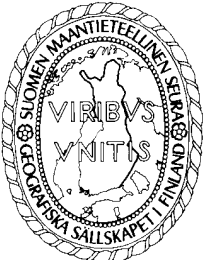


Perun Amazonian vaihteleva luonnonympäristö maankäytön suunnittelun haasteena

SANNA K. MÄKI

Maantieteen laitos, Turun yliopisto



Mäki, Sanna K. (1998). Perun Amazonian vaihteleva luonnonympäristö maankäytön suunnittelun haasteena (Environmental heterogeneity as a challenge for land use planning in the Peruvian Amazonia). *Terra* 110: 4, 237-246.

The Peruvian Amazonia belongs to the tectonically instable area of the uplifting Andean Mountains, which makes it environmentally extremely heterogeneous. This varying environment is under strong pressures of colonisation and changes in land use. Since the early 1980s the biologist and geologists within the Amazon Project of University of Turku, Finland, have produced a large amount of basic data of the area. In the last few years, geographical aspect has been added into the research. For the needs of the land use planning, multidisciplinary basic knowledge has to be integrated and spatially located. Also socioeconomical, political and legislative aspects have to be considered forces that affect the natural environment.

Sanna K. Mäki, Department of Geography, University of Turku, 20014 Turku, Finland.

Perun Amazonia on geologisesti dynaaminen, sillä Andien poimuttumiseen liittyvät prosessit muokkaavat sitä yhä. Alueen kasvillisuus, maaperä ja maankäyttöpotentiaali vaihtelevat tästä syystä suuresti, mikä tekee alueesta erityisen mielenkiintoisen luonnontieteellisen tutkimuskohteen. Turun yliopiston Amazon-projekti on tehnyt lähinnä Perun Amazoniassa biologista ja geologista perustutkimusta jo yli 15 vuotta, mutta vasta viime vuosina maantieteilijät ovat tulleet mukaan tähän monitieteiseen ryhmään. Maantieteen mukana tutkimukseen on tuotu alueellinen näkökulma, jonka avulla voidaan yhdistää ja soveltaa biologista, geologista ja maantieteellistä tietämystä ihmisen toiminnan suunnittelua palvelevaksi kokonaisuudeksi. Soveltava tutkimus onkin tarpeen, sillä viime vuosikymmenten aikana maankäyttöpaineet ja suunnittelu ovat kohdistuneet juuri syrjäisille sademetsäalueille. Vain jos ympäristöä ja sen toimintaa ymmärretään, voidaan tehdä kestäviä suunnittelu- ja toimintapäätöksiä.

Artikkelissa kuvaan ensin pääpiirteittäin Perun Amazonian luonnonympäristön erityispiirteitä ja tähän ympäristöön kohdistuvia käyttöpaineita. Sen jälkeen esittelen lyhyesti Perun Amazonian maaperää ja maankäyttöä koskevan empiirisen tutkimuksen keskeisimmät menetelmät ja tulokset. Lopussa painotan luonnontieteellistä, sosioekonomista ja poliittista perustietoa yhdistävän tutkimuksen tarpeellisuutta maankäytön suunnittelun työvälineenä koko läntisen Amazonian alueella.

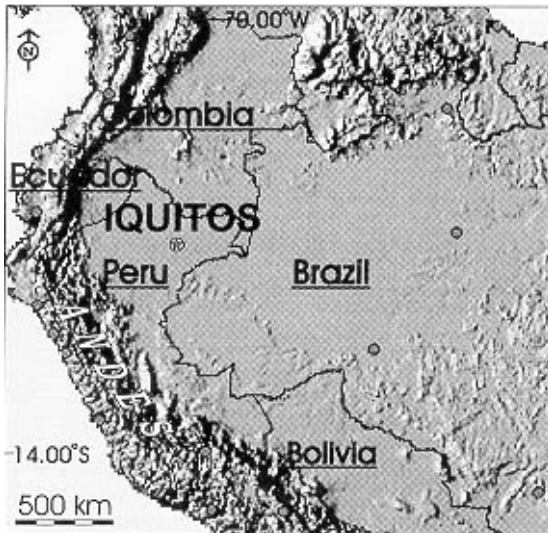
Sademetsän vaihteleva ympäristö ja ihminen

Dynaaminen geoekologinen kokonaisuus

Perun Amazonia on laajuudeltaan noin 770 000 neliökilometriä. Se voidaan jakaa Andien alarinteiden yläkosademetsiin (*selva alta*) ja Amazonin kerrostumisaltaan laajoihin alankosademetsiin (*selva baja*) (Kalliola & Puhakka 1993: 9). Perun Amazonian hallinnollisesti ja taloudellisesti keskeisin kaupunki Iquitos sijaitsee alankosademetsässä (3°45'S, 73°11'W) Amazonjoen varrella hieman yli sadan metrin korkeudella merenpinnasta (*Inventario...* 1976: 19, Flores ym. 1978) (kuva 1).

Perun Amazonia on osa Amazonin allasta, joka kokonaisuutena on hyvin tasainen, mutta kuitenkin geologiselta historialtaan vaihteleva. Amazonian länsiosat, kuten Perun Amazonia, kuuluvat geologisesti aktiiviseen Andien poimuvuoriston etumaastoon. Poimuttumisen seurauksena maa kohoaa ja vajoaa myös Iquitosin lähellä yli 400 kilometrin etäisyydellä vuoristosta.

Perun Amazonia voidaan jakaa tulvimattomiin ja tulviin alueisiin. Noin 75 prosenttia alueesta on tulvimatonta vanhoilla jokiterasseilla (*tierra firme*) sijaitsevaa metsää, jota erilaiset hydrologiset ja geologiset prosessit ovat muokanneet muodostaen maaperältään ja kasvillisuudeltaan hyvin vaihtelevan ympäristön. *Tierra firmen* korkokuva luonnehtii voimakas *dissektoituneisuus* eli maasto on erodoitunut kumpuilevaksi.



Kuva 1. Iquitosin alue sijaitsee Länsi-Amazoniassa verrattain lähellä Andien kohoavaa poimuvuoristoa.

Figure 1. The region of Iquitos is located in Western Amazonia relatively close to the uplifting Andean Mountains.

