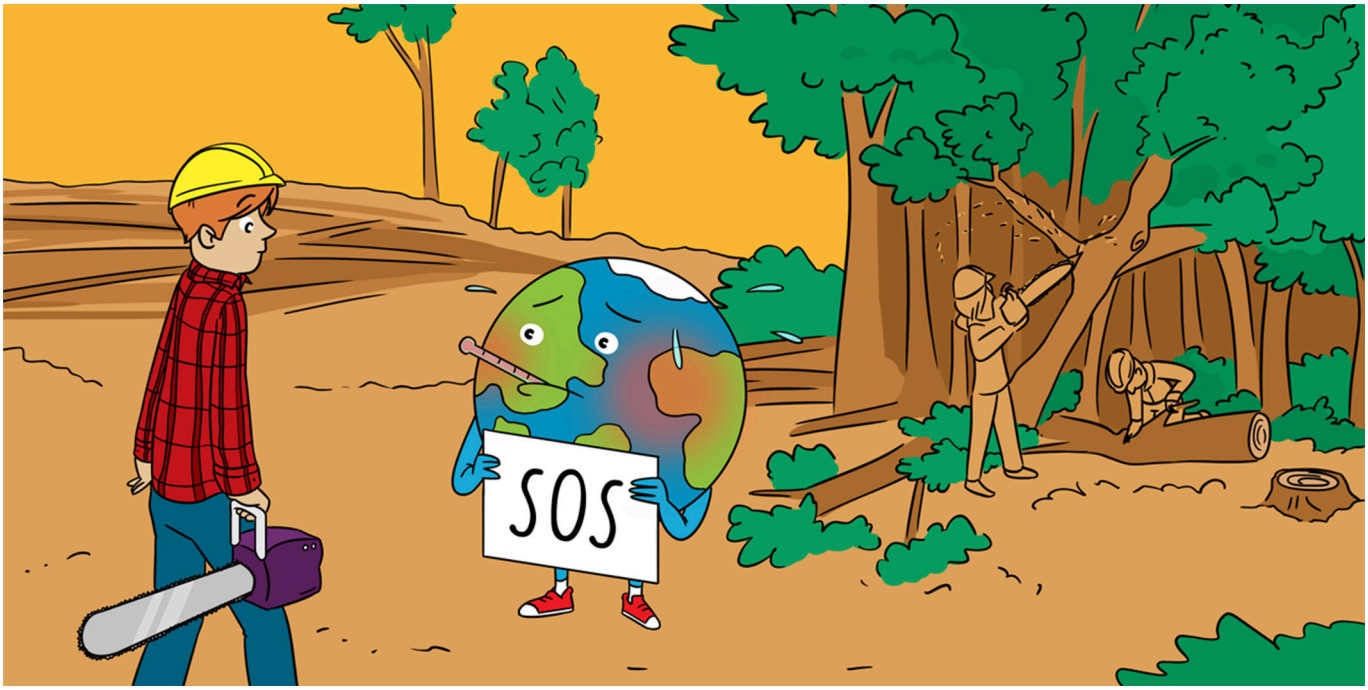
الأرض ومواردها
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 16 مايو 2022
doi: 10.3389/frym.2020.00147-ar



تغيّر المناخ: خطر داهم يُحدِق بغابات الأمازون ويهدد مستقبل الحياة

Jose A. Marengo*
المركز الوطني لرصد الكوارث الطبيعية والتحذير منها، ساو خوسيه دوس كامبوس، البرازيل

تُعد غابات الأمازون أكبر الغابات المطيرة في العالم، وتلعب دورًا محوريًا في المناخ العالمي والإقليمي، وفي تبادل المياه بين الغابة المطيرة والغلاف الجوي. وقد تشكل الظروف المناخية القاسية، مثل فترات الجفاف أو الفيضانات، خطورةً على كل من البشر والأنظمة الطبيعية. ومن شأن فترات الجفاف والفيضانات أن تسبب اضطرابًا في عملية تبادل الرطوبة بين الغابات والغلاف الجوي، وقد تؤثر على بقاء غابة الأمازون على قيد الحياة. يُناقَش هذا المقال الإجراءات اللازمة لتجنب الاحتباس الحراري وفقدان الغابات، أو الحد منهما.

