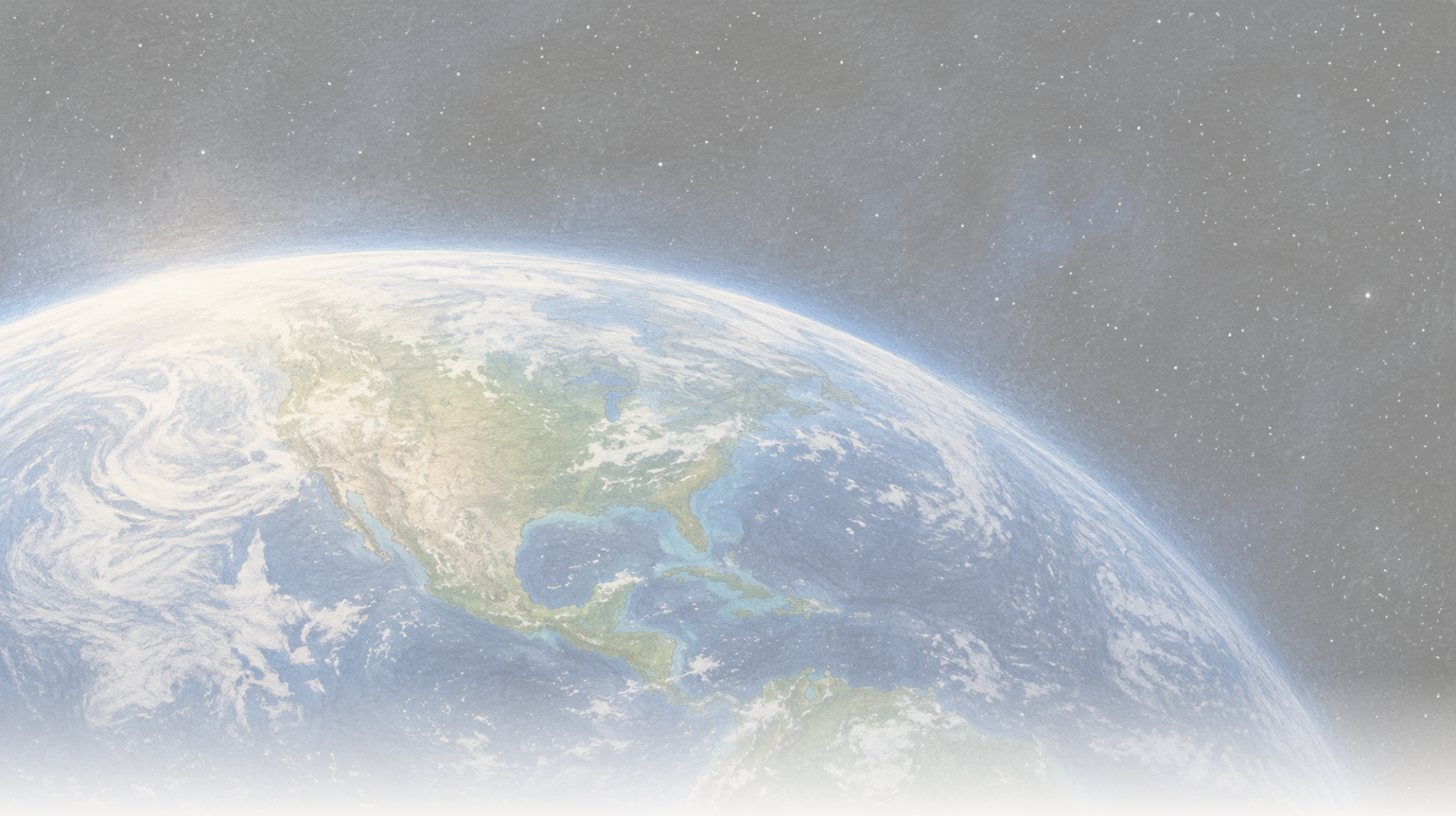




The CLEAN PAPER

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

Báwo ni Ayé ẹ̀ lẹ̀ dúró aláwò ewé pẹ̀ tó? Climate model kan fúnni ní ranges, kì í ẹ̀ ojú ìparun

Three-dimensional climate simulations 29 fí oríṣíríṣú limits sí photosynthetic biosphere Ayé láàárín nṣkan bí 1.35 sí 1.87 billion ọ̀dún láti isinsinyí. Àwọn values náà da lori deliberately simplified paths fún rock weathering, heat àti carbon-dioxide levels tó kéré jù tí plants lẹ̀ lò. Wọn kò predict ìgbà tí gbogbo plants, gbogbo life, civilization tàbí planet yóò parí.