Amazonin ja sen sivujokien korkokovaltaan tasaiset tulva-altaat sijaitsevat tulvimattomia maita matalammalla. Osa näistä alueista tulvii säännöllisesti ja on osan vuodesta kuivaa maata (esim. Amazonin särkät). Osa on pysyvästi hyvin kosteaa (esim. *aguajal*-palmusuot). Tulvametsiä kutsutaan espanjaksi nimellä *várzea*. Tulvat saavat pääosin alkunsa Andien vuoriston itärinteiden sateista, mutta niihin vaikuttavat myös paikalliset sademäärien vaihtelut. Iquitosin alueen vuotuinen sademäärä on noin 2 600 millimetriä ja kuukausien keskisademäärät vaihtelevat kohtalaisesti. Kuivinta on heinäkuun ja syyskuun välillä, jolloin myös Amazonjoen pinta alimmillaan. Ilman lämpötilan vuodenaikaisvaihtelut ovat koko Perun Amazoniassa pieniä (Kalliola & Puhakka 1993: 10-12).

Jokitoiminta on hyvin dynaamista ja se muokkaa maaperää ja alueen morfologiaa. Jokityyppejä on useita ja jokainen niistä kuluttaa maaperää eri tavalla, kuljettaa erilaista ainesta ja kasaa sitä eri tavoin (Linna 1993: 89-91). Jokitoiminnan vaikutuksesta päällimmäiset sedimentit kuluvat ja alta paljastuvat vanhemmat kerrostumat, jotka saattavat olla varsin erilaisia verrattuna ympäristön muihin sedimentteihin. Jos prosessiin liittyy vielä maankohoamista, maaperä voi paikoin olla hyvinkin heterogeeninen.

Kerrostumista on tapahtunut myös muunlaisessa kuin jokitoiminnan muokkaamassa ympäristössä. Mioseenikaudella (taulukko 1), Andien kohoamisen ollessa vasta alussa, Amazonin altaan länsiosa sijaitsi merenpintaan nähden nykyistä huomattavasti alempana ja sedimentit kerrostuivat meri-, murtovesi- ja järviolosuhteissa (Räsänen ym. 1992; Räsänen ym. 1995). Alueelle kerrostui lähinnä savia, jotka Andien vuoriston kohotessa peittyivät jokien vuoristosta kuljettamaan karkeampaan ainekseen. Tämän vaiheen aikana kerrostui ns. *pebas*-muodostuma, joka on ravinteikasta, kotiloita ja simpukoita sisältävää savea (Hoorn 1993: 69, 84-85). Muodostuman savet ovat hyvin vanhoja, ja yleisesti ottaen ne ovat peittyneet nuorempien sedimenttien alle. Kuitenkin muun muassa Iquitosin kaupungin ympäristössä kerrostuma on sekä maan kohoamisesta aiheutuvan kerrosten sekoittumisen että jokien kulutustoiminnan vuoksi lähellä maan pintaa. Tämän johdosta alueen maannokset ovat paikoin hyvin kalsiumpitoisia ja maanviljelylle edullisia.

Maanpintaan kerrostuneita sedimenttejä muokkaavat monet fysikaaliset ja kemialliset tekijät, joista jälkimmäiset ovat erityisen tärkeitä alavien sademetsäalueiden maannosten muodostumisessa. Andeilta kulkeutuneen aineksen primaarisia rapautumistuotteita ovat melko ravinteikkaat illiitti- ja

montmorilloniittisavet, mutta suurin osa Perun Amazoniaa on jo kauan ollut jokitoiminnan ja uusien ravinteikkaiden sedimenttien ulottumattomissa. Tästä syystä maan pintakerros on lähinnä pidemmälle rapautunutta kvartsihiekkaa ja kaoliniittisavea, joten maa on vähäravinteista ja hapanta (Linna 1993: 93-94). Iquitosin alueella pintamaa koostuu neogeeniajan järvi- tai meriolosuhteissa kerrostuneista sedimenteistä, kuten *pebas*-savesta sekä jokien lähinnä kvartääriaikakaudella kuljettamista sedimenteistä. Tulva-altaisiin taas kasautuu jatkuvasti tuoreita sedimenttejä jokikuljetuksena (Räsänen ym. 1992). Tulvimattomien alueiden maannokset ovat suurimmaksi osaksi vahvasti uuttuneita, erittäin tai melko happamia sekä vähäravinteisia (Kauffman ym. 1998). Vain noin viidellä prosentilla maannoksista on suhteellisen suuri ravinnepitoisuus, mikä aiheutuu lähes rapautumattoman *pebas*-saven sijainnista lähellä maanpintaa. Suurinta osa maannoksista vaivaavat myrkyllisten alumiinioksidien suuri pitoisuus sekä heikko valunta, joka kuitenkin vaihtelee maalajin ja topografin mukaan. *Tierra firme* -alueen maannokset vaihtelevat vain hieman uuttuneista, melko ravinteikkaista savimaannoksista pitkälle rapautuneisiin, köyhiin hiekkamaannoksiin (valkoisen kvartsihiekan alueet). Maatalouden kannalta kriittisimpiä rajoitteita ovat maaperän alhainen emäspitoisuus sekä happamuus (Kauffman ym. 1998).

Taulukko 1. Kerrostumien ikä Perun Amazoniassa. *Table 1. Age of deposits in Peruvian Amazonia.*

Aikakausi <i>Era</i>	Jakso <i>Period</i>	Epookka <i>Epoch</i>	Aika (milj. vuotta) <i>Age (million years)</i>	Kerrostuminen <i>Deposition</i>
Kenotsooinen <i>Cenozoic</i>	Kvartääri <i>Quaternary</i>	Holoseeni <i>Holocene</i>	0,01-	Alluviaaliset ja fluviaaliset kerrostumat
		Pleistoseeni <i>Pleistocene</i>	3,0-0,01	<i>Alluvial and fluvial deposits</i>
	Myöhäinen tertiaari <i>Late tertiary</i>	Plioseeni <i>Pliocene</i>	7,0-3,0	Kerrostumat järvi-, murtovesi- ja meriolosuhteissa; esim. <i>Pebas</i> -formaatio.
		Moseeni <i>Miocene</i>	26,0-7,0	<i>Brakish, freshwater and marine deposits; i.e., Pedas formation</i>