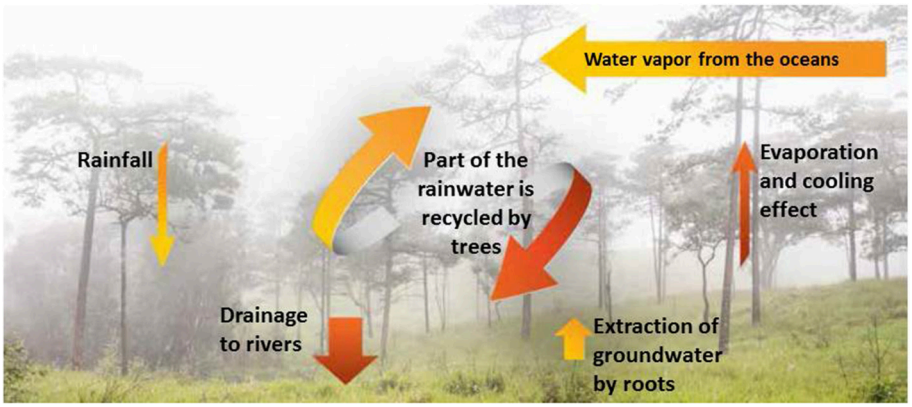
المراجعون الصغار:

ARYAN
العمر:15

GWEN
العمر:12

لماذا ينبغي لنا الاعتناء بغابات الأمازون المطيرة؟

عندما تتبادر غابات الأمازون المطيرة إلى أذهان الناس، يتخيلونها عادةً باعتبارها رئة الكوكب؛ لأنها تزيل ثاني أكسيد الكربون (CO_2) من الهواء، وتُطلق الأكسجين ليتنفسه الحيوان والإنسان. ويتخيلون أيضًا الثعابين، والقردة، والعناكب، ونبات الأوركيد، والتنوع الحيوي المذهل داخل الغابة المطيرة. كل هذه الأشياء مهمة، ولكن الأمر لا يقتصر على ذلك.



شكل 1

شكل 1

دورة المياه في منطقة الأمازون [1]. تُنقل الرطوبة إلى منطقة الأمازون عن طريق الرياح التجارية القادمة من المحيط الأطلسي الاستوائي. بعد هطول المطر، تُحدث الغابة المطيرة تبخرًا كثيفًا، ونتحًا، وتدويرًا للماء. وبعد ذلك، يعود الماء الناتج عن التبخر الكثيف والنتح الكثير إلى منطقة الأمازون في شكل أمطار.

فالغابة المطيرة تتفاعل مع الغلاف الجوي بطرق متعددة، مما يؤثر على المناخ المحلي والعالمي. يوضح الشكل 1 أن الغابة المطيرة تتفاعل مع الغلاف الجوي لتوفير الرطوبة داخل حوض الأمازون. إذ تَجلّب الرياح القريبة من سطح المحيط الرطوبة من المحيط الأطلسي الاستوائي إلى داخل الأمازون. وتسقط هذه الرطوبة غالبًا في شكل أمطار، وقد يُعاد بعضها سريعًا إلى الغلاف الجوي بفعل الغابة الاستوائية من خلال عمليات التبخر، وإطلاق الأوراق والتربة لهذه الرطوبة. ويعود بعض من بخار الماء هذا في صورة أمطار تتساقط مباشرةً فوق الغابة المطيرة، بينما ينتقل البعض الآخر إلى المناطق المجاورة. وتمثل المياه التي تبخرت من الغابة المطيرة ما بين 30 و70% من مياه الأمطار التي تسقط على منطقة الأمازون [1, 2].

