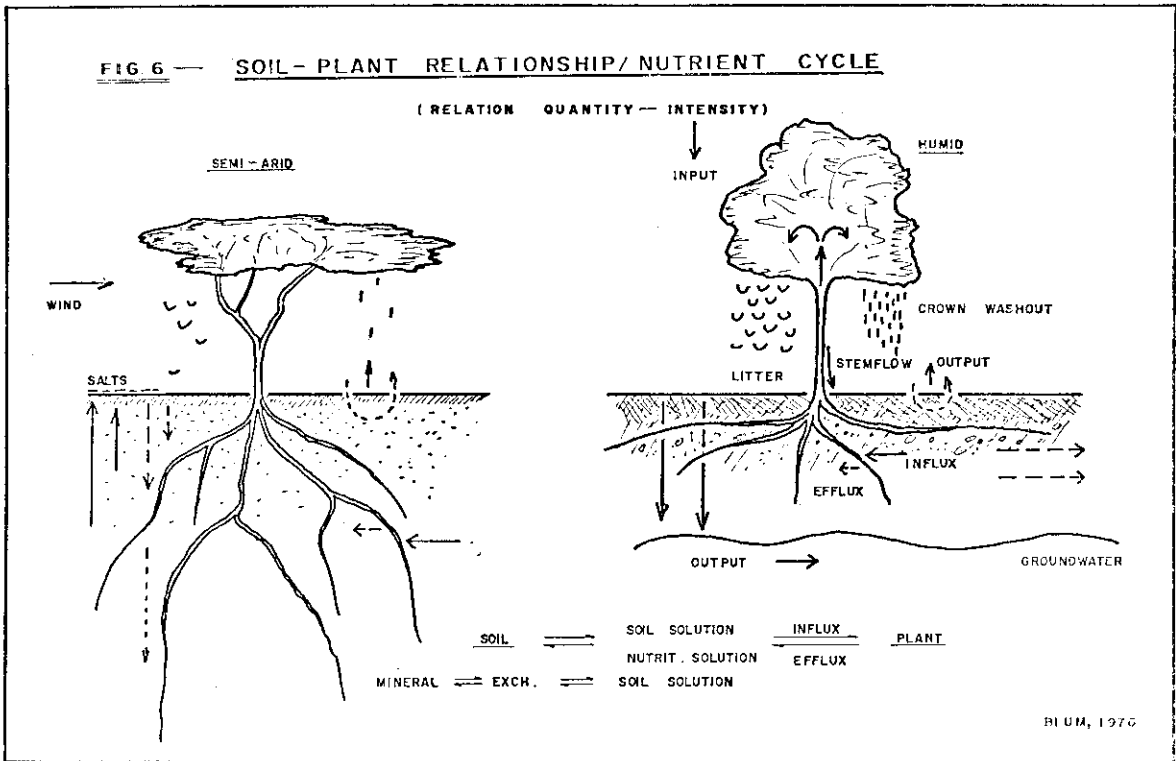
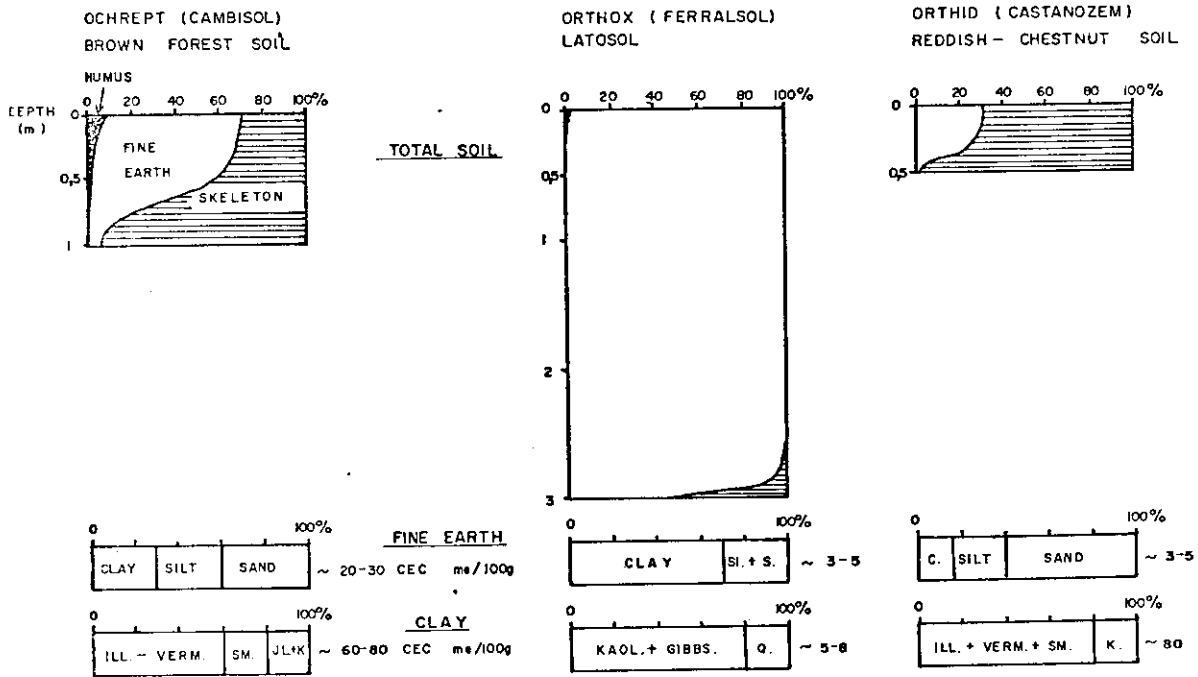