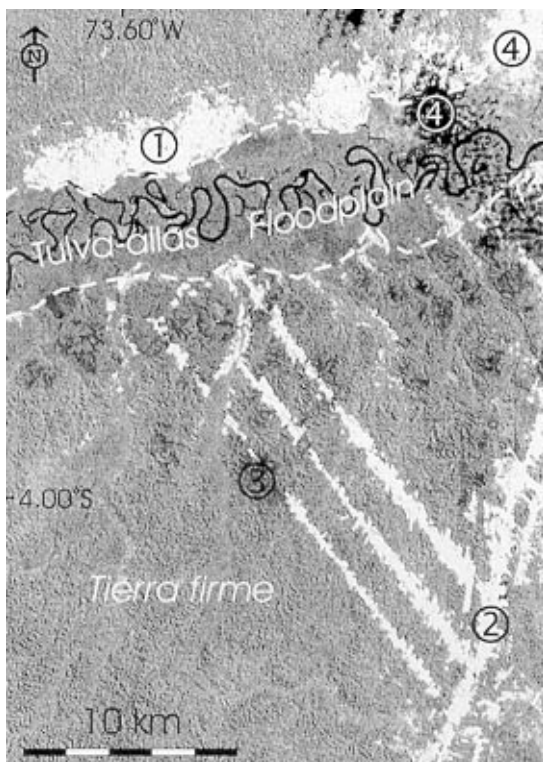
Tierra firme -metsät ovat maailman lajirikkaimpia habitaatteja ja huomattavasti runsaslajisempia kuin tulvametsät. Perun koillisosissa, Mishanan alueella Iquitosin lähellä, puulajien lukumäärä hehtaaria kohden voi olla jopa 300 (Gentry 1988). Maaperän vaihteleva eroosioherkkyys aiheuttaa kuitenkin ns. *edafisia eroja*, jotka vaikuttavat kasvillisuuden lajikoostumukseen sekä kasvien kokoon ja elinvoimaisuuteen. Edafisiin vaihteluihin merkittävimmin vaikuttavat topografia, maalajit, maaperän kosteuserot sekä orgaanisen aineen määrä (Tuomisto & Ruokolainen 1994). Valkoisen kvartsihiekan peittämät alueet, joita Iquitosin lähistöllä on runsaasti, ovat edafisesti hyvin erityisiä kasvupaikkoja. Maaperä on köyhää ja kasvillisuus poikkeaa sekä lajikoostumuksen että muun muassa puiden koon ja päällyskasvien määrän perusteella ravinteikkaampien alueiden kasvillisuudesta (Ruokolainen & Tuomisto 1993: 144-146). Tulvametsät taas muodostavat ekosysteemin, joka on sopeutunut elämään osan vuodesta veden alla.

Ihmisen muuttuva rooli sademetsäympäristössä

Perun Amazonian metsät ovat olleet ihmisen vaikutuspiirissä jo tuhansia vuosia. Alkuperäisväestöt ovat pääosin eläneet jokien varsilla ainoiden olemassa olevien kulkuyhteyksien äärellä. Pääelinkeinoja olivat aluksi keräily, metsästyminen ja kalastus, mutta myöhemmin myös maanviljely, joka oli pääasiassa kiertävää kaskiviljelyä. Siinä viljellyt alueet jätettiin kiertojen välillä lepäämään ja keräämään ravinteita. Maanviljely oli myös keskittynyt pääosin hedelmällisemmille tulva-alueille, joille joet jatkuvasti kuljettavat uusia ravinteikkaita sedimenttejä (Eden 1990: 82-83).

Tienrakennuksen myötä metsien käyttö kuitenkin muuttui ja kaskiviljelys siirtyi perinteisten alueiden lisäksi kasvupaikkaolosuhteiltaan hyvin vaihteleville tulvimattomille maille (kuva 2). Sademetsäkylien ja yhteisöjen elintapa muuttui samalla enemmän paikallaan pysyväksi, mikä on köyhdyttänyt maaperän nopeasti kylien lähistöllä vaarantaen asukkaiden toimeentulon. Metsien hyödynnys on monin paikoin vaihtunut pienimuotoisesta kaskitaloudesta suurtilatuotantoon (karjatilat, plantaasit), laajamittaisempiin puutavaran hakkuisiin, kaivostoimintaan ja esimerkiksi kumin keräilyyn (Eden 1990: 86-88; Padoch 1990: 166-167).

Perun Amazoniassa oli jonkin verran tienrakennushankkeita jo 1900-luvun alkupuolella, mutta rakennus yleistyivät vasta 1940-luvulla (Dourojeanni 1990: 53). Armeijan osuus rakennushankkeissa oli merkittävä, sillä tarkoituksena oli saada geopoliittisesti tärkeät raja-alueet (*fronteras vivas*) hallintaan ja samalla kehittää valtion etäisimpiäkin osia. Tienrakennuksen edetessä uusia alueita otettiin tehokkaan maankäytön piiriin. Osa hankkeista päättyi ekologiin ja taloudellisiin epäonnistumisiin, joista ensimmäisten joukossa olivat Le Tourneau -yrityksen massiiviset hakkuut Tournavistassa Pachiteajoen varrella. Maankäyttöä ja metsien häviämistä säätelevät siis etupäässä sosiaaliset, taloudelliset ja poliittiset tekijät (Salo & Pyhälä 1992). Asutusohjelmista ja maankäytön muutoksista seuranneet ongelmat ovat olleet luonteeltaan sekä ekologisia että taloudellis-sosiaalisia (Eden 1990).



Kuva 2. Perinteinen jokirantojen asutus ja maankäyttö näkyvät satelliittikuvassa epäsäännöllisinä laikkuina (1) ja uusi tien mukana tulvimattomille maille levinnyt asutus säännöllisinä kuvioina tien varrella (2). Tielinjaukset leikkaavat viljelypotentiaaliltaan hyvin köyhiä maita, joihin lukeutuvat muun muassa valkoisen hiekan alueet (3). Satelliittikuvatulkintaa vaikeuttavat usein tässäkin kuvassa näkyvät pilvet ja niiden varjot (4).

Figure 2. In the satellite image, irregularly shaped areas next to the river represent traditional land use (1) and the regular patterns along the roadsides modern land use that has followed the road into the unflooded areas (2). The road cuts through lands of various agricultural potential including the poor white sand areas (3). Clouds and their shadows (4) complicate the interpretation of the image.