Written by Cinzia Vaglio · Cross-checked by Matteo · Edited by Michele Renda · Figures by Cinzia Vaglio and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Maximum Lifetime of the Vegetative Biosphere*, Jacob Haqq-Misra and Eric Wolf, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 131, e2025JD045586 (2026) · DOI: [10.1029/2025JD045586](https://doi.org/10.1029/2025JD045586)

Báwo ni Ayé ẹ̀ lẹ̀ dúró aláwò ewé pẹ̀ tó? Climate àwòṣe kan fúnni ní ààlà, kì í ẹ̀ ọ̀jọ̀ ìparun

Ewé kan ní gbé láàárín ìwòntúnwònsì kékeré kan. Ó nílò ìmọ̀lẹ̀, omi, kábònú dioxide àti temperature tí chemistry rẹ̀ lẹ̀ fara da. Láàárín igbésí-ayé ènìyàn, Oòrùn dà bí apá tí kò yí nínú ìwòntúnwònsì yẹn. Láàárín billion ọ̀dún kan, kò rí bẹ̀.

Bí Oòrùn ẹ̀ ní dàgbà lórí pàtàkì sequence, ó ní mọ̀lẹ̀ sí i díẹ̀díẹ̀. Sunlight púpọ̀ sí i ní mú Ayé gbóná, ẹ̀gbón pílánẹ̀tì nàà ní long-term ìdáhùn kan: reactions láàárín rainwater, kábònú dioxide àti silicate àpáta lẹ̀ yọ kábònú dioxide kúrò nínú atmosphere. Èyí dín greenhouse ipa kù, ó sì tako díẹ̀ lára warming nàà. ìdáhùn kan nàà tó ní tutu pílánẹ̀tì lẹ̀ nígbẹ̀yìn deprive photosynthetic organisms ti kábònú tí wọn ní lò láti kọ living tissue.

Ìwé ìwádíí tuntun kan nínú Journal of Geophysical Research: Atmospheres bèèrè ààlà wo ni ó lẹ̀ kọ́kọ̀ dé: oorun tó pọ̀ jù, tàbí kábònú dioxide tó kéré jù. Ìdáhùn rẹ̀ kì í ẹ̀ ọ̀jọ̀ tí Ayé yòò kú. Kojá future paths méjì tí a mọ̀mọ̀ simplified, adopted ààlà lórí photosynthetic life wà láàárín nìkan bí **1.35 sí 1.87 billion ọ̀dún láti ìsinsìnyí lẹ̀**.

Range yẹn jẹ̀ nípa **vegetative biosphere**: apá ti living ètò Ayé tí photosynthetic organisms ní tọ́jú, pàápàá plants àti life mìíràn tí ní yí light àti kábònú dioxide padà sí biological ohun èlò. Kì í ẹ̀ forecast fún gbogbo microbe. Kì í ẹ̀ lifetime ti ènìyàn civilization. Kì í ẹ̀ lifetime ti pílánẹ̀tì nàà.

Planetary thermostat ní settings méjì tí kò dájú

Central uncertainty ni **silicate weathering**. Carbon dioxide tú sínú rainwater, ó react pẹ̀lú silicate àpáta, nígbẹ̀yìn a sì gbé e lẹ̀ sí oceans àti sediments. Volcanoes ní dá kábònú dioxide padà lórí geologic àkókò. Ní àpapọ̀, àwọn ìlànà wònyí jẹ̀ apá kan ti carbonate-silicate cycle, tí a sàbà ní ẹ̀pẹ̀júwe gégé bí planetary thermostat.

Nínú ayé tó gbóná tó sì tutu pẹ̀lú omi púpọ̀ sí i, weathering lẹ̀ yára sí i, ó sì lẹ̀ yọ kábònú dioxide kúrò yára sí i. Ẹ̀gbón scientists kò mọ̀ bí ìdáhùn yẹn yòò ẹ̀ lágbara tó ní ẹ̀ ẹ̀kọ̀so Ayé lábẹ̀ Oòrùn ọ̀jọ̀ iwájú tó ní mọ̀lẹ̀ sí i. Nítorí nàà Jacob Haqq-Misra àti Eric Wolf kò yan path kan tí wọn pe ní ẹ̀ni tó “tọ̀”. Wọn àwòṣe **end members** méjì: intentionally extreme ọ̀ràn tí a lò láti bracket uncertainty.

- Nínú **weak-weathering end member**, atmospheric kábònú dioxide dúró ní 400 parts per million nígbà tí Oòrùn tó ní mọ̀lẹ̀ sí i ní gbé temperature sókè.
- Nínú **strong-weathering end member**, global mean ọ̀jú temperature dúró ní 288 kelvin, nìkan bí 15 degrees Celsius, nígbà tí kábònú dioxide ní dín kù bí sunlight ẹ̀ ní pọ̀ sí i.