FIG 7 — SCHEMATIC SOIL CHARACTERISTICS OF



BLUM, 1976

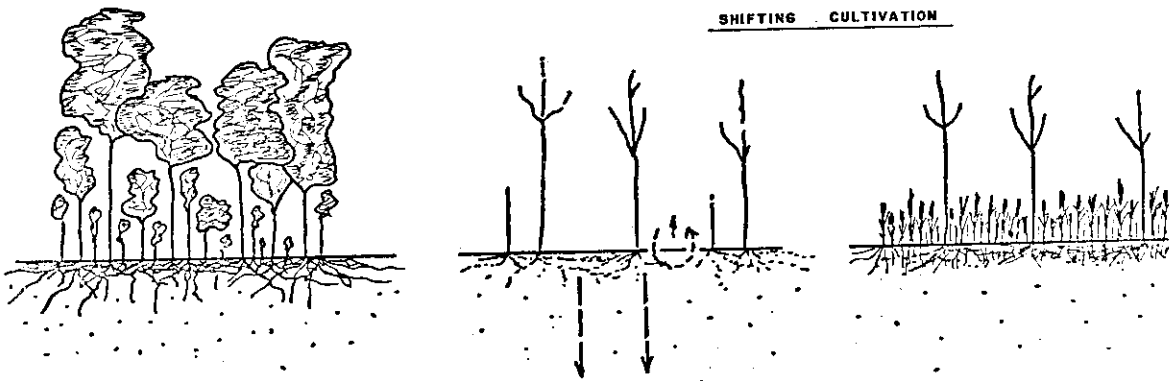
FIG 8 — PROBLEMS OF LAND USE

HUMID TROPICS

STAGE 1: TROPICAL RAIN-FOREST

STAGE 2: CLEAR CUTTING, BURNING

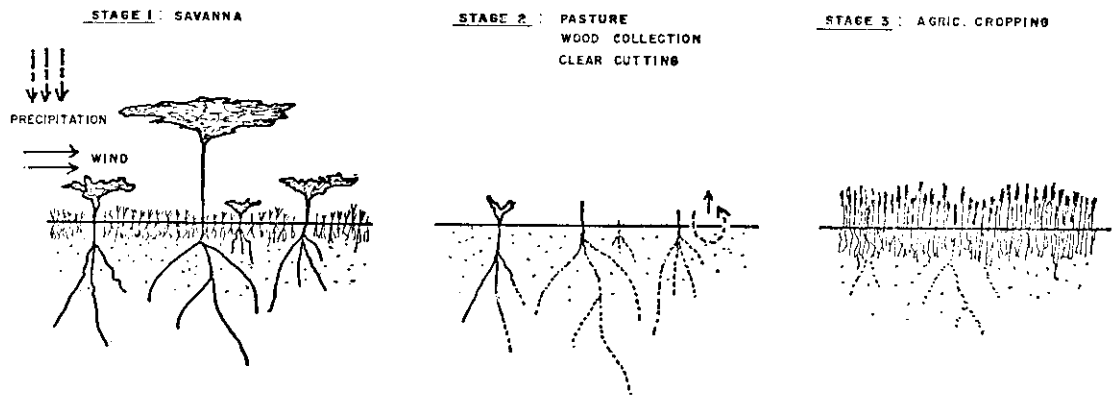
STAGE 3: AGRIC. CROPPING



BLUM, 1976

FIG. 9 — PROBLEMS OF LAND USE

SEMI-ARID TROPICS



BLUM, 1976