Iquitosin kaupunki ja sen lähialueet ovat nykyään suuren väestöpaineen kohteena. Tienrakennus Iquitosista Nautaan on ollut osa yritystä siirtää väestöä pois kaupungista ja ottaa samalla yhä enemmän koskemattonta metsää maankäytön piiriin. Suunnitelmia tehtäessä ei kuitenkaan selvitetty maankäyttöpotentiaalin alueellisia vaihteluita, minkä takia osa tielinjauksista kulkee maaperältään erittäin köyhien alueiden halki (Björklund 1989; Escobedo Torres ym. 1994). Tien rakentaminen on kohta kestänyt jo kolme vuosikymmentä ja pian ensimmäisen kerran yli sadan vuoden yhteisen historian aikana näillä kahdella kaupungilla on tieyhteys. Tämä seikka tekee rakentamisen vaikutusalueesta erityisen mielenkiintoisen tutkimuskohteen. Maankäytön muutokset ovat olleet ja ovat myös tulevaisuudessa nopeita, joten suunnittelun avuksi tuotettavalle tutkimustiedolle on akuutti tarve.

Maaperätekijät, topografia ja maankäyttö - tapaustutkimus Iquitosin alueella

Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää Iquitosin eteläpuolella sijaitsevan pienen alueen maaperätekijöiden, topografian ja maankäytön alueellista vaihtelua ja sen syitä. Tutkimusalue sijaitsee Iquitosin kaupungista etelään kulkevan maantien ja kaupungin edustalla Amazoniin laskevan Itayajoen välissä. Sekä joki että maantie ovat tärkeitä kuljetusreittejä Iquitosin ja sen lähikylien välillä, sillä kylissä tuotetaan suurin osa kaupungissa markkinoitavista elintarvikkeista ja muista tuotteista.

Tutkimusalue on kooltaan noin 10 x 10 km (kuva 3) ja luonnonmaantieteellisesti vaihteleva. Alue on lähes kokonaisuudessaan tulvimatonta sademetsää, joka lännessä rajautuu Itayajoen lisäksi Amazonin tulva-altaaseen. Topografia on itäosassa kumpuilevaa ja laskee sekä tasoittuu jokea lähestyessä. Maaperä on korkeamman ja vaihtelevan topografian alueella hiekkaista ja verrattain köyhää. Joen lähellä se muuttuu saviseksi ja hedelmällisemmäksi. Myös maankäytön intensiteetti vaihtelee kuvattujen piirteiden mukaisesti. Joen läheinen alue on ollut viljelyskäytössä jo kymmenien, jopa satojen vuosien ajan, kun taas tien puoleinen, hiekkainen alue on otettu käyttöön vasta viime vuosina asutuksen levitessä tienrakennuksen mukana.

Satelliittikuvalta kentän kautta laboratorioon

Sademetsäalueella työskenneltäessä on yleensä tiedon puute. Kartoja ei ole tai ne ovat puutteellisia tai virheellisiä. Tutkimusaineisto on hajanaista ja sitä on vähän. Tästä syystä työn eri vaiheissa käytettiin apuna digitaalisesti käsiteltyjä satelliittikuvia (Landsat TM 006,63 5AUG93) sekä ilmakuvia (Ministerio de Agronómica, Perú: Proyecto No. 313-79-A, 1-20 000). Satelliittikuvien avulla rajattiin tutkimusalue ja valittiin kenttätutkimusmenetelmä, joka parhaiten kattoi erityyppiset alueet. Menetelmäksi valittiin linjatutkimus. Maantieltä joelle muodostettiin kolme noin 6-7 kilometrin pituista linjaa.

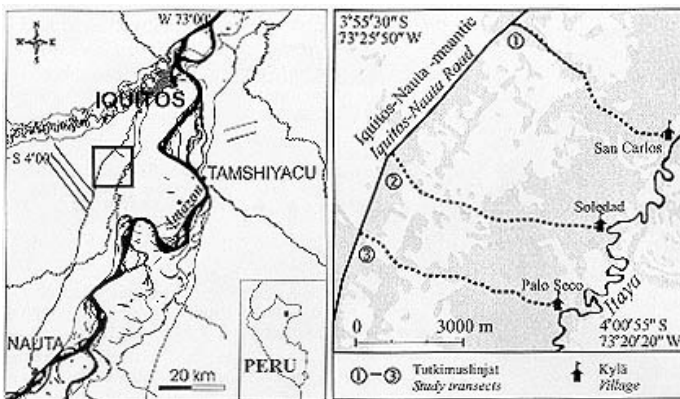
Digitaalisella satelliittikuvan käsittelyllä saatiin hyvä yleiskuva tutkimusalueen luonnonolojen vaihteluista. Käsittelyjä olivat muun muassa kanavakohtainen tarkastelu, väärävärikompositioiden ja pääkomponenttikuvien tuottaminen sekä kuvan digitaalinen luokittelu. Kenttätutkimus sisälsi kolme osiota: 1) tutkimuslinjojen mittaus, kartoitus ja topografia, 2) maankäytön havainnointi sekä 3) maaperän ominaisuuksien mittaus, havainnointi ja näytteenotto.

Tutkimuslinjoista muodostetut profiilit perustuvat klinometrillä tehtyihin suhteellisten korkeusvaihtelujen mittauksiin sekä pituusmittauksiin ja linjojen kartoitus GPS-laitteiston (Global Positioning System) ja kompassin käyttöön. Alueen maankäyttö jaettiin kahteen pääluokkaan, primaari- ja sekundaarimetsiin, ja jälkimmäiset edelleen pienempiin yksiköihin: peltoon (*chacra*), hylättyyn peltoon (*purma*), laitumeen sekä rakennettuun ympäristöön. Lisäksi otettiin huomioon sekundaarimetsän ikä sekä kaskeamiskertojen määrä. Maankäyttömuotojen lisäksi merkittiin muistiin kylät ja näköetäisyydellä sijaitsevat yksittäiset talot. Kylät merkittiin pääasiassa yhtenäisinä alueina ja kylien asukkailta kysyttiin tietoja viljelysten sijainnista, maaperän tuotantopotentiaalista sekä viljelykasveista ja -tavoista. Maaperän ominaisuuksia tutkittiin säännöllisin välein otetuista kairausnäytteistä, joista tarkasteltiin maannosprofiilin ominaisuuksien vertikaalivaihtelua. Kentällä näytteistä määritettiin silmämääräisesti väri ja raekoko sekä mitattiin pH. Valituista kohdista kerättiin profiilinäytteitä, jotka lähetettiin Suomeen tarkempaa raekoon ja orgaanisen aineen määrittämistä varten. Orgaanisen aineen pitoisuus määritettiin hehkuttamalla ja raekoko vesiseulonnalla hehkutetusta näytteestä. Raekokoa määritettäessä alle kahden millimetrin aines seulottiin kolmeen luokkaan: silttiin ja saveen (< 63 µm), hienoon hiekkaan (63 µm-0,5 µm) ja karkeaan hiekkaan (0,5-2,0 µm).

