

DANIEL METCALFE

## Torka i Amazonas – resultat från ett storskaligt fältexperiment



FIGUR 1. Vy över Caxiuanáskogen i Amazonas. Det studerade områdets läge har markerats med en stjärna på den infällda kartan.  
Foto Antonio Carlos Lola da Costa.

- Amazonas regnskog spelar en viktig roll i den globala kolcykeln. Då globala klimatförändringar bidrar till en ökad frekvens av svår torka i denna region kan nivåerna av växthusgasen koldioxid förväntas öka i atmosfären.
- År 2000 påbörjades ett experiment i östra Amazonas med målet att öka förståelsen av hur Amazonas regnskog påverkas av torka. Plastpaneler placerades cirka 2 meter ovan marken över en yta på 100 × 100 meter vilket ledde till en 50 % minskning av regnmängden. Under de följande åren mättes ett flertal av ekosystemets responser på torka.
- Skogen visade sig vara påfallande motståndskraftig mot torka och det skedde liten förändring i dödlighet under experimentets första år. Under det tredje året av torka kunde dock en ökad dödlighet uppmätas och då framförallt bland de största träden. Denna dödlighet kan ha orsakats av processen "kolsvält", orsakad av att den nödvändiga mängden kol för de vitala metaboliska processerna inte kunde tillföras genom fotosyntes.
- Denna forskning bidrar med information om de troliga mekanismer som kommer att påverkas av torka i ett ekosystem som fyller en viktig funktion i ett globalt perspektiv.



FIGUR 2. Det storskaliga experimentet i Caxiuaná, nord-östra Brasilien, där torka simulerats. Vatten dräneras från plastpaneler (uppifrån, t.v., och underifrån, t.h.) under regnfall och förs bort från experimentområdet via kanaler. Foto Antonio Carlos Lola da Costa.

**H**otet om klimatförändringar har skapat uppmärksamhet bland regeringar och allmänhet världen runt. I detta sammanhang har Amazonas roll hamnat allt mer i rampljuset när det gäller reglering av klimatet både regionalt och globalt (Figur 1). Intresset ökade ytterligare i samband med att resultaten från den första globala klimatmodellen som inkluderade terrestra ekosystem publicerades. Denna visade på en framtida ökning av nivån av växthusgasen koldioxid i atmosfären, jämfört med tidigare modeller som inte tagit hänsyn till terrestra processer. Denna effekt drevs till stor del av att en ökad torka i Amazonas resulterat i förhöjd dödlighet hos träd och därmed en stor ökning av mängden koldioxid i atmosfären.

Alla klimatmodeller idag inkluderar terrestra ekosystem och flertalet av dessa visar på en ökad torka i Amazonas. Modellerna skiljer sig dock fortfarande åt i hur stor effekt denna torka kommer att ha på koldioxidnivåerna i atmosfären samt i de mekanismer som ligger bakom den simulerade responsen hos ekosystemet. Ett stort problem för dessa modeller är att det fortfarande saknas fältbaserad data på hur regnskogen i Amazonas påverkas av torka.

För att fylla denna kunskapslucka startades år 2000 ett experiment i östra Amazonas (Figur 2). För att avleda nederbörden över en yta på  $100 \times 100$  meter installerades plastpaneler och stuprör cirka 2 meter ovan marken, vilket ledde till en minskning av regnmängden med 50

%. På denna försöksyta, samt på en icke manipulerad kontrollyta i närheten (Figur 3), uppmättes ett flertal komponenter i den terrestra kolcykeln, för att uppskatta nettoeffekten av torka på det totala koldioxidflödet mellan skogen och atmosfären.