تستطيع الغابة المطيرة أن تؤثر على درجات الحرارة، وتتحكم في سقوط الأمطار؛ مما يساعدها على تعديل مناخها، الأمر يُعدِّل بدوره مناخ القارة بأكملها. وإذا اختفت الغابات المطيرة، فقد يزيد ذلك من خطورة تعرض الكوكب بأكمله لأزمةٍ مناخية كبيرةٍ. ولأن الأشجار تزيل ثاني أكسيد الكربون من الغلاف الجوي، يُعرب العلماء عن قلقهم حيال الفقد المستمر لغابة الأمازون المطيرة؛ الأمر الذي قد يُفقدنا مصدرًا حيويًا لامتصاص ثاني أكسيد الكربون. وبالإضافة إلى ذلك، قد يؤثر فقدان الغابة المطيرة على دورات سقوط الأمطار الطبيعية في منطقة الأمازون بطريقة تعرض أداء الغابة للخطر. وربما تؤدي هذه التغيرات في سقوط الأمطار إلى مناخ أكثر جفافًا ودفئًا في تلك المنطقة، ويزداد بالتالي احتمال اندلاع حرائق، وانجراف التربة وتآكلها.

كيف يؤثر التغير المناخي والظروف المناخية القاسية على منطقة الأمازون؟

لقد أثرت الظروف المناخية القاسية (الأمطار الغزيرة أو الجفاف الحاد) على منطقة الأمازون في السنوات الأخيرة. وتضرب موجات **جفاف** عام 2005، و2010، و2016، و**فيضانات** عام 2009، و2012، و2014 أمثلةً على كيفية تأثير التغيرات المناخية على النظام البيئي والأشخاص الذين يعيشون في المنطقة التي يحدث فيها تغير مناخي. أوضح لويز آراجو [3] أنه أثناء الجفاف الذي حدث عام 2016، ازداد عدد الحرائق بنسبة 36% في المنطقة مقارنةً بآخر 12 عامًا.

ولقد أصبح موسم الجفاف في منطقة الأمازون الجنوبية - التي بها أعلى معدلات **إزالة الغابات** - يستمر لمدة أطول من مدته الطبيعية بمقدار ثلاثة أو أربعة أسابيع، مع سقوط الأمطار متأخرةً عن موعدها المعتاد [4]. ومن شأن مواسم الجفاف الطويلة، مثل هذا الموسم، أن تُزيد من خطورة اندلاع

الجفاف (DROUGHT)

عدم سقوط الأمطار لفترات طويلة.

الفيضان (FLOOD)

فرط تدفق المياه عند الحدود الطبيعية لأي مجرى أو مسطح مائي.

إزالة الغابات (DEFORESTATION)

فقدان الغابات وتحول مناطق الغابات إلى مناطق غير مُشجَّرة.

الحرائق. ومن المحتمل أن تزداد وتيرة فترات الجفاف أو حدتها في المناخ المستقبلي الأكثر احترارًا، وقد تزِيد مواسم الجفاف الأطول من خطورة اندلاع الحرائق؛ مما يؤثر على الأشخاص الذين يعيشون في تلك المنطقة والتنوع الحيوي في منطقة الأمازون بأكملها.

ولدراسة الحالة التي قد يُصبح عليها المناخ في المستقبل، قامت مجموعات بحثية حول العالم باستخدام علم الرياضيات؛ وإليك كيف استخدموه. عمّد هؤلاء الباحثون إلى تمثيل كل العمليات الطبيعية باستخدام معادلات تصف التوازن بين الحرارة والرطوبة في المنطقة، وتبادل الحرارة والرطوبة بين الأرض والنبات والهواء، بالإضافة إلى تبادلها مع المناطق المجاورة. ثم تُحَلُّ المعادلات باستخدام أجهزة حاسوب فائقة. ويُشار إلى هذا التمثيل الرياضي للطبيعة باسم ''نموذج مناخ``. توضح نماذج المناخ أن **الاحترار العالمي (الاحتباس الحراري)** أو إزالة الغابات قد تتسبب في حدوث فترات مناخية أكثر احترارًا وجفافًا في وسط منطقة الأمازون وشرقها. وقد أوضحت، في الورقة البحثية التي نشرتها عام 2018 [4]، أنه مع زيادة التقلبات الحادة بين فترات الجفاف والفيضانات، قد نصل إلى نقطة لا رجعة فيها؛ نقطة يصبح عندها **التغير المناخي** غير قابل للإصلاح. وقد يهدد هذا وجود غابة الأمازون الاستوائية.