Mitattujen ja havainnoitujen muuttujien alueellista vaihtelua sekä vuorovaikutusta tarkasteltiin lähinnä kuvaajien avulla (kuva 4). Kustakin muuttujasta laadittiin oma kuvaaja, jossa havainnot oli sidottu tiettyyn linjan pisteeseen. Lisäksi muodostettiin kuvaajia, joissa kahta tai useampaa muuttujaa tarkasteltiin yhdessä. Visuaalisen tarkastelun lisäksi muuttujille tehtiin myös lineaarinen korrelaatioanalyysi.

Tulokset paljastivat vyöhykkeisyyden

Mitattujen tulosten perusteella tutkimusalueelta voidaan karkeasti erottaa kaksi vyöhykettä: jokivarren intensiivisen maankäytön ja hyvän viljelypotentiaalin alueet sekä tienvarren uuden maankäytön ja heikon viljelypotentiaalin alueet. Tätä jakoa tukevat myös satelliittikuvassa näkyvät heijastuserot. Alueen länsiosassa on korkokuvaltaan vaihteleva ja korkeimmat kohdat ovat noin 250 metriä merenpinnan yläpuolella. Maaperä on melko hiekkaista ja hapanta, ja maataloudellinen potentiaali maankäytön havaintojen ja viljelijöiden haastattelujen perusteella melko heikko. Primaarimetsiä esiintyy linjojen länsiosassa huomattavasti enemmän kuin joen lähistöllä. Joen läheinen vyöhyke sijaitsee muita osia alempana ja on korkokuvaltaan melko tasainen. Maaperä on raekooltaan hienojakoisempaa ja vähemmän hapanta, jopa heikosti emäksistä, jos pinnan tuntumassa esiintyy ravinteikasta *pebas*-savea. Orgaanisen aineen pitoisuuksissa tai värissä ei esiinny selkeitä alueellisia eroja.



Kuva 3. Tutkimusalue sijaitsee Iquitos-Nauta-maantien ja Itayajoen välissä noin 15 kilometrin etäisyydellä Iquitosin kaupungista.

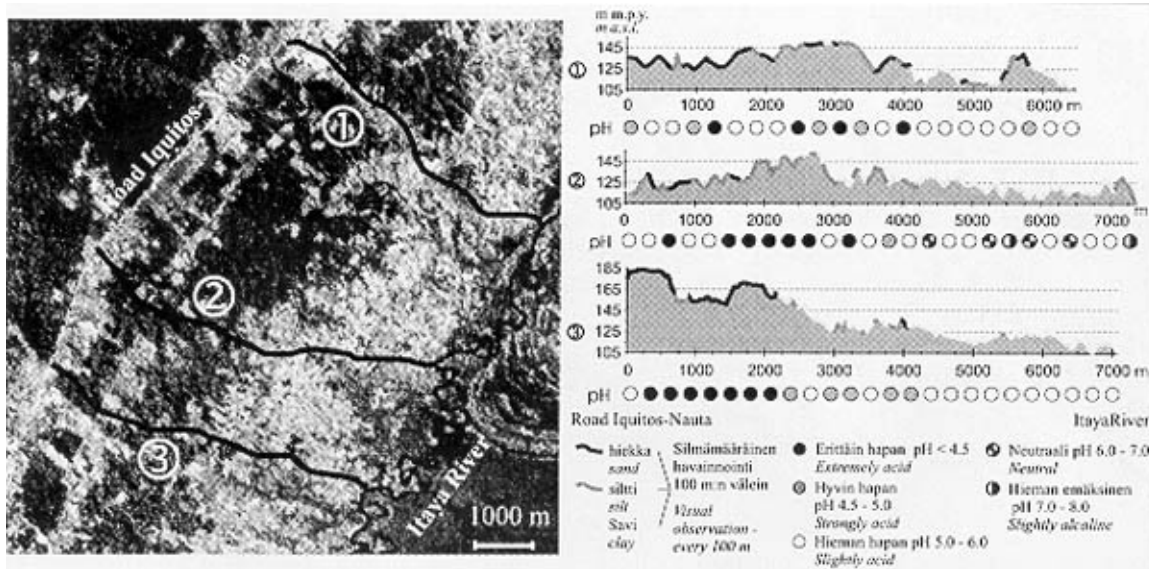
Figure 3. The study area is located between the Iquitos-Nauta Road and the Itaya River some 15 kilometres from the City of Iquitos.

Alueellisten trendien lisäksi maaperätekiöiden havaittiin vaihtelevan korkeustason mukaan (taulukko 2). Pohjoisimmalla ja eteläisimmällä linjalla korkeusvaihtelut ovat melko suuria ja suurpiirteisiä ja hiekkaa esiintyy runsaasti korkeissa kohdissa. Tutkimusalueen korkeimmat kohdat löytyvät eteläisimmältä linjalta, läheltä maantietä, ja ne koostuvat enimmäkseen karkeahkosta hiekkasta. Joen läheinen vyöhyke on pääosin silttiä ja savea. Keskimäinen linja on matalammalla kuin muut ja topografia vaihtelee pienipiirteisesti kumpuillen. Koko linjan pituudelta savi ja siltti ovat vallitsevia ja hiekkaa esiintyy vain paikoin.

Maaperätekiöt vaihtelevat paljon myös eri syvyystasoilla. Pintamaa on yleisesti ottaen hiekkaista ja saven osuus kasvaa jopa erittäin hiekkaisilla alueilla syvemmälle mentäessä. Vain osa tutkituista profiileista (lähinnä valkoisen hiekan alueella) oli hiekkaa koko syvyydeltä (0-1,5 m). Joen läheisyydessä myös pintamaa on yleisesti savea.