Kò sí branch kankan tí a gbé kalẹ̀ gégé bí actual future Ayé. Àkókọ̀ bèèrè ohun tí heat yòò ẹ̀ bí kábònú dioxide bá dúró ga. Èkejì bèèrè ohun tí kábònú starvation yòò ẹ̀ bí weathering bá pa global temperature mọ̀ légbẹ̀ mean ti òní.

Báwo ni weathering ẹ̀ lẹ̀ ẹ̀ṣẹ̀ bí thermostat?

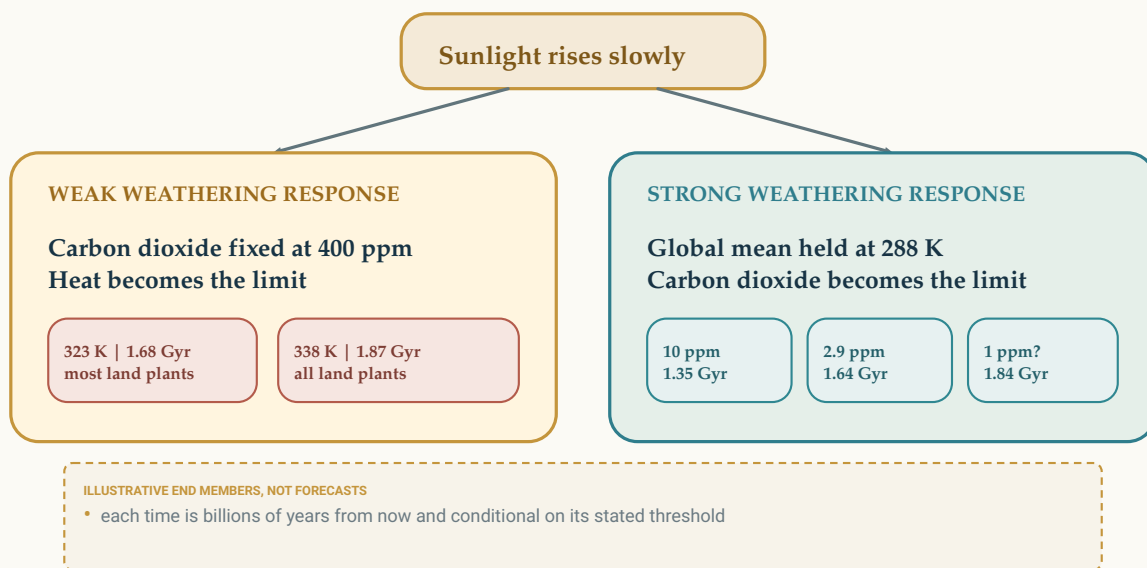
Analogy nàà jẹ̀ nípa feedback, kì í ẹ̀ control knob gangan. Nígbà tí climate tó gbóná bá mú chemical

weathering yára, atmospheric kábònú dioxide púpò sí i lè parí nínú dissolved ohun èlò, minerals àti sediments. Yíyò greenhouse gas yèn kúrò tako diẹ lára warming àkókò. Lórí timescale tó gùn gan-an, volcanic outgassing ní dá kábònú dioxide padà.

Agbára link kòòkan da lori rainfall, exposed àpáta, erosion, biology, tectonics àti ocean chemistry. Ìdì nìyẹn tí iwé iwádíí nàà fi dán limiting idáhùn wò dípò kí ó ka thermostat nàà sí machine tí a ti mò dáadáa.

One brighter Sun, two illustrative limits

The study brackets uncertainty; it does not assign either future a probability.



Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

iwé iwádíí nàà bracket uncertain future pèlú illustrative end members méjì. Bí weathering bá respond diẹ, rising heat dé adopted land-plant thresholds. Bí ó bá respond lágbára, falling kábònú dioxide dé adopted photosynthesis thresholds. Wònyí jẹ conditional àwòṣe branches, kì í ṣe probabilities tàbí countdown dates.

The Clean Paper CC BY 4.0

àwòṣe worlds 29 tí wón ti settled, kì í ṣe movie billion-ọdún méjì kan

Àwọn olùṣẹwádíí lo ExoCAM, three-dimensional global climate àwòṣe, láti calculate **29 steady-state climates** kojá combinations ti sunlight tó lágbára sí i àti kábònú dioxide tó kéré sí i. Case kòòkan ni a run fún 70 àwòṣe years. Níhìn-ín, àwòṣe year kan jẹ simulated annual cycle kan lábẹ́ fixed conditions: runtime ni a lò láti jẹ kí artificial climate settle, kì í ṣe step kan nínú year-by-year forecast ti future Ayé. A average final 20 years lẹyìn tí simulated climate ní àkókò tó láti settle.

Àwọn ọràn 29 wònyí jẹ separate àwòṣe worlds. Run kòòkan jẹ kókó kan nínú grid, tó ní dáhùn pé “settled climate

wo ló bá pair sunlight àti kábònú dioxide tí a yan yíi mu?” Computer kò bèrè pèlú Ayé òní kí ó sì continuously evolve atmosphere, àpáta, oceans àti living things rẹ̀ fún billion ọ̀dún méjì tó ní bọ̀. Dípò bèbẹ̀, àwọn onkòwé trace schematic weathering paths méjì náà kọ́já precomputed kókó wònyí; path láàárín kókó fúnra rẹ̀ kò jẹ̀ simulated.

Table náà reproduce combinations sunlight àti kábònú dioxide nínú official model-data archive. Case IDs jẹ́ reading aids tí a fi kún un nínú-ín ní archive order. **S/S0** ni relative solar constant: incoming solar agbára tí àwòṣe lò divided by present-day value rẹ̀, S0. Iye 1.2 nítorí náà tùmọ̀ sí 20 percent incoming solar agbára púpọ̀ sí i ju òní lọ. **CO2 (ppm)** ni atmospheric carbon-dioxide mixing ratio ní molíkúlù fún gbogbo million atmospheric molíkúlù.

Case ID	S/S0	CO2 (ppm)
1	1.0	400
2	1.0	180
3	1.0	11.25
4	1.0	1.40625
5	1.044	400
6	1.044	180
7	1.044	135
8	1.044	11.25
9	1.044	1.40625
10	1.081	400
11	1.081	180
12	1.081	11.25
13	1.081	1.40625
14	1.091	400
15	1.091	180
16	1.091	34
17	1.091	11.25
18	1.091	1.40625
19	1.143	400
20	1.143	180
21	1.143	11.25
22	1.143	6
23	1.143	1.40625
24	1.2	400
25	1.2	180
26	1.2	11.25
27	1.2	1.40625
28	1.2	0.45
29	1.2	0

àwòṣe Earth náà jẹ́ ohun tí a lè mọ̀, sùgbón a mòyímọ̀ fi ààlà sí i. Ó ní ìwọ̀n Ayé, ó sì lo present-day geography. Ó ní simplified slab ocean dípò fully circulating ocean, atmospheric pressure tí a set sí nìkan bí current value Ayé (ọ̀kan bar), àti fixed methane. Orbit rẹ̀ jẹ́ perfectly circular (zero eccentricity), rotation axis rẹ̀ kò sì ní tilt (zero obliquity). Kò ní explicit soils, vegetation tàbí feedback láti changing biosphere. Ohun tó ẹ̀ pàtàkì jù lọ ni pé climate àwòṣe náà kò dynamically coupled sí rock-weathering àwòṣe. Ní ọ̀rọ̀ mǐrà̀n, ExoCAM kò calculate weathering, lo o

látí update kábònú dioxide, kí ó sì run climate tó tẹlẹ nínú feedback loop. Dípò bẹẹ, àwọn olùṣèwádíí prescribe limiting paths méjì nàà, wọn sì trace wọn kojá 29-òràn climate grid.

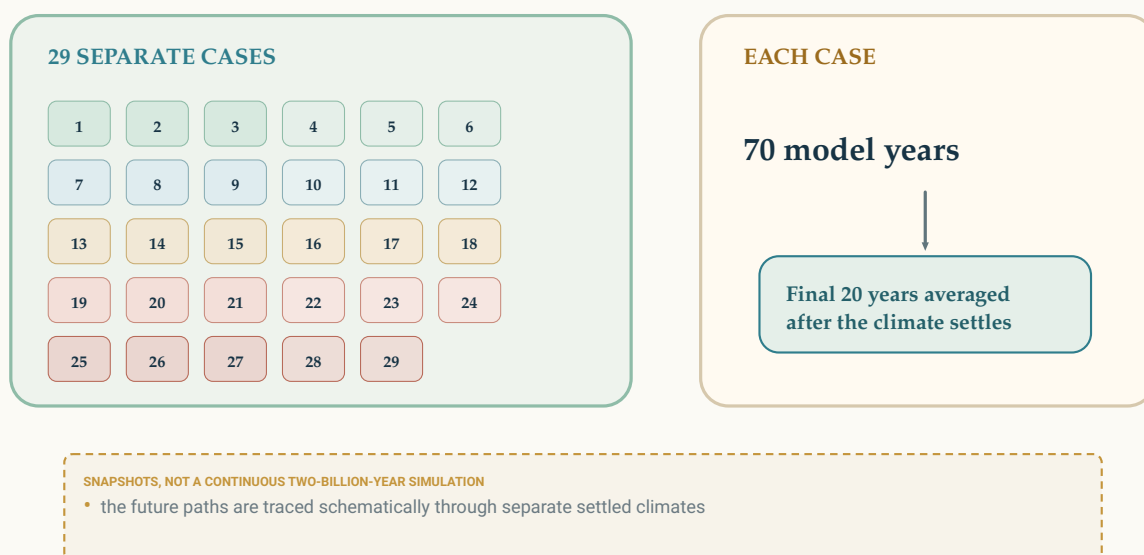
Kí ni “steady state” tùmọ sí nínú climate model?

Steady-state òràn jẹ àwòṣe climate tí a gba laaye látí settle lábẹ Oòrùn àti atmosphere kan tí a yan. Weather sì ní yí látí ojò sí ojò àti ọdún sí ọdún nínú simulation, sùgbón long-term averages rẹ dájú drifting strongly dúrò.

Èyí wúlò fún ibèèrè pé “climate wo ló bá conditions wònyí mu?” Ó yàtò sí predicting exact route tí gidi Earth fi ní lọ látí set conditions kan sí omiiran.

Twenty-nine climate snapshots, not one future-Earth movie

Each tile is a separate ExoCAM world under prescribed sunlight and carbon dioxide.



Original diagram - The Clean Paper - CC BY 4.0

Tile kòòkan jẹ separate ExoCAM climate run fún 70 àwòṣe years, pẹ̀lú final 20 years tí a average. Ìwádíí nàà àpẹẹrẹ 29 settled climates kojá prescribed sunlight àti carbon-dioxide conditions; kò simulate Ayé kan tí ń continuously evolve fún billion ọdún méjì.

The Clean Paper CC BY 4.0

End member àkókó: kábònú dioxide tó, ooru pò jù

Nínú weak-weathering branch, kábònú dioxide dúrò ní 400 parts per million. Bí solar input ẹ ní pò sí i, heat di limiting factor.

ìwé ìwádíí nàà lo global mean temperature thresholds méjì látí prior iṣẹ:

- Ní **323 kelvin**, nńkan bí **50 degrees Celsius** gégé bí global annual mean, a ka ayé náà sí ohun tó gbóná jù fún ọ̀pọ̀ land plants. àwòşé náà dé threshold yẹn ní nńkan bí **1.68 billion ọ̀dún**.
- Ní **338 kelvin**, nńkan bí **65 degrees Celsius** gégé bí global annual mean, a ka ayé náà sí ohun tó gbóná jù fún gbogbo land plants. àwòşé náà dé threshold yẹn ní nńkan bí **1.87 billion ọ̀dún**.

Wònyí jé adopted biological ààlà, kì í şe universal temperatures níbí tí gbogbo photosynthetic organism gbòdò kuna. Global mean tún ní fi large regional differences pamọ. Ìwádíí náà şe àyèwò lẹ̀tẹ̀ ibi tí combinations ti temperature àti water lè şì dára, şùgbọ̀n label kan lórí climate map kò lè catalogue gbogbo future refuge tàbí adaptation.

End member kejì: temperature tó şéé fara da, kábọ̀nù dioxide kéré jù

Nínú strong-weathering branch, global mean temperature dí mó 288 kelvin, nńkan bí 15 degrees Celsius, nígbà tí atmospheric kábọ̀nù dioxide ní şubú. Níhìn-ín, answer da lori iye kábọ̀nù tó kéré jù tí oríşííríşí photosynthetic pathways lè lò.

- Ní traditional **10 parts per million** threshold—10 carbon-dioxide molíkúlù fún gbogbo million atmospheric molíkúlù—ààlà fún C4 photosynthesis dé ní nńkan bí **1.35 billion ọ̀dún**. C4 photosynthesis ni plants bí maize àti sugar cane ní lò, ó sì concentrate kábọ̀nù dioxide yí enzyme tí ní fix rẹ̀ ká.
- Líló alternative **2.9 parts per million** C4 threshold tí prior işé jíròrò mú un lọ sí nńkan bí **1.64 billion ọ̀dún**.
- Tentative **1 part per million** threshold, tí a so mó şéé şe persistence ti díẹ̀ ninu CAM plants—plants tí ní lo crassulacean acid metabolism, tí ní ya carbon-dioxide uptake ní alẹ̀ sọtò sí líló rẹ̀ ní ọ̀sán—tàbí aquatic plants tí ó lè lo dissolved bicarbonate, mú un lọ sí nńkan bí **1.84 billion ọ̀dún**.

Nọmbà tó kẹ́yìn náà ní biological caveat tó tóbi jù. Àwọ̀n onkòwé sọ kedere pé one-part-per-million ààlà náà jé tentative. Kì í şe experimentally established survival threshold fún gbogbo CAM plants tàbí aquatic vegetation lábẹ̀ future-Earth conditions.

C3, C4 àti CAM jé strategies, kì í şe àtẹ̀gùn ipo

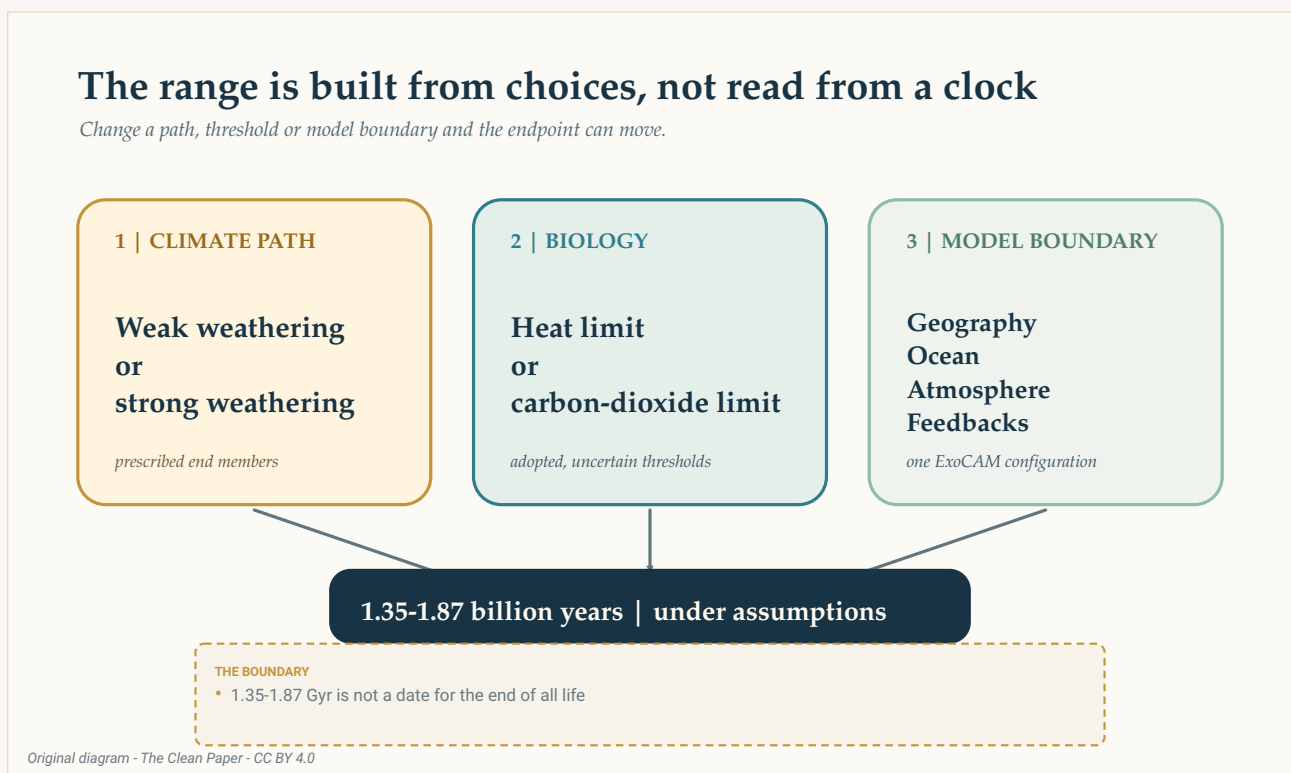
Plants lo biochemical routes tó yàtò láti capture kábọ̀nù. **C3 photosynthesis** ni ó wọ̀pọ̀ jù. **C4 photosynthesis**, tí plants bí maize àti sugar cane ní lò, ní concentrate kábọ̀nù dioxide yí enzyme tí ní fix kábọ̀nù ká, ó sì lè şíşẹ̀ dára sí i nígbà tí kábọ̀nù dioxide bá şòwọ̀n. **Crassulacean acid metabolism (CAM)** ní ya kábọ̀nù uptake àti líló rẹ̀ sọtò láàárín alẹ̀ àti ọ̀sán, ó sì ní ràn ọ̀pọ̀ plants lọwọ̀ láti conserve water.

Wònyí jé families of strategies pẹ̀lú ọ̀pọ̀ species-level differences, kì í şe successive ranks ti plants “tó dára sí i”. Very low carbon-dioxide thresholds ìwé ìwádíí náà jé assumptions láti şàwárí şéé şe ààlà, kì í şe guarantees pé future ecosystem kan yóò evolve láti lò wọ̀n.

Kí ló dé tí 1.86 billion ọdún kì í ẹ expiry date

àkólé ẹ̀sírò àfójúsùn ìwé ìwádíí nàà tí nhàkan bí **1.86 billion ọdún** jẹ average ti optimistic upper endpoints méjì: 1.84 billion ọdún nínú carbon-dioxide-limited branch àti 1.87 billion ọdún nínú heat-limited branch. Ó jẹ compact summary ti scenarios méjì tó yàtò. Kì í ẹ third àwòṣe ẹ̀sì pẹ̀lú precision tó ga sí i, kò sì jẹ best-estimate date.

Paapaa broader 1.35-to-1.87-billion-year span kò ní probability kan ṣoṣo. Lower àti upper values rẹ da lori weathering assumptions tó yàtò, biological thresholds tó yàtò àti climate-model configuration kan. Range nàà ní wọn choices nínú idánwò nàà tó bẹẹ gégé bí ó ẹ ní wọn àkókò.



1.35-to-1.87-billion-year span nàà farahàn nikan lẹyin yíyan weathering path, biological threshold àti àwòṣe ààlà. Ó jẹ assumption map, kì í ẹ clock tó ní parí ní extinction ti gbogbo life.

The Clean Paper CC BY 4.0

Àwọn ààlà mìíràn lè dé kókó

Longest vegetative-biosphere ẹ̀sírò àfójúsùn sún mó separate àti uncertain ààlà kan: moist tàbí runaway greenhouse tí ó lè fa major ocean loss. Climate àwòṣe kò fohùn ṣokan rárá lórí ìgbà tí ipò wònyí bèrẹ lábẹ increasing sunlight, pàápàá jìn sí present conditions. Díẹ lára ẹ̀sírò àfójúsùn fi wọn sí ẹ́áájú optimistic photosynthesis ààlà jù lọ.

Èyí tùmọ sí pé a kò lè ka upper branch nàà gégé bí ilérí pé Ayé yòò pa oceans rẹ, familiar continents tàbí habitable ojú conditions mó títí dé 1.87 billion ọdún láti ẹ̀sinsinyí. àwòṣe nàà kò tún ní future plate tectonics, changes nínú land area, evolving ecosystems tàbí fully dynamic ocean. Calculations rẹ ti bí atmosphere ẹ ní absorb àti emit

agbára ní a tún ní gbé wọ regimes tí intense sunlight àti extremely low kábọ̀nù dioxide níbi tí yàtò àwòṣe tí diverge.

Evolutionary adaptation àti technological intervention farahàn nínú discussion ìwé ìwádíí nàà gégé bí possibilities. Wọ̀n kì í ṣe outputs tí 29 climate simulations. àwòṣe nàà kò fi future organisms hàn bí wọ̀n ṣe ní evolve one-part-per-million photosynthetic pathway, kò sì fi civilization kan hàn bí ó ṣe ní manage atmosphere fún billion ọ̀dún kan.

Èyí kì í ṣe èsì nípa climate crisis tí òní

Solar brightening ní ṣiṣe kọ́já hundreds of millions sí billions of years. Modern human-driven warming wá láti rapidly increasing greenhouse gases kọ́já decades àti centuries. Wọ̀n jẹ forcings tó yàtò, lórí timescales tó yàtò gidigidi, tí wọ̀n ní dáhùn ìbèèrè tó yàtò.

Kò sí ohunkóhun nínú ìwádíí yíi tó dín ẹ̀rí fún present climate change kù tàbí tó sọ pé a yẹ kí a fa action sẹ̀yìn. Biosphere tí ó lè pa díẹ̀ ninu photosynthetic life mọ́ lábẹ́ distant àwòṣe scenario kan kì í ṣe climate kan níbi tí societies àti ecosystems tí òní wà ní ààbò.

ìwé ìwádíí nàà wúlò nítorí ó mú remote ìbèèrè kan disciplined sí i. Ó fi hàn pé earlier, simpler àwòṣe lè ti warm ju bó ṣe yẹ lọ nígbà tí sunlight pọ́ sí i nígbà tí kábọ̀nù dioxide dúró fixed, àti pé photosynthetic life lè ní routes sí persistence púpọ́ sí i ju canonical kábọ̀nù threshold kan lọ. Ó tún fi hàn idí tí every extra fraction tí billion ọ̀dún fi ní chain of assumptions tí ó tẹ̀lé e.

Oòrùn tó ní bọ ewé jẹ ní yí padà díẹ̀díẹ̀. Bóyá Ayé yóò dúró aláwọ́ ewé fún 1.35, 1.87 tàbí nọmbà billion ọ̀dún mǐràn yóò da lori àpáta, water, atmosphere àti life bí wọ̀n ṣe ní respond pọ́. Honest èsì kì í ṣe date kan. Ó jẹ wider view tí ìwòntúnwònsì nàà.

Àkótán tó mọ́

Ìwádíí climate oní-méta-dimension kan béèrè bí vegetative—photosynthetic—biosphere Ayé ṣe lè pé tó bí Oòrùn ṣe ní mọ̀lẹ́ sí i díẹ̀díẹ̀. Àwọ̀n olùṣewádíí calculate separate steady-state climates 29, wọ̀n sì trace illustrative end members méjì kọ́já wọ̀n. Pẹ̀lú weak weathering àti kábọ̀nù dioxide fixed ní 400 parts per million, adopted heat ààlà fún land plants dé ní nńkan bí 1.68 àti 1.87 billion ọ̀dún láti ìsinsínyí. Pẹ̀lú lágbára weathering àti global mean temperature fixed ní 288 kelvin, nńkan bí 15 degrees Celsius, adopted carbon-dioxide ààlà fún photosynthesis dé ní nńkan bí 1.35, 1.64 àti, ní lílo tentative threshold, 1.84 billion ọ̀dún. 1.86 billion ọ̀dún tí a sáà n fa yọ jẹ rounded average tí optimistic upper endpoints méjì nńkan. Wọ̀nyí jẹ scenario-dependent àwòṣe ààlà, kì í ṣe ojọ́ tí Ayé, humanity tàbí gbogbo life yóò parí. àwòṣe nàà lo prescribed paths, present geography, slab ocean àti kò ní explicit soil–vegetation tàbí climate–weathering coupling, longest ìṣírò àfojúsùn nàà sì sún mọ́ uncertain greenhouse àti ocean-loss ààlà.

Àyèwò No-BS

Ohun tí iwé iwádíí fi hàn: Nínú ExoCAM configuration yí, three-dimensional climates ní gbogbogbò warm diẹ sí i lábé increasing sunlight àti fixed kábònú dioxide ju simplified àwòṣe tí a lò fún ifiwéra lọ. Kojá prescribed weathering end members méjì àti adopted biological thresholds púpò, ààlà lórí vegetative biosphere wà láàárín nńkan bí 1.35 sí 1.87 billion ọdún láti ìsinsìnyí.

Ohun tí ó ṣeé ṣe ṣùgbọ́n tí a kò tì fídí múlẹ̀: Pé diẹ ninu CAM plants tàbí aquatic plants tí ní lo dissolved bicarbonate lè sustain photosynthesis légbẹ́ẹ̀ ọkan part per million atmospheric kábònú dioxide; pé adaptation tàbí technology lè fa photosynthetic life gùn sí i; àti pé gidi climate-weathering path yòò dúró láàárín àwòṣe end members méjì nàà.

Ohun tí kò fi hàn: Fixed date fún end ti gbogbo plants, gbogbo life, ènìyàn civilization, oceans Ayé tàbí pílánẹ̀tì nàà; continuous simulation kan ti billion ọdún méjì tó ní bọ; tàbí reason kankan láti discount present human-caused climate change.

Àwọn ààlà pàtàkì: Twenty-nine steady-state ọ̀ràn láti climate-model family kan; prescribed dípò dynamically coupled weathering paths; present-day geography; slab ocean; fixed methane; zero obliquity àti eccentricity; àìsí explicit soils, vegetation tàbí biosphere feedback; uncertain heat àti carbon-dioxide thresholds; àti wide àwòṣe disagreement légbẹ́ẹ̀ moist àti runaway greenhouse conditions.

Ìgbọ̀kànlẹ̀ mélòò ni olùkà gbogbogbò yẹ kí ó ní? Ìgbọ̀kànlẹ̀ gíga pé iwádíí nàà broadens ṣeé gbà àwòṣe ààlà, ó sì identify assumptions tí ní ṣàkóso rẹ̀. Ìgbọ̀kànlẹ̀ áàrín nínú numerical span gégẹ̀ bí useful bracket nínú àwòṣe yí. Ìgbọ̀kànlẹ̀ kékeré nínú exact date kankan, nítorí endpoints tó jìn jù lọ da lori deliberately extreme climate paths àti uncertain biology.

Àwọn orísun

Haqq-Misra & Wolf, Maximum Lifetime of the Vegetative Biosphere, Journal of Geophysical Research: Atmospheres 131, e2025JD045586 (2026)

<https://doi.org/10.1029/2025JD045586>

Haqq-Misra & Wolf, Maximum Lifetime of the Vegetative Biosphere: Model Data, Zenodo record 16584870

<https://doi.org/10.5281/zenodo.16584870>