ماذا يُقصد بالأنهار الجوية، وما الدور الذي تلعبه في سقوط الأمطار؟

قدم لنا العمل الرائد للعالم البرازيلي والأستاذ الجامعي، إينياس سالاتي، عام 1979 [2]، شرحًا للتوازن المائي في منطقة الأمازون. ويقصد به تبخر كمية كبيرة من الماء من الغابة ثم عودتها في شكل أمطار؛ وتُعرف هذه العملية **بإعادة تدوير الرطوبة**. وأوضح عالم آخر [5] كيف أن إعادة تدوير الرطوبة هي التي منحت الغابة فرصة النجاة حتى يومنا هذا. يحتوي الشكل 2 على تصوير دقيق يوضح نقل الرطوبة في منطقة الأمازون. ونلاحظ أن الرياح السطحية تحمل الرطوبة المتبخرة من المحيط الأطلسي إلى داخل المنطقة. وتصبح الرياح مُحمَّلة بالرطوبة أكثر من ذي قبل؛ بسبب إعادة تدوير الرطوبة التي تقوم بها الغابة. ويتجه الهواء الرطب أولًا ناحية الغرب، ولكنه ينحرف ناحية الجنوب الشرقي لأمريكا الجنوبية عندما يقترب من الجانب الشرقي لجبال الأنديز. ويُعد هذا الانتقال نهرًا موجودًا في الهواء يعمل على جلب الرطوبة والأمطار إلى جنوب البرازيل ووسطها، وجزء من الأرجنتين.

وقد صاغت خوسينا آرّوت مصطلح **الأنهار الجوية** عام 2012 [6]. فهي تشبه الأنهار الموجودة على الأرض، إلا أن تدفق الرطوبة يحدث في الغلاف الجوي في شكل بخار ماء وسُحب. ويبلغ حجم الرطوبة المنقولة في الغلاف الجوي بواسطة النهر الجوي شرق جبال الأنديز 230,000 م^3/ث، ويتساوى تقريبًا مع تدفق المياه القادمة من نهر الأمازون إلى المحيط الأطلسي!

ما مصير المناخ إذا اختفت الغابات؟

ينظر العلماء إلى إزالة الغابات باعتبارها خطرًا بيئيًا. حيث تقلل من إعادة تدوير الرطوبة بين النبات والغلاف الجوي، وتقلل أيضًا من حجم المياه التي تُنقل عبر النهر الجوي. وإذا أُزيلت غابات الأمازون بأكملها أو جزء منها، فقد تصل المشكلات المناخية الناجمة عن ذلك إلى الولايات المتحدة أو حتى إلى الصين [7]. أما في أمريكا الجنوبية، فقد يؤثر قطع أشجار غابة الأمازون، ولو أجزاء منها فقط، على جودة موسم الأمطار في جنوب البرازيل وشمال الأرجنتين. فعندما تبدأ الغابات في الاختفاء، ستؤدي كمية المياه القليلة في الغلاف الجوي إلى نقص كمية الأمطار، ويشكل ذلك تحديًا بالنسبة للمزارعين، وعائقًا أمام زراعة المحاصيل. وسيقلل هذا من كمية الغذاء المتوفرة للإنسان والحيوانات

الاحترار العالمي أو الاحتباس الحراري
(GLOBAL WARMING)

زيادة تدريجية في درجة الحرارة الكلية للغلاف الجوي لكوكب الأرض، بسبب الاحترار الناجم عن زيادة انبعاثات الغازات الدفيئة في الجو، وأهمها ثاني أكسيد الكربون.