Tutkimusalueella on viisi kylää, joista kolme on Itayajoen rannalla ja kaksi alueen keskiosassa. Viljelijöiden haastattelujen pohjalta pääteltiin, että linjan kaksi molempien kylien, Soledadin ja Belen de Judan, ympäristössä maa on hedelmällistä ja hyvin tuottavaa (kuva 5). Muiden joenrantakyläiden, Palo Secon ja San Carlosin, lähipeltojen tuottavuudesta käsitykset ja havainnot vaihtelivat. Otorongon kylä ensimmäisen linjan keskivaiheilla on esimerkki "uudesta" asumisen keskuksesta, joka on perustettu tienrakennuksen myötä alueelle, jonka maataloudellinen potentiaali on hyvin heikko. Pellot on jouduttu vuosien aikana siirtämään hyvin kauaksi kylästä (kuva 6). Tutkimusalueen haja-asutus on keskittynyt pitkälti noin 3-4 kilometrin levyiselle vyöhykkeelle joen läheisyyteen. Tältä asumisen vyöhykkeeltä metsä on kokonaisuudessaan hävitetty, kun taas tien puolella oli tutkimusajankohtana yhä jäljellä laajojakin primaarimetsän laikkuja lukuun ottamatta ensimmäistä linjaa, jonka läheisyydessä kaikki primaarimetsä oli hakattu.

Koko tutkimusalueella yleisimmin viljeltyjen kasvilajien määrä on yllättävän pieni, sillä varsinkin joen läheisillä ravinteikkailla savilla olisi potentiaalia vaativienkin viljelykasvien tuottamiseen. Yleisimmät viljelykasvit ovat maniokki, banaani ja maissi (kuva 7, taulukko 3). Riisiä, sokeriruokoa, ananasta, kookosta, kahvia, kaakaota sekä ingaa viljellään myös paikoin. Palmulajeista yleisimmin viljellään pijuayoa, aguajea sekä yarinaa, joita kaikkia voidaan käyttää monipuolisesti muun muassa ruuaksi ja rakennusaineena.



Kuva 4. Kuvaajassa tarkastellaan topografian sekä pintamaan raekoon ja happamuuden vaihteluja tutkimusalueella ja verrataan niitä satelliittikuvassa näkyviin heijastuseroihin.

Figure 4. Topography and grain size and acidity of the topsoil are compared in the graph and referred to the reflectance differences in the satellite image.

Taulukko 2. Valikoitujen maaperämuuttujien keskilukujen (savi/silttiprosentti: aritmeettinen keskiarvo, pH: mediaani) eri syvyys- ja korkeustasoilta otetuista näytteistä osoittaa selvää trendisyyttä. Syvemmällä ja alemmalla korkeustasolla maaperän savipitoisuus kasvaa ja happamuus vahenee.

Table 2. The distribution of mean values (clay/silt percentage: arithmetic mean value, pH: median) of selected soil variables indicates a trend in both different height and depth levels. In the lower level and greater depth, the clay content is higher and the soil less acid

Syvyys Depth	Korkeustasot m jpy. Height levels m arl	Savi/siltti % Clay/silt %	pH
5 cm	> 45	15,93	4,03
	20-45	63,65	5,04
	<20	89,71	5,53
50 cm	> 45	16,61	4,65
	20-45	68,96	4,82
	<20	95,45	5,00
100 cm	> 45	52,49	4,88
	20-45	74,48	4,97
	< 20	97,28	7,57

jpy. = joen pinnan yläpuolella

arl = above the river's surface level



Kuva 5. Soledadin kylän alueella maa on yhä hedelmällistä ja tuottavaa. Pitkästä maankäytön historiasta huolimatta se on yhä intensiivisessä viljelykäytössä. Sanna Mäki 02/96.

Figure 5. The land close to the village of Soledad is productive and still under intensive cultivation after a long agricultural history.

Kylien ja talojen ympäristössä on useimmiten hedelmäpuutarhoja, joiden tärkeimpiä hedelmäpuita ovat sitruukset. Puutarhoissa kasvatetaan myös Amazonin alueelta peräisin olevia hedelmiä, kuten sapotea, papaijaa, ubosia, guayabaa, caimitoa sekä macamba. Muualta tuotuja hedelmiä, kuten mangoa, carambolaa sekä pomarrosaa, viljellään jonkin verran. Kaikista luetelluista lajeista on olemassa kaupallisesti merkittäviä jalostettuja lajikkeita, mutta kylien asukkaat käyttävät myös alueella kasvavia kotoperäisiä lajeja, kuten sapotea sekä annonaa. Kotoperäisten lajien hedelmät ovat kuitenkin usein pienempiä ja vaikeampia hyödyntää, joten niiden kaupallista viljelyä ei juuri harjoiteta. Puutavaraa ei yleisesti viljellä lukuun ottamatta Palo Secon lähellä sijaitsevia koeviljelmiä, joilla tehdään pelto-metsätaloustutkimuksia.

Kumpuilevaksi erodoituneen maaston maankäyttö

Koska tutkimusalue sijaitsee Amazonjoen tulvaaltaan reunalla, voidaan päätellä, että tutkimuksessa havaittu vyöhykkeisyys perustuu suurimmaksi osaksi muinaisen jokitoiminnan muodostamiin terasseihin. Terassit ovat kuitenkin olleet jo kauan säännöllisen tulvimisen ulottumattomissa, joten niiden morfologiaa on lähinnä muokannut tulvimattomalle alueelle tyypillinen purojen erodoiva toiminta. Vähitellen maisema on kulunut kumpuilevaksi ja alkuperäiset terassirakenteet ovat osittain hävinneet. Vesieroosio on tehnyt maaperästä hyvin heterogeenisen jo lyhyillä välimatkoilla.



Kuva 6. Kaskiviljelyn seurauksena herkätkä valkoisen hiekan alueet voivat erodoitua käyttökelttomaksi joutomaaksi. Kuva läheltä Otorongon kylää. Sanna Mäki 02/96.

Figure 6. Shifting cultivation in fragile areas of white sand can lead to severe degradation and abandonment of the land. Photo taken near the village of Otorongo.



Kuva 7. Maniokki on Amazonian alueella tärkein ravintokasvi ja sitä käytetään perunan tavoin tärkkelyksen lähteenä. Maniokkia viljellään lähes kaikilla kaskipelloilla, sillä se viihtyy hyvin myös niukkaravinteisilla mailla. Risto Kalliola 01/96.

Figure 7. Manioc is the most important source of starch among the farmers in the Amazonia region. It is cultivated in almost every field because of its low edaphic requirements.

Maanpinnasta otettu näyte ei kuitenkaan kuvasta aina paljastunutta kerrostumaa, vaan siihen on saattanut sekoittua korkeammalla sijaitsevien kerrostumien pintavalunnan mukana kulkeutunutta ainesta. Myös kerrostumien ikäjärjestys saattaa olla sekoittunut. Osa sedimenteistä on kasautunut jo aiemmin ja lähtenyt uudelleen liikkeelle, osa on poimuttumiseen liittyvän maan kohoamisen pintaan tuomaa ainesta. Viljelypotentiaalilin suuri vaihtelu jopa yhden kylän alueella on seurausta kuvattujen tekijöiden yhteisvaikutuksesta.