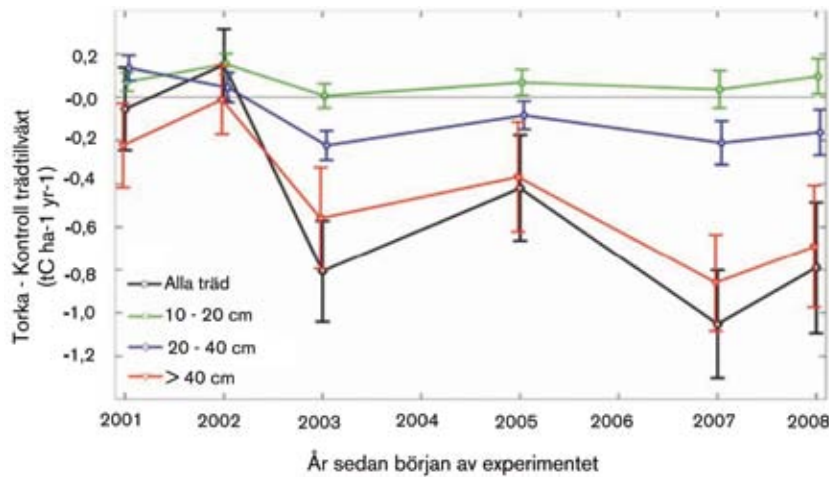
#### Stora träd mest sårbara vid torka

Då experimentet reducerade nederbörden med 50 % är det kanske förvånande att det tog flera år innan en klar ökning i dödlighet kunde uppmätas i regnskogen. En möjlig förklaring till detta resultat kan vara att träden är väl anpassade till korta perioder av torka, eftersom sådana historiskt sett har uppträtt regelbundet i Amazonas i samband med klimatcykeln El Niño – La Niña. Varningssignalerna för ökad dödlighet bland stora träd (> 40 centimeter i stamdiameter vid brösthöjd) kunde däremot ses redan under det första året då en drastisk minskning i tillväxt observerades i ytorna med minskad nederbörd (Figur 4). Efter ytterligare 7 år av kontinuerlig torka åtföljdes detta av en 2–3 gånger högre dödlighet (40 ton kol i form av död ved) bland stora träd. I motsats till detta resultat kunde ingen klar effekt på tillväxt eller dödlighet bland mindre träd uppmätas efter åtta år av torka.

Det är ännu inte fastlagt vad som orsakar de vitt skilda mönster av dödlighet och tillväxt som observerades bland träden i detta experiment. En möjlig förklaring är att större träd har svårare att balansera mellan att minimera vattenförlust under torka och att samtidigt bibehålla ett upptag av koldioxid som är tillräckligt för metaboliska processer. De sammantagna resultaten från detta experiment tyder därför på att nya klimatmodeller även borde inkludera olika responser bland träd



FIGUR 3. Fältarbete i Amazonas (t.v.), mätning av traddiameter (övre t.h.) och rotbiomassa (nedre t.h.) Foto Antonio Carlos Lola da Costa och Daniel Metcalfe.



FIGUR 4. Skillnad i trädens tillväxt mellan ytan utsatt för torka och kontrollytan. Den svarta linjen anger summan för alla storleksklasser; övriga linjer representerar träd av olika storlekar (da Costa, A.C.L et al. 2010).

exempelvis av olika åldrar och från olika funktionella grupper.

### Skog utsatt för torka var en kolkälla

Ur ett evolutionärt perspektiv verkar det rimligt att träd som är anpassade till återkommande, kortvariga, torrperioder borde prioritera en minimering av vattenförlust över koldioxidupptag, eftersom deras underskott av koldioxid då endast är tillfälligt. När klimatet förändras utöver det som naturligt har förekommit under skogens evolutionära historia kanske skogens adaptiva respons inte är fördelaktig. Så kan vara fallet under en förhöjd och mer långvarig torka som den simulerade i detta experiment, eller i samband med framtida klimatförändringar. Sådan skog står inför en ny situation – många och återkommande år av torka – i vilken det finns liten, eller ingen, chans till en återhämtning efter ett underskott av kol.

Den optimala lösningen för denna nya och utmanande situation kan innebära att fundamentala förändringar i växtfysiologi eller anatomi krävs. Sådana förändringar är dock kanske helt enkelt är för radikala för många växter att uppnå. Om så är fallet, kan växter dö från "kolsvält", vilket, med andra ord, innebär att de får slut på det kol som de behöver för att upprätthålla metabolism och tillväxt.

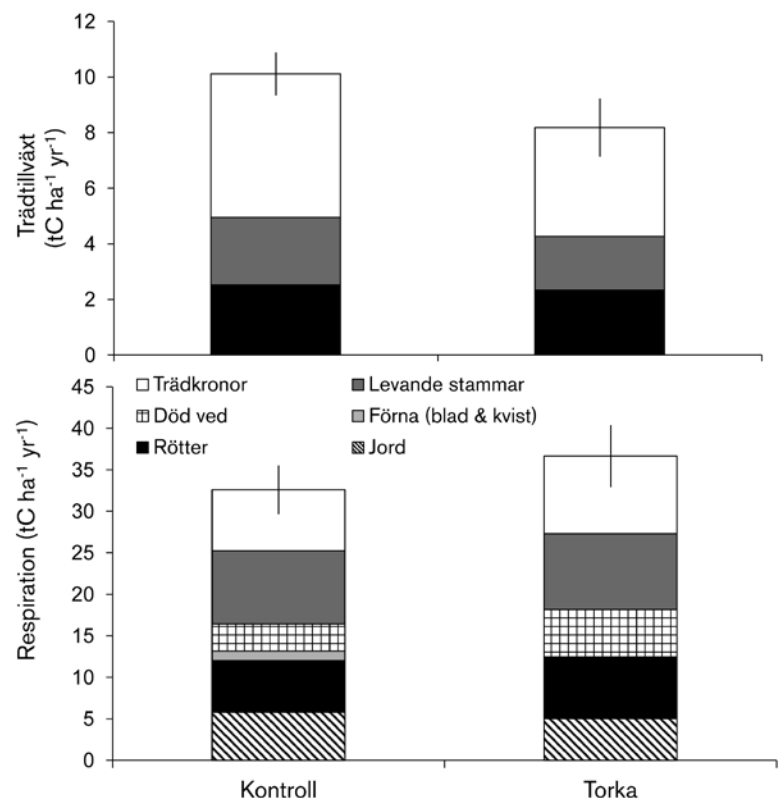
De träd som i detta experiment var utsatta för torka minskade i tillväxt, troligtvis för att undvika kolsvält, men förvånansvärt nog ökade de samtidigt sin respiration dramatiskt (Figur 5). Det är ännu inte klarlagt vilken funktion denna ökning i respiration fyllde, men den var mer än tillräcklig för att balansera den mängd kol träden sparade genom sin tillväxtnedgång. Därmed omvandlades

skogen som utsattes för experimentell torka till en stor kolkälla. I kontrollytan, som inte utsattes för någon torka, var å andra sidan skogen som helhet kolneutral, och träden bibehöll mer eller mindre en balans mellan mängden av det kol som togs upp via fotosyntes, och det som användes för tillväxt och respiration (Figur 6). Om detta experiment speglar framtida ekosystemresponser på torka i Amazonas, kan dessa bidra till att öka koldioxidkoncentrationen i atmosfären och därmed också till globala klimatförändringar.

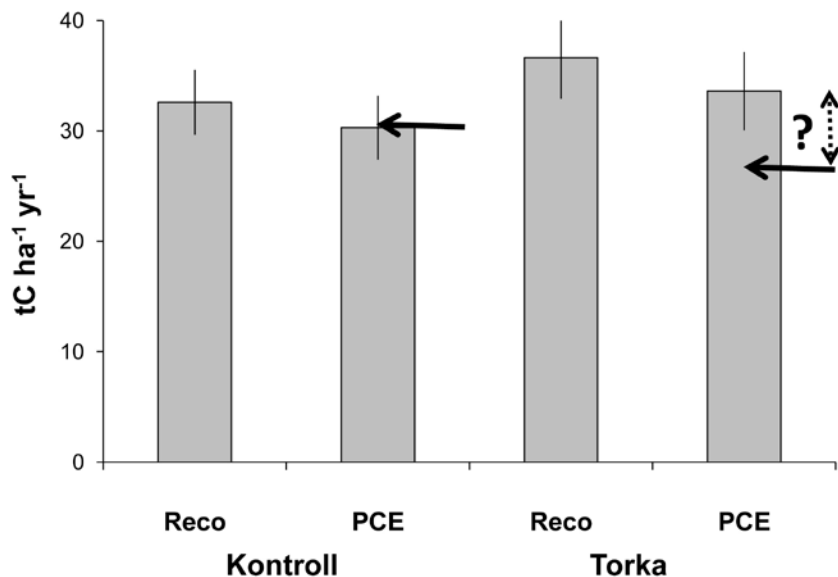
### Framtida forskningsuppgifter

Experimentet som beskrivs här är ett av endast ett litet antal liknande experiment som bedrivs världen runt. För att möta intensiva politiska och allmänna krav på information om effekterna av klimatförändringarnas påverkan, tvingas modellerare använda ett fåtal observationer från ett begränsat antal lokaler för att extrapolera över hela jordytan. Forskare inom området skog står därför inför en stor utmaning i att förbättra redskapen för modellerare genom att bidra med data på hur de skogliga ekosystemen påverkas av ett förändrat klimat.

I det experiment som beskrivs här observerades nya mönster som inte finns med i de modellerade effekterna av torka. Trots att det finns indikationer på de troliga underliggande mekanismerna som kontrollerar de observerade responserna, återstår det fortfarande mycket att forska på inom detta område. Exempelvis så krävs det mer forskning på varför, och inte minst hur, träd dör under torka. Dessutom krävs en förbättring av metoderna för att kvantifiera kolflöden i terrestra ekosystem. I detta experiment gjordes ett antal oberoende mätningar vilka alla indikerar att de uppmätta värdena var riktiga. Andra metoder, såsom isotopinmärkning och fjärranalys, kan också bidra med viktig information inom detta forskningsområde.



FIGUR 5. Skogens tillväxt (övre) och respiration (nedre) för olika komponenter på ytan utsatt för torka och på kontrollytan (Metcalf, D.B. et al. 2010).



FIGUR 6. Den sammanlagda respirationen (Reco) och trädens användning av kol för tillväxt och respiration (PCE) på ytan utsatt för torka och kontrollytan. Svarta pilar indikerar mängden kolintag via fotosyntes (GPP) (Metcalf, D.B. et al. 2010).

#### Tack

Denna forskning är en del av det Brasilienledda LBA-projektet och innefattar insatser från ett flertal forskare i Brasilien (MPEG och UFPA, Belem) och i Storbritannien (RAINFOR network). Stort tack till MPEG för användandet av deras fältstation och laboratorier. Läs mer om detta experiment på <http://www.eci.ox.ac.uk/research/ecodynamics/carbon-balance.php>.

#### Ämnesord

Klimatförändringar, torka, tropisk regnskog, kol, träd, dödlighet, Amazonas.

#### Läs mer

da Costa, A.C.L., Galbraith, D., Almeida, S., Portela, B.T.T., Da Costa, M., Athaydes, J., Fisher, R., Phillips, O., Metcalfe, D.B., Levy, P. & Meir, P. 2010. Effect of 7 yr of experimental drought on vegetation dynamics and biomass storage of an eastern Amazon rainforest. *New Phytologist* 187: 579–591.

Malhi, Y., Aragão, L.E.O.C., Galbraith, D., Huntingford, C., Risher, R., Zelazowski, P., Sitch, S., McSweeney, C. & Meir, P. 2009. Exploring the likelihood and mechanisms of a climate-change-induced dieback of the Amazon rainforest. *Proceedings of the National Academy of Science USA* 106: 20610–20615.

McDowell, N.G., & Sevanto, S. 2010. The mechanisms of carbon starvation: how, when, or does it even occur at all? *New Phytologist* 186: 264–266.

Metcalf, D.B., Meir, P., Aragão, L.E.O.C., Lobo-do-Vale, R., Galbraith, D., Fisher, R.A., Chaves, M.M., Maroco, J.P., da Costa, A.C.L., de Almeida, S.S., Braga, A.P., Gonçalves, P.H.L., de Athaydes, J., da Costa, M., Portela, T.T.B., de Oliveira, A.A.R., Malhi, Y., & Williams, M. 2010. Shifts in plant respiration and carbon use efficiency at a large-scale drought experiment in the eastern Amazon. *New Phytologist* 187: 608–621.

#### Författare



Daniel Metcalfe är forskarasistent vid institutionen för skogens ekologi och skötsel, SLU, 90183 Umeå  
Tel: 090-786 85 56  
Daniel.Metcalfe@slu.se

**FAKTA SKOG** • Rön från Sveriges lantbruksuniversitet

**Redaktör:** Göran Sjöberg, 090-786 82 96, Goran.Sjoberg@slu.se, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, 901 83 Umeå **Ansvarig utgivare:** Tomas Lundmark, 090-786 82 38, Tomas.Lundmark@slu.se

**Webb:** [www.slu.se/forskning/faktaskog](http://www.slu.se/forskning/faktaskog)

**Prenumeration:** 15 nummer per år för 340 kronor + moms.

SLU Publikationstjänst, Box 7075, 750 07 Uppsala, 018-67 11 00 • Publikationstjanst@slu.se

Danagård LiTHO, Linköping 2011

**ISSN:** 1400-7789 © SLU