تغير المناخ
(CLIMATE CHANGE)

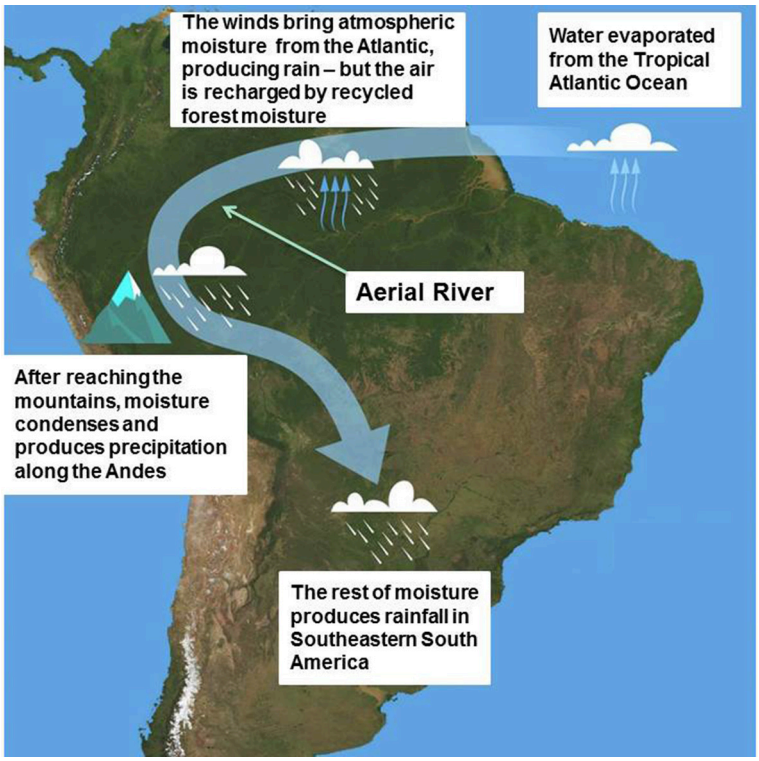
تغيرات طويلة الأمد تطرأ على مناخ منطقة ما.

إعادة تدوير الرطوبة
(MOISTURE RECYCLING)

عملية تبخر الماء بواسطة الأشجار، وسقوطه مرةً أخرى في شكل أمطار على المنطقة نفسها.

الأنهار الجوية
(AERIAL RIVERS)

الدوّارات الجوية أو الأنهار الطائرة في سياق هذه الورقة البحثية هي تيارات هوائية تجلب بخار الماء من المحيط الأطلسي الاستوائي ومنطقة الأمازون وتدفعه ناحية الجنوب لمسافة بعيدة جدًا تكاد تصل إلى جنوب البرازيل وشمال الأرجنتين.



شكل 2

شكل 2

كيف تُحمَل الرطوبة داخل منطقة الأمازون وخارجها. يتبخر الماء من المحيط الأطلسي الاستوائي، ويُنقل إلى منطقة الأمازون عن طريق الرياح التجارية القادمة من المحيط. حيث تعمل هذه الرياح على إسقاط الأمطار على المنطقة، وتحمل أيضًا المياه الناتجة عن إعادة تدوير الغابة للرطوبة. وينتقل تيار الهواء الرطب هذا ناحية الجانب الغربي لجبال الأنديز، ويغير اتجاهه بعد ذلك بفعل جبال الأنديز، وينقل الرطوبة نحو البرازيل وشمال الأرجنتين، وبذلك فهو يشكل ''نهرًا من الرطوبة`` أو ''نهرًا جويًا`` (المصدر: مشروع النهر الطائر: www.riosvoadores.com.br).

الأخرى، وقد يكبد ذلك الأعمال التجارية القائمة على الزراعة خسائر مادية طائلة. وبالإضافة إلى التسبب في حدوث مشكلات؛ مثل حالات الجفاف طويلة الأمد أو العواصف، يتعرض الكوكب الذي تُزال من عليه الغابات إلى اشتداد موجات الاحترار العالمي (الاحتباس الحراري). إذ لاحظ العديد من العلماء [8, 9] في السنوات الأولى من هذا القرن، أن تغير المناخ قد يصل إلى مستويات خطيرة إذا ارتفعت درجة حرارة الهواء عالميًا بمقدار 4° درجات مئوية. وسيتخطى المناخ العالمي **نقطة تحوّل** لا رجعة فيها، وستنهار غابة الأمازون، وقد يحول ذلك معظم جنوب الأمازون وشرقها إلى غابة سافانا [10].

نقطة التحول (TIPPING POINT)

مقدار التغير الذي يمنع أي نظام من العودة إلى حالته الأولية.