Lähellä Itayajokea maaperä on maataloudelliselta potentiaaliltaan keskimääräisesti parempaa. Haastatteluilla saatiin selville, että suuri osa joen läheisistä pelloista sijaitsee juuri kalkkipitoisen *pebas*-saven alueella, vaikka vain harvoista näytteistä löytyi fossiilisia kotiloita. Vähäravinteiset ja harvakseltaan asutut hiekkamaat tutkimusalueen länsiosassa lähellä tietä ovat todennäköisesti reliktiivisiä kerrostuntia, jotka ovat kestävien ominaisuuksiensa vuoksi kuluneet ympäröiviä alueita hitaammin.

Maanviljelyn intensiteetin vaihteluun tutkimusalueella vaikuttavat maaperän lisäksi myös muut syyt, kuten asutuksen perinteinen sijoittuminen joen varrelle sekä tienrakennuksen mukana levinnyt asutus. Ilma- ja satelliittikuvista nähdään, että asutus oli jo levinnyt Itayajokea pitkin Iquitosista etelään ennen tien ulottumista tutkimusalueelle. Tästä syystä lähellä jokea sijaitsevat alueet ovat olleet kauemmin käytössä kuin tien lähellä sijaitsevat. Sen sijaan peltojen viljelykierron pituuden vaihtelua selittävät paremmin maaperätekijät.

Avainvaihtelevuuden ymmärtämiseen ja kestäväseen käyttöön

Esimerkkitutkimus Iquitosin alueelta osoittaa, miten maaperätekijöistä, topografiasta ja maankäyttömuodoista kerättyä tietoa voidaan käyttää maankäytön intensiteetin ja siihen vaikuttavien syiden alueellisten erojen tutkimiseen. Tällaiset pienten alueiden yksityiskohtaiset tutkimukset ovat myös merkittävä apu laajoja alueellisia eroja selvitettäessä. Tulevaisuudessa olisi yhä tiiviimmin yhdistettävä monitieteisen perustutkimuksen tuloksia alueellisiksi selvityksiksi, joissa otetaan huomioon sekä luonnonympäristöön että ihmisen toimintaan liittyvät kysymykset. Kestävän kehityksen tavoitteen saavuttamiseksi tutkimustieto pitäisi muokata suunnittelijoiden ja päätöksentekijöiden kannalta käyttökelpoiseen muotoon.

Länsi-Amerikan valtioiden instituuteissa ja yliopistoissa on tällä hetkellä käynnissä mittavia kaavoitusohjelmia, jotka koskevat etenkin alankosademetsäalueita ja niiden integroimista tiiviimmin muuhun yhteiskuntaan. Käytännössä integrointi tarkoittaa teiden rakentamista syrjäisille alueille, asutusta ja luonnonvarojen käyttöönottoa. Jotta suunnitelmat toteutuisivat kestävä kehityksen periaatteiden mukaisesti, tarvitaan tutkimuksia, jotka selvittävät luonnonympäristön vaihtelua sekä ihmisen toiminnan vaikutuksia ympäristöön. Lisäksi tarvitaan selvityksiä vaihtoehtoisten, pidemmällä aikavälillä kestävien maankäyttömuotojen potentiaalista ja taloudellisesta kilpailukykyvyydestä.

Maankäytön potentiaalilin alueellisia vaihteluja voidaan selvittää koko Länsi-Amerikan mittakaavassa. Tämä alueellinen tarkastelutapa on myös mielekäs, sillä Andien poimuttumisen vaikutus tekee Amazonian

länsiosista maankäytön kannalta hyvin erilaisen vyöhykkeen verrattuna Amazonin altaan vakaisiin keski- ja länsiosiin. Toisaalta taas maankäytön perinteet vaihtelevat paljon Länsi-Amerikan valtioissa. Tästä syystä maankäytön vaikutuksia tutkittaessa on tutustuttava kansalliseen ja paikalliseen lainsäädäntöön sekä politiikkaan, esimerkiksi maanomistusoloihin ja hallituksen asutusohjelmien näyttämiin suuntaviivoihin. Lisäksi on otettava huomioon mahdolliset valtion taloudellis-poliittiset ohjaukset, kuten tiettyjen maankäyttömuotojen suosiminen taloudellisesti. Tämän suuren viitekehysten ohella tutkimuksessa on myös otettava huomioon sademetsän asukkaat ja heidän lähtökohtansa. Mitkä tekijät vaikuttavat heidän mahdollisuuksiinsa ja päätöksentekoonsa, kun he harjoittavat elinkeinoa?

Viljelykasvi <i>Cultivated</i> <i>plant</i>	Tieteellinen nimi <i>Scientific name</i>
Maniokki <i>Manioc</i>	<i>Manihot esculenta</i> Crantz
Maissi <i>Corn</i>	<i>Zea mays</i> L.
Banaani <i>Banana</i>	<i>Musa acuminata</i> Colla, <i>M. paradisiaca</i> L.
Riisi <i>Rice</i>	<i>Oriza sativa</i> L.
Sokeriruoko <i>Sugar cane</i>	<i>Saccarum officinarum</i> L.
Ananas <i>Pineapple</i>	<i>Ananas comosus</i> L. Merril
Kookos <i>Coconut</i>	<i>Cocos nucifera</i> L.
Kahvi <i>Coffee</i>	<i>Coffea arabica</i> L.
Kaakao <i>Cacao</i>	<i>Theobroma cacao</i> L.
Inga	<i>Inga edulis</i> Martius
Pijuayo	<i>Bactris casipaes</i> H. B. K
Aguaje	<i>Mauritia flexuosa</i> L. f.
Yarina	<i>Phytelephas macrocarpa</i> R. & P.
Sitruukset <i>Citrus</i>	<i>Citrus</i> sp. L.
Sapote	<i>Matisia cordata</i> Humboldt & Bonpland
Papaija <i>Papaya</i>	<i>Carica papaya</i> L.
Ubos	<i>Spondias mombin</i> L.
Guayaba	<i>Psidium guajava</i> L.
Caimito	<i>Pouteria caimito</i> (R&P) Radlkofer
Macambo	<i>Theobroma bicolor</i>
Mango	<i>Mangifera indica</i> L.
Carambola	<i>Averrhoa carambola</i> L.
Pomarrosa	<i>Syzygium jambos</i> (L.) Alston.
Sapote	<i>Matisia ochrocalyx</i> Shuman (nat.)
Annona	<i>Annona excellens</i> R.E. Fries (nat.)

Taulukko 3. Iquitosin alueen yleisimmät viljelykasvit (tieteelliset nimet Mejía Carhuancan (1995) mukaan).

Table 3. The most common cultivated plants within the Iquitos region [scientific names according to Mejía Carhuanca (1995)].

Länsi-Amazonian tutkimusprojekti

Turun yliopiston Amazon-projektin puitteissa on käynnissä uusi tutkimusprojekti "Origins and maintenance of biodiversity in the Western Amazon: A multidisciplinary approach", joka on osa FIBRE:n (Finnish Biodiversity Research Programme) biodiversiteettiohjelmasta 1997-2002. Tähän liittyen olen aloittanut tutkimuksen, joka käsittelee mainittuja Länsi-Amazonian luonnonympäristöön ja maankäyttöön liittyviä kysymyksiä. Tutkimuksen tavoitteena on löytää ja testata uusia menetelmiä luonnonympäristön ja maankäytön kartoittamiseen kaukokartoitus- ja kenttämenetelmin sekä tiedon tallentamiseen ja analysointiin GIS-järjestelmien avulla. Koko läntistä Amazoniaa koskevassa tutkimuksessa pyrkimyksenä on lähinnä suurten, valtionrajat ylittävien alueellisten ilmiöiden tarkastelu. Tarkemmin tutkitaan esimerkiksi Iquitosin seutua, joka tunnetaan jo kohtuullisen hyvin. Menetelmänä käytetään muun muassa maankäytön monitorointia pienkoneesta suoritettuihin digitaalikamera- ja spektrometrikuvauksiin, jotka yhdistetään samanaikaisesti mittaviin kenttätöihin monitorointialueella. Monitoroinnin tuloksia voidaan tarkasti kartoittaa dokumentoinnin avulla käyttäen muun kuvamateriaalin, etenkin satelliittikuvien, ymmärtämiseen ja tiedon alueelliseen yleistämiseen. Siksi menetelmä on myös erittäin hyödyllinen kaavoituksen ja maankäytön suunnittelussa erityisesti vaikeasti saavutettavilla ja etäisillä alueilla, kuten trooppisissa sademetsissä.

KIRJALLISUUS

- Björklund, Johanna (1989). Jordmånner i Amazonas övre bäcken, Peru. 12 s. Institutionen för Markvetenskap, Serninariekurs, Sveriges Lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Dourojeanni, Marc J. (1990). *Amazonía: ¿Que hacer?* 444 s. Centro de Estudios Teológicos de la Amazonía, Iquitos.
- Eden, Michael J. (1990). *Ecology and land management in Amazonia*. 269 s. Belhaven, London.
- Escobedo Torres, Roger, León Bendayán Acosta, Carlos Rojas Rodríguez, Fernando Rodríguez Achung & Luis Marquina Picón (1994). *Estudio detallado de suelos de la zona "Fernando Lores" - Tamshiyacu*. 64 s. + kartta. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Dirección General de Investigación de Suelos, Iquitos.
- Flores, Salvador, A. Alvarado & E. Bornemisza (1978). Caracterización y clasificación de algunos suelos del bosque Amazónico Peruano, Iquitos. *Turrialba* 28: 2, 99-103.
- Gentry, Alwyn H. (1988). Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceedings of the National Academy of Science, USA* 85, 156-159.
- Hoorn, Carina (1993). Geología del nororiente de la Amazonía Peruana: la formación Pebas. *Teoksessa* Kalliola, Risto, Maarit Puhakka & Walter Danjoy (toim.): *Amazonia Peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*, 69-85. Gummerus, Jyväskylä.
- Inventario, evaluación e integración de los recursos naturales de la selva. Zona Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos* (1976). 269 s. + 6 karttaa. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales, Lima.
- Kalliola, Risto & Maarit Puhakka (1993). Geografía de la selva baja Peruana. *Teoksessa* Kalliola, Risto, Maarit Puhakka & Walter Danjoy (toim.): *Amazonía Peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*, 9-21. Gummerus, Jyväskylä.
- Kauffman, Sjef, Gobert Paredes, Ruben Maquina (1998; tulossa). Suelos en la zona de Iquitos. *Teoksessa* Kalliola, Risto & Salvador Flores (toim.): *Geoecología y desarrollo de la zona de Iquitos, Perú*.
- Linna, Ari (1993). Factores que contribuyen a las características del sedimento superficial en la selva baja de la Amazonía Peruana. *Teoksessa* Kalliola, Risto, Maarit Puhakka & Walter Danjoy (toim.): *Amazonía Peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*, 87-97. Gummerus, Jyväskylä.
- Mejía Carhuana, K. (1995). *Diagnóstico de recursos vegetales de la Amazonía Peruana*. 59 s. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos.
- Padoch, Christine (1990). Importancia económica y comercialización de los productos del bosque y de las purmas en la región de Iquitos. *Teoksessa* Denevan, William M. & Christine Padoch (toim.): *Agroforestería tradicional en la Amazonia Peruana*, 161-193. Centro de Investigación y Promoción Amazónica, Lima.
- Ruokolainen, Kalle & Hanna Tuomisto (1993). La vegetación de terrenos non inundables (tierra firme) en la selva baja de la Amazonia Peruana. *Teoksessa* Kalliola, Risto, Maarit Puhakka & Walter Danjoy (toim.): *Amazonía Peruana. Vegetación húmeda tropical en el llano subandino*, 139-153. Gummerus, Jyväskylä.
- Räsänen, Matti, Ari Linna, José C. R. Santos & Francisco R. Negri (1995). Late Miocene tidal deposits in the Amazonian foreland basin. *Science* 269, 386-390.

Räsänen, Matti, Ron Neller, Jukka Salo & Högne Junger (1992). Recent and ancient fluvial deposition systems in the Amazonian foreland basin, Peru. *Geological Magazine* 129: 3, 293-306.

Salo, Jukka & Mikko Pyhälä (1992). *Amazonia*. 304 s. Otava, Keuruu.

Tuomisto, Hanna & Kalle Ruokolainen (1994). Distribution of Pteridophyta and Melastomataceae along an edaphic gradient in an Amazonian rain forest. *Journal of Vegetation Science* 5, 25-34.