ماذا يُمكننا أن نفعل لتفادي أي تغير خطير في المناخ؟

كما أوضحتُ في هذا المقال، يُشكل تغير المناخ خطرًا جسيمًا على بيئتنا. لذلك، لا بد أن تعمل قوانين كل دولة على تقليل انبعاثات الغازات الدفيئة، وأن تُجرّم إزالة الغابات؛ لمنح البشر فرصةً التمتع بمستقبل أكثر استدامة. وفي شهر ديسمبر من عام 2015، شاركت دول عديدة في مؤتمر الأطراف الذي عُقد في باريس، ونوقشت فيه مخاوف كبيرة تتعلق بتغير المناخ وعواقبه على العالم أجمع. وتوصلوا في هذا الاجتماع إلى اتفاقية باريس للمناخ التي وضعت معايير للتقليل من الاحترار العالمي، واقترحت أنه يجب على الدول أن تبذل جهودًا للتقليل من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون عالميًّا، وإيقاف عمليات إزالة الغابات في كل مكان بالعالم أو الحد منها. وإذا نُفذت اتفاقية باريس للمناخ كما ينبغي، فمن المفترض أن يقل الاحترار العالمي عن درجتين مئويتين خلال العقود القادمة؛ مما يقلل من خطورة تعرض المناخ لعواقب وخيمة.

الخلاصة

ستؤثر التغييرات المناخية التي شهدناها في منطقة الأمازون على الغابات المطيرة، وكذلك على السكان، والتنوع الحيوي للكائنات الحية التي تعيش هناك. وينبغي على الأبحاث التركيز على فهم آثار تغير المناخ على منطقة الأمازون؛ وخاصةً آثار الجفاف والحرائق على الإنسان والحيوان. وعلاوةً على ذلك، تنبغي دراسة الجفاف والفيضانات وآثارهما على الإنسان والأنظمة البيئية بشكل أفضل. وإذا استمر المناخ في الاحترار، فمن المتوقع أن تزداد خطورة التعرض لفيضانات شديدة، واندلاع حرائق كثيرة، وفترات جفاف قاحلة، لذا ينبغي اتخاذ إجراءات للتقليل من آثار هذه الأحداث. وقد تحول الحرائق المستمرة وإزالة الغابات المستمرة في منطقة الأمازون دون مواجهة تغير المناخ. لذا يجب علينا أن نحمي غابات الأمازون المطيرة العظيمة ونحافظ عليها؛ لضمان أن تغير المناخ لن يمس بقائنا على قيد الحياة.

إسهامات المؤلف

أسهم المؤلف الوحيد في كل جوانب تحضير الورقة البحثية وكتابتها.

مقال المصدر الأصلي

Marengo, J. A., Souza, C. Jr., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, R., et al. 2018. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. *Front. Earth Sci.* 6:228. doi: 10.3389/feart.2018.00228

المراجع

1. Marengo, J. A., Nobre, C. A., Chou, S. C., Tomasella, J., Sampaio, G., Alves, L., et al. 2011. *Dangerous Climate Change in Brazil, A Brazil-UK Analysis of Climate Change and Deforestation Impacts in the Amazon*. Sao Jose dos Campos: INPE, 54.
2. Salati, E., Dall'Olio, A., Matsui, E., and Gat, J. R. 1979. Recycling of water in the Amazon basin: an isotopic study. *Water Resour Res*. 15:1250–8. doi: 10.1029/WR015i005p01250
3. Aragão, L. E. O. C., Anderson, L. O., Fonseca, M. G., Rosan, T. M., Vedovato, L. B., Wagner, F. H., et al. 2018. 21st Century drought-related fires counteract the decline of Amazon deforestation carbon emissions. *Nat. Commun.* 9:536. doi: 10.1038/s41467-017-02771-y
4. Marengo, J. A., Souza, C. Jr., Thonicke, K., Burton, C., Halladay, K., Betts, R., et al. 2018. Changes in climate and land use over the Amazon region: current and future variability and trends. *Front. Earth Sci.* 6:228. doi: 10.3389/feart.2018.00228
5. Nobre, A. D. 2014. *The Future Climate of Amazonia: Scientific Assessment Report*. São José dos Campos: CCST-INPE.
6. Arraut, J. M., Nobre, C., Henrique de Melo Jorge, B., Obregon, G., and Marengo, J. A. 2012. Aerial rivers and lakes: looking at large-scale moisture transport and

its relation to Amazonia and to subtropical rainfall in South America. *J. Clim.* 25:543–56. doi: 10.1175/2011JCLI4189.1
7. Lawrence, D., and Vandecar, K. 2015. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. *Nat. Clim. Change* 5:27–36. doi: 10.1038/nclimate2430
8. Cox, P. M., Betts, R. A., Jones, C. D., Spall, S. A., and Totterdell, I. J. 2000. Acceleration of global warming due to carbon-cycle feedbacks in a coupled climate model. *Nature* 408:184–7. doi: 10.1038/35041539
9. Oyama, M. D., and Nobre, C. A. 2003. A new climate-vegetation equilibrium state for Tropical South America. *Geophys. Res. Lett.* 30:2199. doi: 10.1029/2003GL018600
10. Lovejoy, T. E., and Nobre, C. A. 2018. Amazon tipping point. *Sci. Adv*. 4:2340. doi: 10.1126/sciadv.aat2340

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 16 مايو 2022

حرره: Noemie Ott

مرشدو العلوم: M. Nils Peterson and Dhruv Suri

الاقتباس: Marengo JA (2022) تغيّر المناخ: خطر داهم يُحدِق بغابات الأمازون ويهدد مستقبل الحياة. Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2020.00147-ar

مُترجَم ومقتبس من: Marengo JA (2020) Drought, Floods, Climate Change, and Forest Loss in the Amazon Region: A Present and Future Danger? Front. Young Minds 7:147. doi: 10.3389/frym.2020.00147

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2020 © 2022 Marengo. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

ARYAN، العمر: 15

آريان طالب واعد يستمتع بالقراءة عن التطورات العلمية؛ وخاصة في مجال تغير المناخ والطاقة. خارج الفصل الدراسي آريان لاعب كرة قدم رائع مفعم بالطاقة والحماس. ويأمل أن يتمكن فريق مانشستر يونايتد في يوم من الأيام من الفوز بالدوري الإنجليزي الممتاز، ولكن إذا استمر في الخسارة أمام فريق نيو كاسل، فسيكون ذلك اليوم بعيدًا!

GWEN، العمر: 12

مرحبًا، اسمي جوين، وأعيش في الولايات المتحدة، وأعزف على البيانو، وأمارس رياضة الكرة الطائرة. أنا في الصف السابع، وموادي المفضلة هي العلوم، والرياضيات، والفن، واللغة الإسبانية. وأحب القراءة وخاصةً روايات الخيال العلمي والمسلسلات التلفزيونية (أنا مُعجبة كبيرة أيضًا بشخيصة ''هاري بوتر``). لقد بدأت العمل منذ فترة قصيرة مع ''فرونتيرز للعقول الشابة`` ومتحمسة كثيرًا للاستمرار!

المؤلفون

JOSE A. MARENGO

أحد كبار العلماء، والمنسق العام لقسم البحث والتطوير بالمركز الوطني لمراقبة الكوارث الطبيعية والتنبيه المبكر بها (CEMADEN) في مدينة ساو باولو، البرازيل. ويحمل أيضًا درجة الأستاذية في علم الأرصاد الجوية وعلم نظام الأرض في برنامج الدراسات العليا لدى المعهد الوطني لأبحاث الفضاء، وكذلك في الكوارث الطبيعية ضمن برنامج الدراسات العليا لدى الجامعة الحكومية بساو باولو. ويهتم بحثه بوضع نماذج للمناخ، وبقابلية تغير المناخ، والتغير الذي يحدث في المناطق الاستوائية، والأحداث المناخية القاسية (خاصةً حالات الجفاف)، وآثار تغير المناخ، وقابلية التأثر بتغير المناخ والتكيف مع ذلك، والتقليل من خطورة الكوارث.
*jose.marengo@cemaden.gov.br

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology