

# Cambiamenti climatici, non-linearità e precipitazioni: i loro impatti sulla disuguaglianza di reddito

Seminario IRPET

2 Marzo 2023

---

Matteo Coronese

Institute of Economics and EMbeDS, Sant'Anna School of Advanced Studies, Pisa, Italy.

INSTITUTE  
OF ECONOMICS



Scuola Superiore  
Sant'Anna



Department  
of Excellence  
2018 - 2022

**EMbeDS**

Economics and Management  
in the era of Data Science



## Temperature, precipitazioni e una nuova macro-storia

- È ormai dimostrato che le anomalie climatiche hanno effetti avversi sulle società e sulle economie. Questo sia se si parla di **statistiche sufficienti** (es. anomalie di temperatura) sia di **eventi estremi** (es. uragani).
- Storicamente, grande focus sul ruolo delle **temperature** (Diffenbaugh and Burke, 2019; Roine et al., 2009; Jaumotte and Osorio Buitron, 2020)
- Uno degli aspetti meno indagati, a livello di impatto macroeconomico, è il **ruolo delle precipitazioni** (Woiillez et al., 2020; Kotz et al., 2021).
- Le precipitazioni anomale sono spesso indicate come un grande fattore di rischio, specialmente per **individui poveri in Paesi in via di sviluppo** (Zaveri et al., 2020; Lausier and Jain, 2018).
- Questo è in buona parte dovuto al peso notevole dell'agricoltura sull'economia di questi Paesi, spesso in **assenza di irrigazione** (Alston and Pardey, 2014; Hope Sr, 2009; Keerthiratne and Tol, 2018).
- L'agricoltura è per sua natura uno dei settori **più esposti ad eventi climatici**, e sta già sperimentando notevoli perdite (Schlenker and Roberts, 2009; Burke and Emerick, 2016), con potenziali ricadute macroeconomiche (Dell et al., 2012; Hsiang et al., 2017).
- Inoltre, i lavoratori agricoli sono molto spesso **più poveri della media**, e impatti su prezzi e rese agricoli sono canali di aumento della povertà (Hallegatte and Rozenberg, 2017).

# Cambiamento climatico e disuguaglianza di reddito: zoom all'intero dei Paesi

- È quindi necessario studiare in maniera congiunta queste due grandi sfide sociali: la crescente **disuguaglianza di reddito** e il **cambiamento climatico**.
- Sappiamo che le anomalie di temperature, per via dei loro **effetti asimmetrici tra i vari Paesi**, comporteranno probabilmente un aumento della disuguaglianza globale (Diffenbaugh and Burke, 2019).
- Ma la storia non finisce con le temperature. E le anomalie climatiche possono avere effetti diversi in settori e Paesi diversi, con ricadute in termini di **distribuzione interna del reddito**.
- Andiamo ad indagare l'impatto di temperature e precipitazioni sulla la distribuzione interna del reddito, ovvero la quota di reddito che va al 50% più povero, in aggiunta a PIL e PIL agricolo.

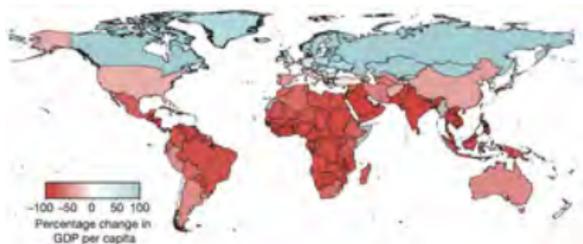
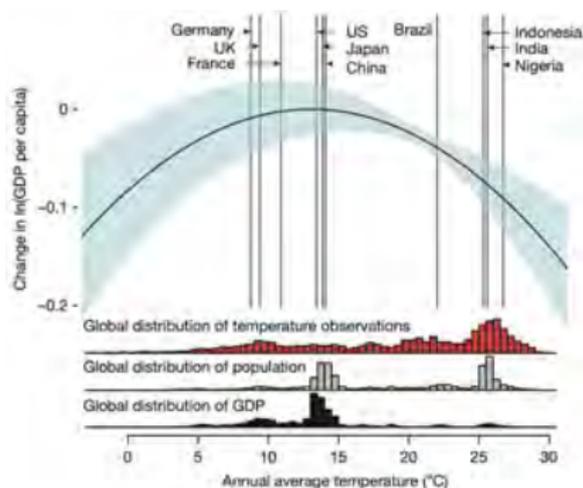
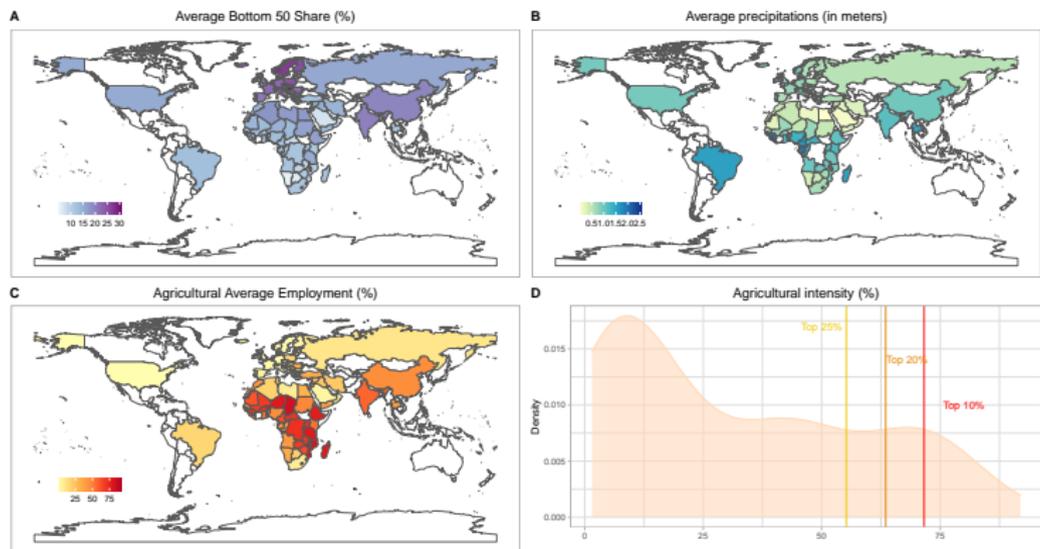


Figure 1: Fonte: Burke et al. (2015)

- Panel di 101 Paesi osservati nel periodo 1980-2010, dati annuali.
- Il nostro indicatore di disuguaglianza all'interno dei Paesi: **quote di reddito del 50% più povero**, dal World Inequality Database (Alvaredo et al., 2018)
- Precipitazioni totali annuali e temperature medie annuali, entrambe pesate per la popolazione, da Burke et al. (2015), assieme alla **crescita del PIL pro-capite** e alla **crescita del PIL agricolo pro-capite** (dalla World Bank).
- **Quote di occupazione** nel settore agricolo (dalla World Bank)
- **Proiezioni di temperature e precipitazioni future** da 16 modelli climatici presenti nel Coupled Model Intercomparison Project (CMIP5), sotto differenti scenari Representative Concentration Pathway (RCP).
- Proiezioni di variabili socio-economiche future sotto diversi scenari **Shared Socioeconomic Pathways (SSP)** (modello IIASA).

Sfruttiamo le differenze nell'intensità agricola dei vari Paesi.

Figure 2: Disuguaglianza di reddito, quote di occupazione agricola medie e precipitazioni totali annuali.



Distinguiamo tra Paesi ad **alta intensità agricola (top 20%)** e **bassa intensità agricola (bottom 80%)**, in termini di quota occupazionale. [▶ Appendix](#)

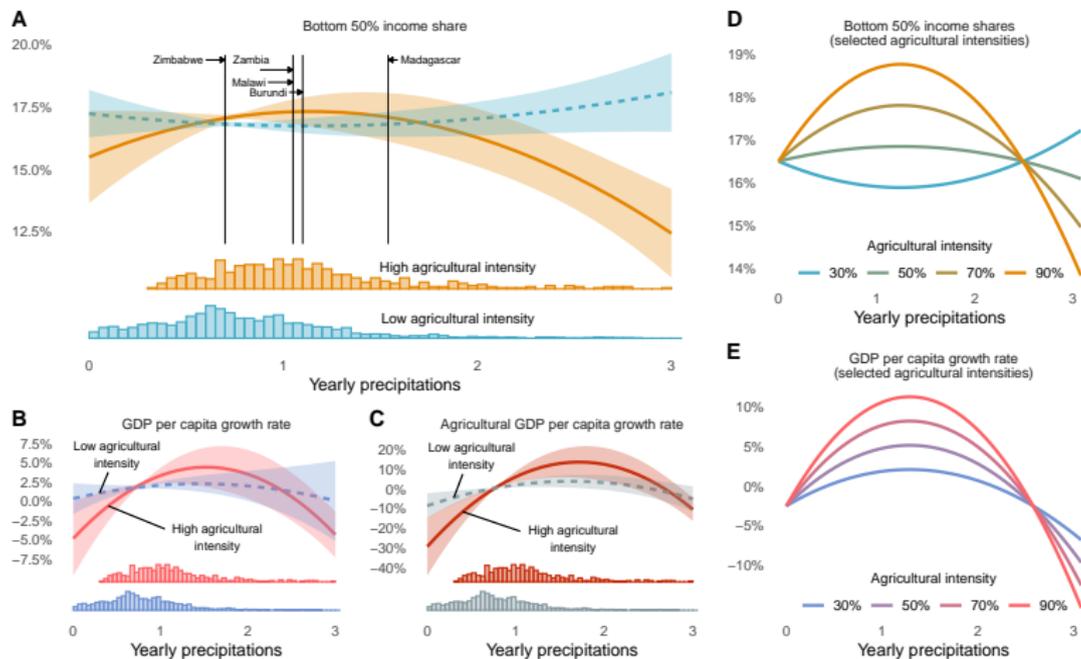
- Tre variabili dipendenti  $Y$ :
  - quota di reddito del 50% più povero
  - crescita PIL pro-capite
  - crescita PIL agricolo pro-capite
- Per ogni variabile dipendente, il nostro modello principale ha la seguente forma:

$$Y = f(C, AI). \quad (1)$$

- **C**: precipitazioni ( $P$  e  $P^2$ ), temperatura ( $T$  e  $T^2$ )
- **AI**: intensità agricola (interagita con variabili climatiche):
  - Modello dicotomico: Paesi ad **alta intensità agricola** (top 20%) vs **bassa intensità agricola** (bottom 80%), in termini di quota di occupazione.
  - Panel continuo per le quote di occupazione.
- Effetti fissi di Paese, che puliscono per tutte le caratteristiche socio-economiche e geografiche che non variano nel tempo.
- Effetti fissi di anno interagiti con dummy regionali: puliscono per shock macroeconomici regionali (Dell et al., 2012, con ulteriore suddivisione dei Paesi Sub-Saharaniani, a causa di alta eterogeneità). Altrimenti, trend temporale a livello di Paese per PIL e PIL agricolo.

# Una storia di impatti eterogenei

Figure 3: Impatti non-lineari delle precipitazioni sulla distribuzione del reddito interno. Fonte: Palagi et al. 2022, PNAS.



- Effetti più forti sul reddito agricolo → effetti più forti sulla distribuzione del reddito.
- I Paesi che si affidano di più all'agricoltura hanno speso limitata capacità di irrigazione (Wani et al., 2009), e gli individui più poveri spesso dipendono da un'agricoltura non irrigua (Hope Sr, 2009). [▶ Corr](#)
- Il PIL, d'altra parte, è fortemente influenzato anche dalle temperature. [▶ Tabella regressione](#)

Le relazioni stimate sono altamente robuste.

- È realmente l'agricoltura, non l'essere povero o l'essere un Paese Sub-Saharaniano. [▶ Appendix](#)
- Divisione per **quantili di intensità agricola** (Top 25, top 30, divisione in 3 quantili). [▶ Appendix](#)
- **Misure alternative** di precipitazioni e temperature (data da Pretis et al., 2018). [▶ Appendix](#)
- **Indicatori alternativi** di disuguaglianza di reddito: Top 10/Bottom 50 ratio, Top 10%, Gini. [▶ Appendix](#)
- **Correlazione tra gli errori** controllata testando tutte le tre variabili congiunte con regressione SUR.

[▶ Further robustness](#)

- Indaghiamo come i futuri movimenti di precipitazioni e temperature (predette dai **modelli climatici** in CMIP5) diano vita ad andamenti diversi su scala globale.
- Simuliamo le **quote di reddito del 50% più povero** partendo da valori medi storici, ed esplorando i futuri effetti dovuti a cambiamenti climatici

$$bs_{it} = bs_{it-1} + \psi_{it}^{AI} (P_{pit} - P_{pit-1}), \quad (\tilde{A}2)$$

dove

- $\psi_{it}^{AI}$  è la derivate prima del modello stimato rispetto alle precipitazioni.
- Proiettiamo il **PIL pro-capite** seguendo Burke et al. (2015), aggiungendo l'effetto di precipitazioni a quello delle temperature.

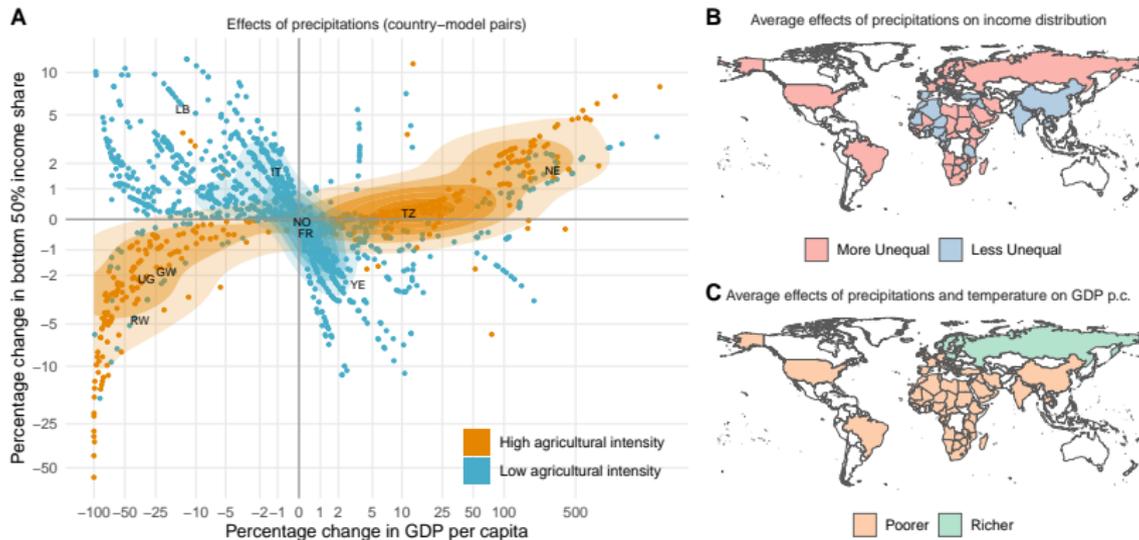
$$GDPpc_{it}^P = GDPpc_{it-1}(1 + \delta_{it} + \eta_{it}^{AI} + \tau_{it}), \quad (\tilde{B}2)$$

dove

- $\delta_{it}$  è il **tasso di crescita annuale del PIL** specifico del Paese (storico o ottenuto dalle SSPs)
- $\eta_{it}^{AI}$  è la differenza tra il polinomio fittato sui tassi di crescita informato con le **precipitazioni proiettate** e il polinomio fittato per i tassi di crescita informato con le precipitazioni storiche
- mentre  $\tau_{it}$  è dato da una differenza analoga tra i polinomi fittati informati con le **temperature proiettate**.
- Le quote di occupazione agricola  $AI_{it}$  seguono il **sentiero di sviluppo strutturale** dettato dal PIL.

# Proiezioni al 2080-2099 (Trend storici, RCP8.5)

Figure 4: Effetti proiettati sulla quota di reddito del 50% più povero e sul PIL pro-capite, calcolati al 2080-99. Fonte: Palagi et al. 2022, PNAS.

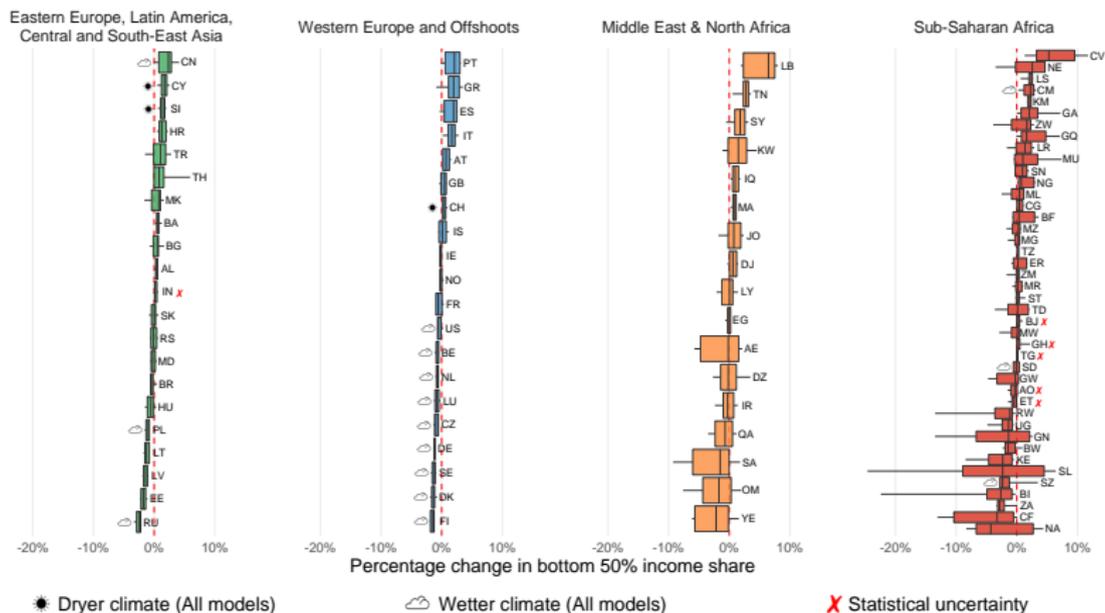


I risultati sono qualitativamente robusti tra i vari scenari SSP/RCP.

► Scenari alternativi

# Incertezza nelle proiezioni

Figure 5: Distribuzione degli effetti sulla quota di reddito del 50% più povero (calcolata al 2080-99) tra i vari modelli climatici, per Paese.  
Fonte: Palagi et al. 2022, PNAS.

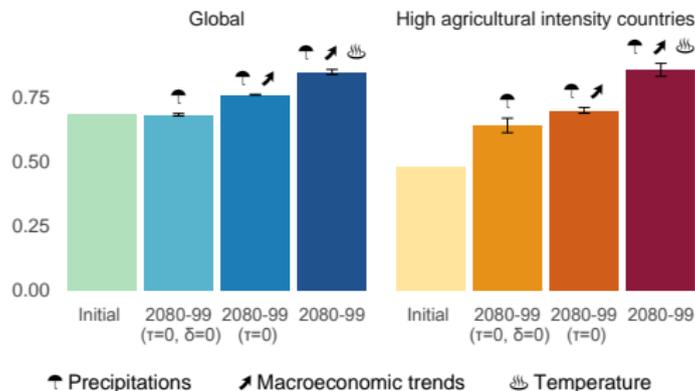


- Incertezza più alta nei Paesi con impatti più grandi, dovuta alla **bassa precisione** delle proiezioni delle precipitazioni.

# Effetti totali sulla disuguaglianza globale

- Moltiplicato le quote proiettate di reddito del 50% più povero per il PIL pro-capite proiettato, otteniamo il reddito pro-capite per le classi sopra e sotto la mediana. I **coefficienti di Gini** sono quindi calcolati per ogni modello climatico, e poi si ottiene una media.

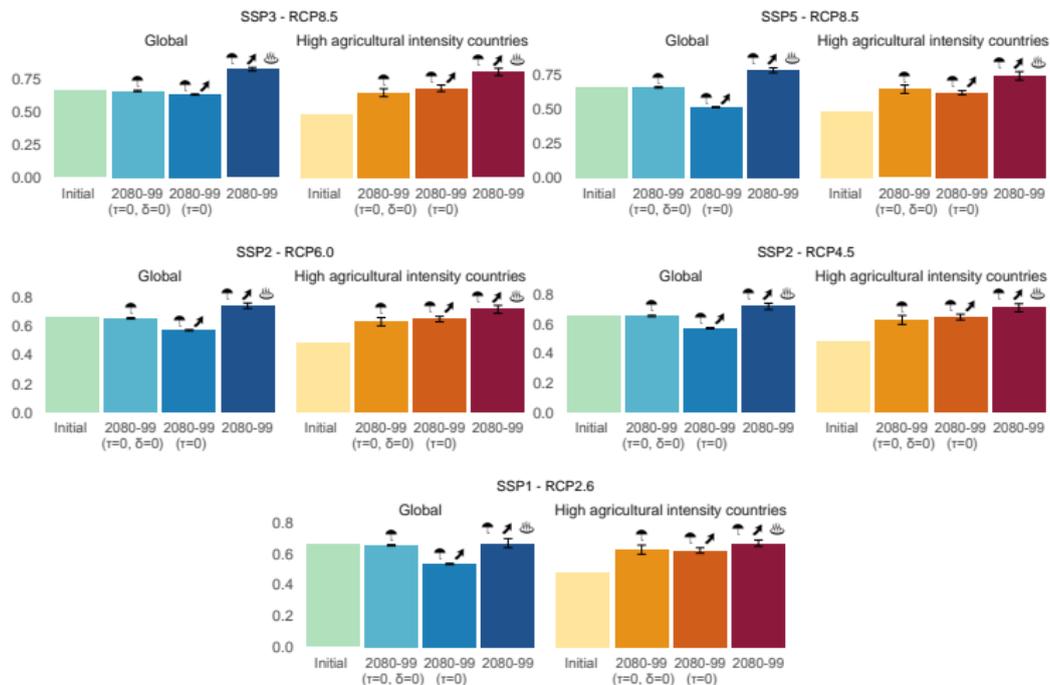
Figure 6: Evoluzione della disuguaglianza di reddito, coefficienti di Gini (calcolata al 2080-99). Fonte: Palagi et al. 2022, PNAS.



- La **disuguaglianza di reddito aumenta** globalmente sia a causa dei cambi di precipitazione (soprattutto all'interno dei Paesi) sia a causa dei cambi di temperatura (soprattutto tra i Paesi).
- La disuguaglianza tra i Paesi più agricoli aumenta drasticamente anche solo considerando le **precipitazioni**.

# Disuguaglianza globale: scenari alternativi

Figure 7: Evoluzione della disuguaglianza di reddito, coefficienti di Gini (calcolata al 2080-99) sotto scenari alternativi. Fonte: Palagi et al. 2022, PNAS.



↑ Precipitations

↗ Macroeconomic trends

☁ Temperature

- Mostriamo come livelli estremi di precipitazione peggiorano la **disuguaglianza di reddito** all'intero dei Paesi, dove la forza di tali effetti dipende **non-linearmente** dall'intensità agricola di un Paese.
- Le nostre **proiezioni** rivelano andamenti molto eterogenei a livello globale. La disuguaglianza peggiora nella maggior parte dei Paesi, eccetto l'Africa dell'Ovest e la regione Mediterranea. Il resto dell'Africa è l'area più colpita.
- Le anomalie climatiche rappresentano quindi una minaccia allo **sviluppo inclusivo** (Barrios et al., 2010). Politiche di sviluppo e misure tese alla riduzione della disuguaglianza potrebbero avere effetti positivi anche come strategie di mitigazione.
- Il raggiungimento di crescita e industrializzazione in quei Paesi che oggi sono molto agricoli comporterà una **consistente diminuzione della loro vulnerabilità** ai futuri cambiamenti di precipitazione.
- Ciò nonostante, uno sviluppo basato su combustibili fossili potrebbe **più che compensare** i vantaggi ottenuti tramite lo sviluppo strutturale, a causa di drastici cambiamenti nelle precipitazioni e, soprattutto, nelle temperature.
- Prossimi passi: considerare sia cambiamenti graduali nel clima che **eventi estremi**. Casi studio dedicati a singoli Paesi (Italia).

## **Appendix/Materiale Supplementare**

---

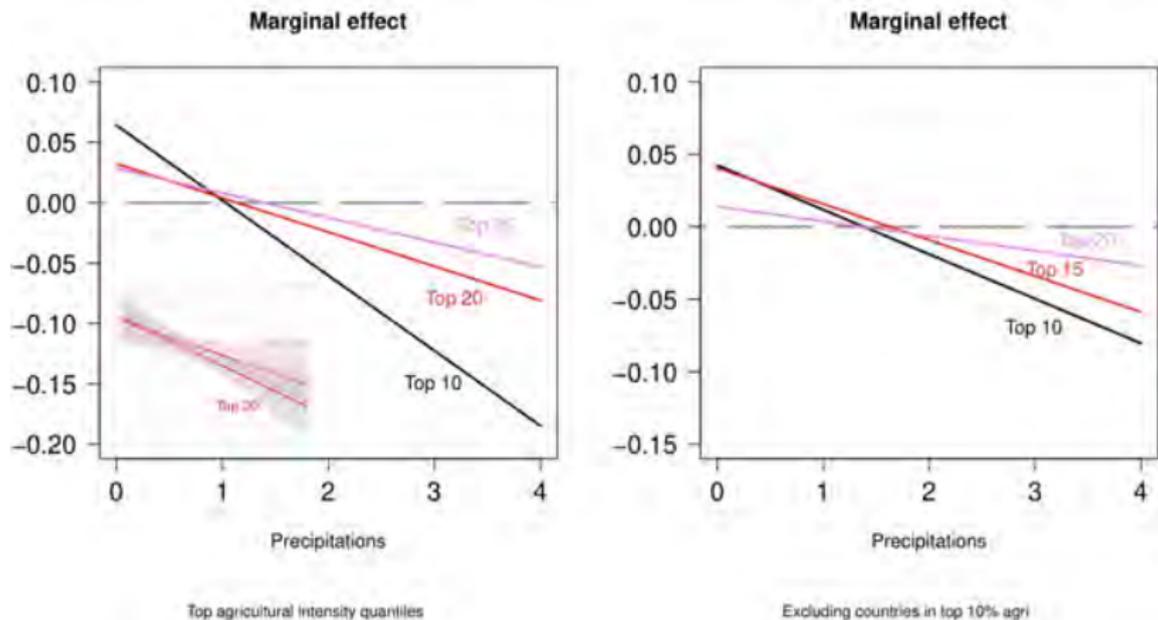
$$bs_{it} = \alpha + \sum_{j,\omega} (\beta_j^\omega + \gamma_j^\omega AI_{it}) C_{jit}^\omega + \mu_i + y_t * r_i + \epsilon_{it}. \quad (A2)$$

$$g_{it} = \alpha + \sum_{j,\omega} (\beta_j^\omega + \gamma_j^\omega AI_{it}) C_{jit}^\omega + \mu_i + y_t + tr_t * r_i + \epsilon_{it}, \quad (B1)$$

$$a_{it} = \alpha + \sum_{j,\omega} (\beta_j^\omega + \gamma_j^\omega AI_{it}) C_{jit}^\omega + \mu_i + y_t + tr_t * r_i + \epsilon_{it}. \quad (C1)$$

- $\mu_i$  sono gli effetti fissi di Paese, puliscono per tutte le caratteristiche socio-economiche e geografiche costanti nel tempo.
- Shock macroeconomici a livello regionale sono catturati dagli effetti fissi di anno ( $y_t$ ) moltiplicati per le dummy regionali ( $r_i$ ). Le regioni sono quelle usate in Dell et al. (2012), con un'ulteriore suddivisione dell'Africa Sub-Saharaniana, a causa dell'altra eterogeneità.

# Quantili alternativi



**Figure 8:** Check di robustezza: effetti marginali sulla quota del 50% più povero variando il quantile che identifica i gruppi di intensità agricola.

◀ Go Back

**Table 1:** Percentuale di osservazioni per cui il PIL pro-capite è maggiore del valore aggiunto per lavoratore agricolo. Correlazioni tra la quota di reddito del 50% più povero e PIL o PIL agricolo pro-capite

	Low agri intensity	High agri intensity
Pasi in cui PIL pro-capite è sempre > PIL Agri per lavoratore agri	90.6%	100%
Corr. quota 50% e Pil agricolo pc	0.06	0.11

▶ Back

Table 2: Impatti stimati delle precipitazioni sulla quota di reddito del 50% più povero

Modello	No intensità agricola <b>A0</b>	Alta vs Bassa intensità agricola <b>A1</b>	Continua intensità agricola <b>A2</b>
Precipitazioni	0.002 (0.009)	0.032* (0.019)	-0.033** (0.016)
Precipitazioni <sup>2</sup>	-0.002 (0.004)	-0.014** (0.005)	0.013** (0.007)
$AI^L \times$ Precipitazioni		-0.041** (0.020)	
$AI^L \times$ Precipitazioni <sup>2</sup>		0.018*** (0.006).	
$AI \times$ Precipitazioni			0.001** (i0.001)
$AI \times$ Precipitazioni <sup>2</sup>			-(i0.001)** (i0.001)
Effetti Temperatura	✓	✓	✓
Dimensione campione	2363	2363	1984
Fit quality (within $R^2$ )	0.4580	0.4767	0.2585

Standard error - clustered within countries e heteroscedasticity robust - tra parentesi. Polinomi delle temperature e relativi termini di interazione sono inclusi (Effetti Temperatura) ma non riportati, poichè non significativi. \*  $P < 0.10$ ; \*\*  $P < 0.05$ ; \*\*\*  $P < 0.01$  (2-tailed). Vedi Tabella S5.



Table S3. Per capita GDP growth

Model	No agricultural intensity	High vs low agricultural intensity	Low vs High agricultural intensity	Continuous agricultural intensity
	B0	B1	B1.2	B2
temp	0.00602 (0.60)	0.0117 (0.32)	0.0059 (0.76)	-0.0157* (1.71)
temp <sup>2</sup>	-0.000458* (-1.73)	-0.000625 (-0.71)	-0.000441 (-1.36)	-0.000739** (-2.24)
prec	0.0469*** (2.25)	0.122*** (2.62)	0.0267 (1.29)	-0.0251 (-0.62)
prec <sup>2</sup>	-0.0168** (-2.29)	-0.0401*** (-3.41)	-0.00924 (-1.21)	0.0139 (0.76)
Low Agr xtemp		-0.00619 (-0.16)		
Low Agr xtemp <sup>2</sup>		0.000184 (0.19)		
Low Agr xprec		-0.0952* (-1.85)		
Low Agr xprec <sup>2</sup>		0.0309** (2.07)		
High Agr xtemp			0.00610 (0.16)	
High Agr xtemp <sup>2</sup>			-0.00184 (-0.18)	
High Agr xprec			0.0952* (1.85)	
High Agr xprec <sup>2</sup>			-0.0309** (-2.07)	
agtemp				0.00368 (0.80)
Agr Int xtemp				-0.000516 (-1.24)
Agr Int xtemp <sup>2</sup>				0.0000125 (1.32)
Agr Int xprec				0.00236** (2.48)
Agr Int xprec <sup>2</sup>				-0.000916** (-2.00)
_cons	0.103 (1.33)	0.100 (1.08)	0.100 (1.06)	0.0517 (0.53)
N	2297	2297	2297	1904

t statistics in parentheses  
\* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Table S4. Per capita Agricultural GDP growth

Model	No agricultural intensity	High vs low agricultural intensity	Low vs High agricultural intensity	Continuous agricultural intensity
	C0	C1	C1.2	C2
temp	0.012*** (3.05)	0.066** (2.33)	0.012*** (3.10)	0.064** (2.51)
temp <sup>2</sup>	-0.0119*** (3.41)	-0.0229** (2.32)	-0.0125*** (3.42)	-0.0162*** (3.09)
prec	0.227*** (3.78)	0.502*** (3.50)	0.154** (2.46)	-0.00273 (0.50)
prec <sup>2</sup>	-0.0704*** (4.04)	-0.147*** (4.00)	-0.0474** (2.62)	0.0146 (0.32)
Low Agr xtemp		-0.0656 (1.55)		
Low Agr xtemp <sup>2</sup>		0.00114 (1.09)		
Low Agr xprec		-0.349** (2.23)		
Low Agr xprec <sup>2</sup>		0.0893** (2.39)		
High Agr xtemp			0.0656 (1.55)	
High Agr xtemp <sup>2</sup>			-0.00114 (1.09)	
High Agr xprec			0.349** (2.23)	
High Agr xprec <sup>2</sup>			-0.0893** (2.39)	
agriemp				0.00269 (0.47)
Agr int xtemp				-0.00705 (1.07)
Agr int xtemp <sup>2</sup>				0.0000189 (1.14)
Agr int xprec				0.00630** (2.54)
Agr int xprec <sup>2</sup>				-0.00209** (2.31)
_cons	-0.147 (1.11)	-0.101 (0.86)	-0.101 (0.86)	-0.117 (0.75)
N	1822	1822	1822	1801

t statistics in parentheses  
\* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Table 3: Risultati con indicatori di disuguaglianza alternativi

Table S9. Alternative inequality dimensions

	Dependent variable:		
	Top 10% /Bottom 50%	Top 10%	Market income Gini
Temp	-2.127 (-1.637)	-0.066 (-1.419)	-0.385 (-0.332)
Temp <sup>2</sup>	0.022 (0.752)	0.001 (0.724)	-0.003 (-0.108)
Prec	-1.747 (-1.163)	-0.040 (-0.875)	0.0449 (0.60)
Prec <sup>2</sup>	0.779 <sup>*</sup> (1.942)	0.018 (1.337)	-0.015 (-0.087)
$AI^L \times Temp$	1.989 (1.515)	0.062 (1.331)	0.628 (0.527)
$AI^L \times Temp^2$	-0.018 (-0.617)	-0.001 (-0.681)	-0.012 (-0.459)
$AI^L \times Prec$	2.155 (1.414)	0.045 (0.915)	0.694 (0.785)
$AI^L \times Prec^2$	-1.050 <sup>**</sup> (-2.358)	-0.026 <sup>*</sup> (-1.659)	-0.384 <sup>**</sup> (-1.774)

Note<sup>\*</sup> \*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01  
t statistics in parentheses

- Stima con **SUR**, considera la correlazione tra i termini di errore nelle tre variabili principali. [▶ Appendix](#)
- Variazioni della **specificità** per la regressione sull'indicatore di disuguaglianza, dei trend temporali regionali, dell'arco temporale. [▶ Appendix](#)
- Inclusione di **trend temporali flessibili** per ogni Paese (in linea con BHM) nella regressione per PIL pro-capite. [▶ Appendix](#)

[◀ Go Back](#)

Table S7. Bottom 50% shares, controlling for region-specific time trends instead of region-specific time dummies.

Model	High vs low agricultural intensity B1
Time	0.011 (1.090)
Time <sup>2</sup>	-0.001 (-0.226)
Time <sup>3</sup>	0.001 <sup>*</sup> (3.844)
Time <sup>4</sup>	-0.013 <sup>***</sup> (-2.666)
LEA <sup>2</sup>	0.001 (0.176)
LEA	-0.002 (-0.272)
LEWA	0.001 (1.480)
LECA	-0.001 <sup>**</sup> (-0.900)
LEAC	0.001 (1.607)
LEMA	0.002 (0.287)
LEBA	-0.001 <sup>***</sup> (-2.700)
LEWBY	-0.001 (-0.320)
Time <sup>2</sup> × Time <sup>3</sup>	-0.014 (-0.700)
Time <sup>3</sup> × Time <sup>4</sup>	-0.001 (-0.457)
Time <sup>4</sup> × Time <sup>5</sup>	-0.001 <sup>*</sup> (-2.211)
Time <sup>5</sup> × Time <sup>6</sup>	0.007 <sup>***</sup> (2.700)

Note: <sup>\*</sup>p < 0.1; <sup>\*\*</sup>p < 0.05; <sup>\*\*\*</sup>p < 0.01.  
t-statistics in parentheses.

Table S6. Econometric results with SUR estimation.

	pc GDP growth			pc AGR GDP growth			Bottom 50 income shares		
	No agri intensity	High vs low agri intensity	Continuous agri intensity	No agri intensity	High vs low agri intensity	Continuous agri intensity	No agri intensity	High vs low agri intensity	Continuous agri intensity
Temp	0.00602	0.0117	0.0157*	0.0312***	0.0968**	0.0404**	0.00297	0.0263	0.000610
Temp <sup>2</sup>	-0.000468*	-0.000625	-0.000759**	-0.00119***	-0.00239**	-0.00162***	0.0000240	-0.000227	0.000000
Prec	0.0469**	0.122**	-0.0251	0.227***	0.503***	-0.00273	0.00195	0.0322*	-0.0331**
Prec <sup>2</sup>	-0.0168**	-0.0401***	0.0159	-0.0704***	-0.147***	0.0146	-0.00216	-0.0141**	0.0133**
$AI^L \times Prec$		-0.0952*			-0.349**			-0.0409**	
$AI^L \times Prec^2$		0.0309**			0.0993**			0.0180***	
$AI^H \times Prec$			0.00236**			0.00630**			0.000774**
$AI^H \times Prec^2$			-0.000916**			-0.00209**			-0.000311**
<i>N</i>	2297	2297	2297	1822	1822	1822	2363	2363	2363
<i>R</i> <sup>2</sup> within	0.1178	0.1190	0.1322	0.0561	0.0617	0.0656	0.4580	0.4767	0.2585

◀ Go Back

**Table 4:** I risultati sono robusti con precipitazioni medie, e una più alta precipitazione minima ha effetti positivi sulla disuguaglianza.

Table S3. Effects of climate variables - Pretis et al. (2018) data - on bottom 50% shares

	High vs low agricultural intensity	High vs low agricultural intensity with min, max and var	High vs low agricultural intensity with min and max
Mean Temp	0.023	0.029**	0.027**
Mean Temp <sup>2</sup>	(-1.467)	(-2.011)	(-1.889)
Mean Prec	-0.0002	-0.0002	-0.0002
Mean Prec <sup>2</sup>	(-0.047)	(-0.070)	(-0.040)
Max Prec	0.043*	0.040*	0.039
Max Prec <sup>2</sup>	(-1.888)	(-1.877)	(-1.288)
Min Prec	0.020***	0.020***	0.020**
Min Prec <sup>2</sup>	(-2.304)	(-2.786)	(-2.142)
Var Temp		-0.0004	
Var Prec		(-0.268)	
Var Prec <sup>2</sup>		0.0001**	
Min Temp		(2.119)	
Min Temp <sup>2</sup>		-0.004*	-0.004**
Max Temp		(-1.713)	(-2.126)
Max Temp <sup>2</sup>		0.003**	0.000*
Min Prec		(2.134)	(1.813)
Max Temp		0.0000	-0.0001
Max Prec		(0.073)	(-0.024)
Min Prec		-0.002**	-0.002
$\Delta R^2 \rightarrow$ Mean Temp	-0.018	-0.028*	-0.026**
$\Delta R^2 \rightarrow$ Mean Temp <sup>2</sup>	(-1.237)	(-1.908)	(-1.748)
$\Delta R^2 \rightarrow$ Mean Prec	0.0001	0.0002	0.0002
$\Delta R^2 \rightarrow$ Mean Prec <sup>2</sup>	(-0.005)	(-0.022)	(-0.008)
$\Delta R^2 \rightarrow$ Max Prec	-0.048**	-0.046*	0.004
$\Delta R^2 \rightarrow$ Max Prec <sup>2</sup>	(-0.080)	(-1.018)	(-1.207)
$\Delta R^2 \rightarrow$ Min Prec	0.023***	0.023***	0.023**
$\Delta R^2 \rightarrow$ Min Prec <sup>2</sup>	(-2.307)	(-2.444)	(-2.410)
$\Delta R^2 \rightarrow$ Var Temp		0.0004	
$\Delta R^2 \rightarrow$ Var Prec		-0.0001	
$\Delta R^2 \rightarrow$ Min Temp		(1.475)	
$\Delta R^2 \rightarrow$ Max Temp		0.0001	0.004**
$\Delta R^2 \rightarrow$ Min Prec		(1.891)	(2.428)
$\Delta R^2 \rightarrow$ Max Prec		-0.048***	-0.045**
$\Delta R^2 \rightarrow$ Max Temp		(-2.401)	(-2.107)
$\Delta R^2 \rightarrow$ Min Temp		0.001	0.001
$\Delta R^2 \rightarrow$ Max Prec		0.079	(0.022)
$\Delta R^2 \rightarrow$ Min Prec		0.008*	0.001
		(1.010)	(0.158)

Note: \*p < 0.1; \*\*p < 0.05; \*\*\*p < 0.01  
† statistical significance

# È davvero l'agricoltura?

Table 5: Controlliamo per classi di reddito e per l'appartenenza ai Paesi Sub-Saharaniani.

Table 5.10. Low income countries or Sub-Saharan countries as baseline. Agriculture is what really matters.

	Dependent variable: before 50%	
	Income classes	SSAF
Temp	0.022 (0.730)	0.041*** (3.073)
Temp <sup>2</sup>	-0.0001 (-0.432)	-0.0001** (-2.338)
Prec	0.004 (0.248)	0.016 (1.477)
Prec <sup>2</sup>	-0.000* (-1.663)	-0.000* (-1.983)
Temp * Dummy_low_income_low	-0.018 (-0.827)	
Temp <sup>2</sup> * Dummy_low_income_low	0.0002 (0.080)	
Prec * Dummy_low_income_low	-0.011 (-0.233)	
Prec <sup>2</sup> * Dummy_low_income_low	0.001** (1.280)	
Temp * Dummy_not_SSAF		-0.007*** (-2.754)
Temp <sup>2</sup> * Dummy_not_SSAF		0.001*** (2.808)
Prec * Dummy_not_SSAF		-0.001 (-1.043)
Prec <sup>2</sup> * Dummy_not_SSAF		0.012 (1.440)

Note: \*p<0.1; \*\*p<0.05; \*\*\*p<0.01  
(t statistics in parentheses)

# Trend temporali flessibili per PIL pro capite (come BHM)

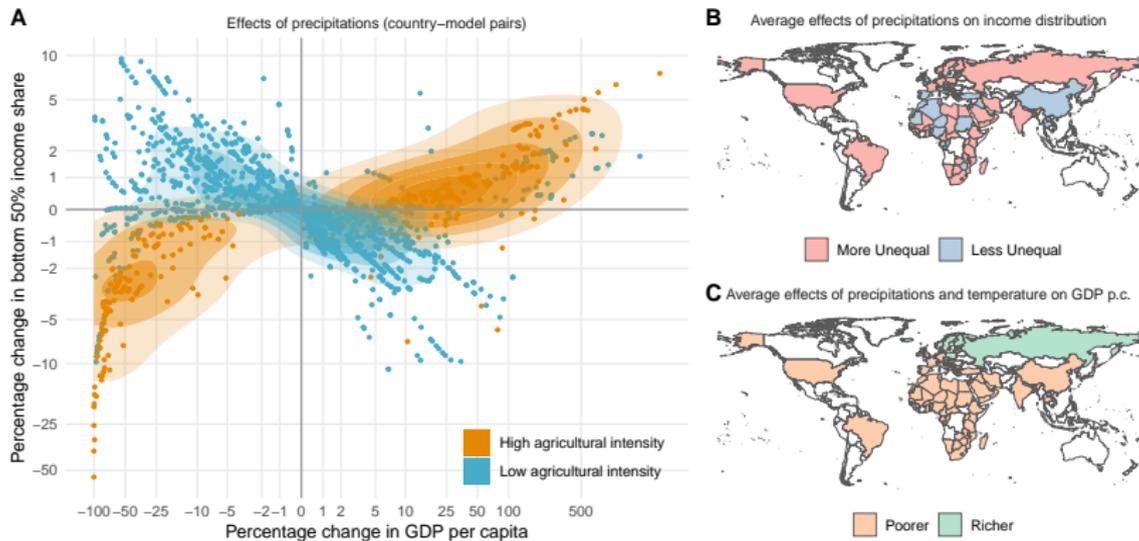
Table B11. Pp GDP growth - flexible country specific nonlinear trends

Model	No agricultural intensity	High vs low agricultural intensity	Low vs High agricultural intensity	Continuous agricultural intensity
	B0	B1	B1.2	B2
temp	0.10173 (0.03)	-0.2337 (-0.92)	0.05247 (0.05)	-0.0137 (-1.17)
temp <sup>2</sup>	-0.000295 (-1.10)	0.000835 (0.88)	-0.0009033 (-0.47)	-0.0000663 (-0.25)
prec	0.0374*** (2.90)	0.143*** (3.89)	0.0460* (1.93)	-0.0187 (-0.45)
prec <sup>2</sup>	-0.0201*** (-2.99)	-0.0460*** (-3.48)	-0.0158 (-1.64)	-0.0193 (-0.84)
Low Agr × temp		-0.0391 (0.88)		
Low Agr × temp <sup>2</sup>		0.000203 (0.58)		
Low Agr × prec		0.114** (1.90)		
Low Agr × prec <sup>2</sup>		-0.0329** (-1.42)		
High Agr × temp			-0.0391 (-0.88)	
High Agr × temp <sup>2</sup>			0.000303 (0.58)	
High Agr × prec			0.114** (2.10)	
High Agr × prec <sup>2</sup>			-0.0329** (-1.42)	
agtemp				0.0121 (1.48)
Ag Int × temp				0.0318* (1.48)
Ag Int × temp <sup>2</sup>				0.0000020 (-1.42)
Ag Int × prec				0.0210*** (2.09)
Ag Int × prec <sup>2</sup>				-0.00002*** (-2.07)
_cons	0.0000 (1.00)	-0.0000 (0.78)	-0.0000 (0.78)	0.183 (1.12)
S	2297	2297	2297	1954

† indicates 10 percentiles

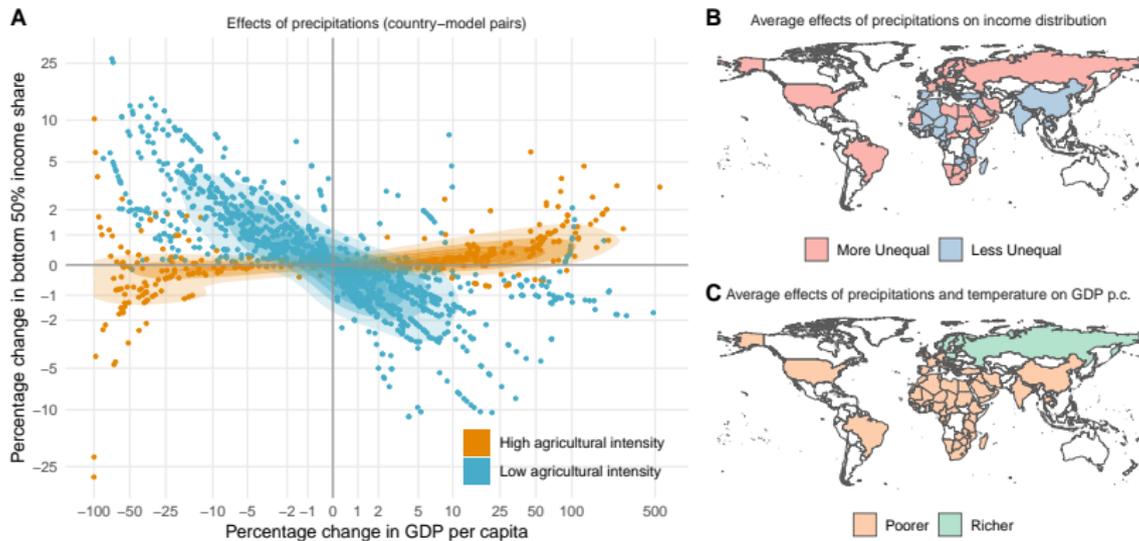
\* p < 0.10, \*\* p < 0.05, \*\*\* p < 0.01

Figure 9: Effetti proiettati sulla quota di reddito del 50% più povero e sul PIL pro-capite, calcolati al 2080-99.



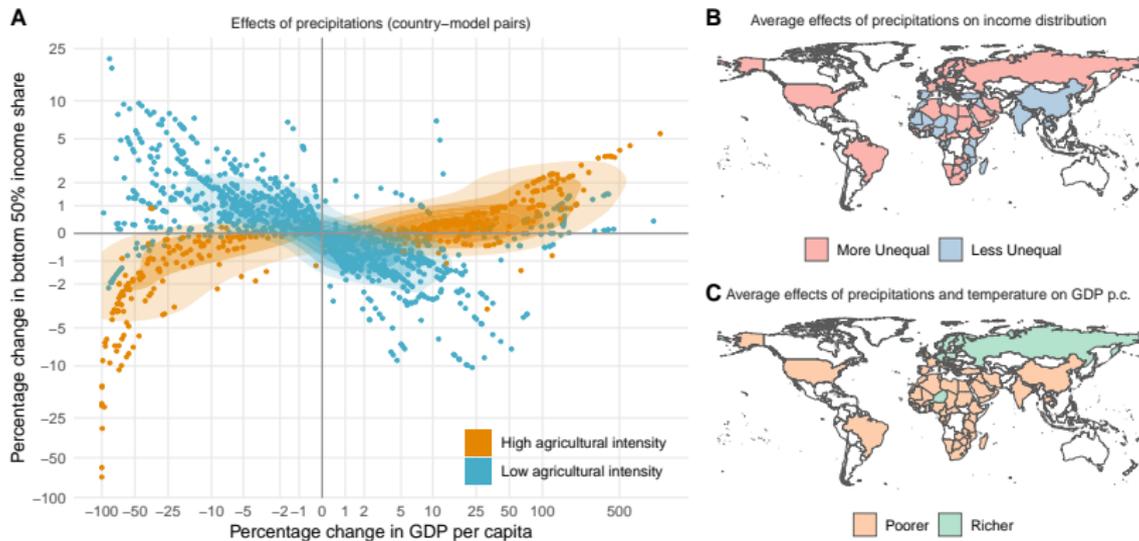
▶ Back

Figure 10: Effetti proiettati sulla quota di reddito del 50% più povero e sul PIL pro-capite, calcolati al 2080-99.



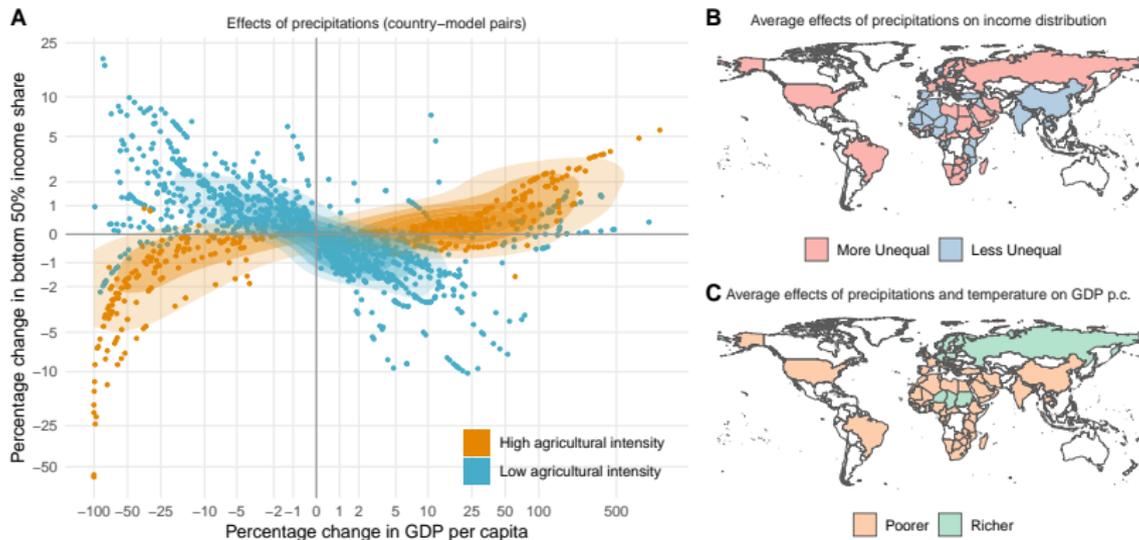
▶ Back

Figure 11: Effetti proiettati sulla quota di reddito del 50% più povero e sul PIL pro-capite, calcolati al 2080-99.



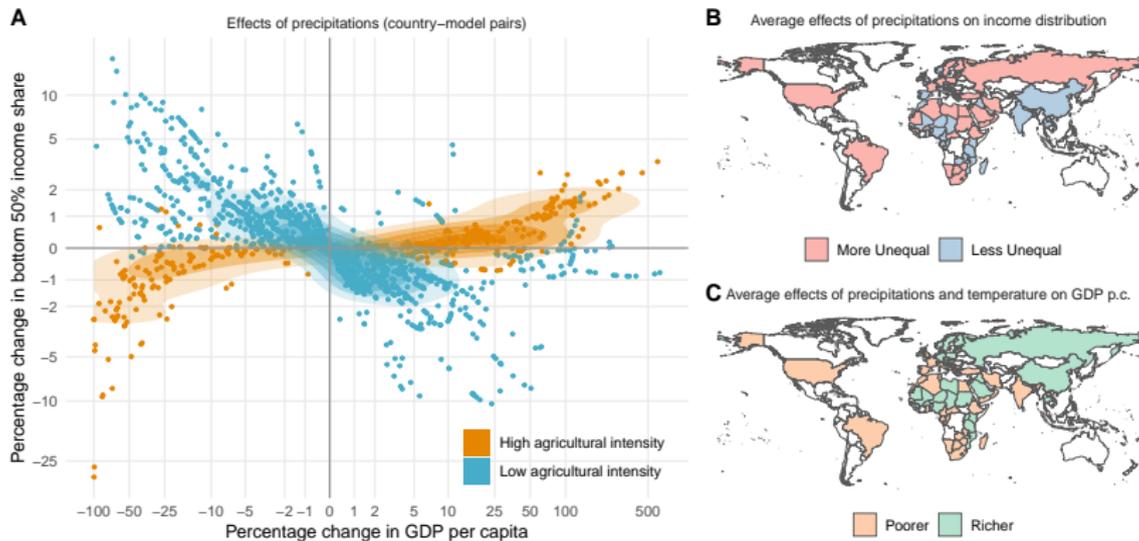
▶ Back

Figure 12: Effetti proiettati sulla quota di reddito del 50% più povero e sul PIL pro-capite, calcolati al 2080-99.



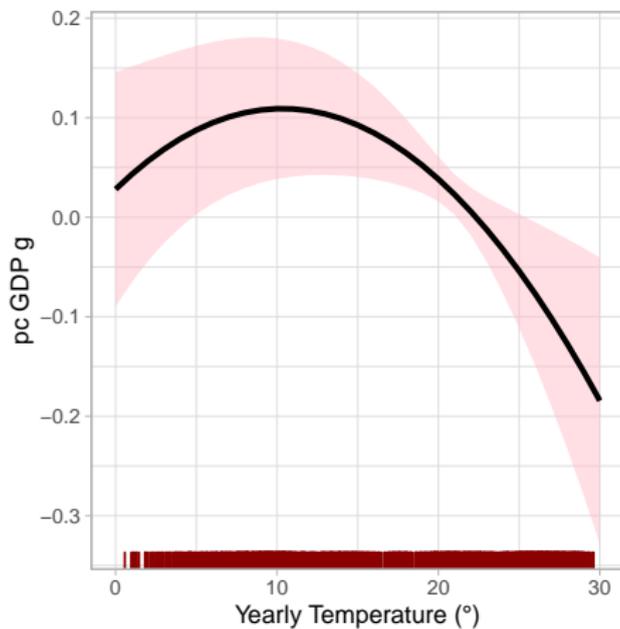
▶ Back

Figure 13: Effetti proiettati sulla quota di reddito del 50% più povero e sul PIL pro-capite, calcolati al 2080-99.



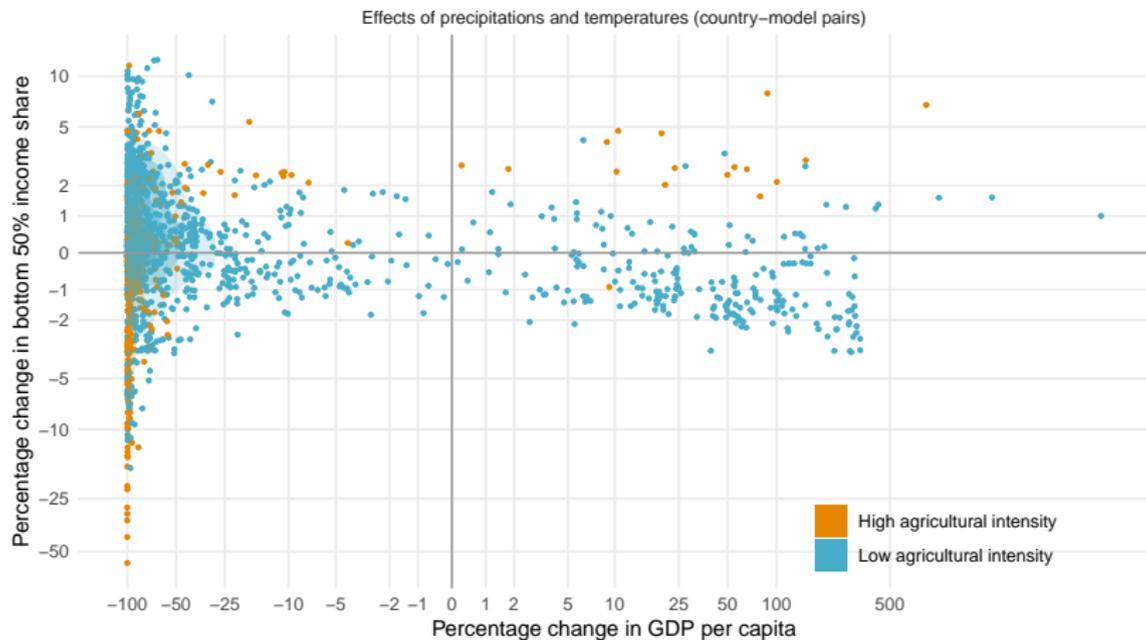
▶ Back

# Effetti di temperatura



◀ Go Back

# Inclusione degli effetti di temperatura nelle proiezioni



## References

---

- Alston, J. M. and P. G. Pardey (2014). Agriculture in the global economy. *Journal of Economic Perspectives* 28(1), 121–46.
- Alvaredo, F., L. Chancel, T. Piketty, E. Saez, and G. Zucman (2018). *World Inequality Report 2018*. Cambridge, MA: Harvard Univ. Press. Data downloaded in January 2020.
- Barrios, S., L. Bertinelli, and E. Strobl (2010). Trends in rainfall and economic growth in Africa: A neglected cause of the African growth tragedy. *The Review of Economics and Statistics* 92(2), 350–366.
- Burke, M. and K. Emerick (2016). Adaptation to climate change: Evidence from us agriculture. *American Economic Journal: Economic Policy* 8(3), 106–40.
- Burke, M., S. M. Hsiang, and E. Miguel (2015). Global non-linear effect of temperature on economic production. *Nature* 527(7577), 235–239.
- Dell, M., B. F. Jones, and B. A. Olken (2012). Temperature shocks and economic growth: Evidence from the last half century. *American Economic Journal: Macroeconomics* 4(3), 66–95.
- Diffenbaugh, N. S. and M. Burke (2019). Global warming has increased global economic inequality. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(20), 9808–9813.
- Hallegatte, S. and J. Rozenberg (2017). Climate change through a poverty lens. *Nature Climate Change* 7(4), 250–256.

- Hope Sr, K. R. (2009). Climate change and poverty in Africa. *International Journal of Sustainable Development & World Ecology* 16(6), 451–461.
- Hsiang, S., R. Kopp, A. Jina, J. Rising, M. Delgado, S. Mohan, D. Rasmussen, R. Muir-Wood, P. Wilson, M. Oppenheimer, et al. (2017). Estimating economic damage from climate change in the United States. *Science* 356(6345), 1362–1369.
- Jaumotte, F. and C. Osorio Buitron (2020). Inequality: traditional drivers and the role of union power. *Oxford Economic Papers* 72(1), 25–58.
- Keerthiratne, S. and R. S. Tol (2018). Impact of natural disasters on income inequality in Sri Lanka. *World Development* 105, 217–230.
- Kotz, M., L. Wenz, A. Stechemesser, M. Kalkuhl, and A. Levermann (2021). Day-to-day temperature variability reduces economic growth. *Nature Climate Change*, 1–7.
- Lausier, A. M. and S. Jain (2018). Overlooked trends in observed global annual precipitation reveal underestimated risks. *Scientific reports* 8(1), 1–7.
- Pretis, F., M. Schwarz, K. Tang, K. Haustein, and M. R. Allen (2018). Uncertain impacts on economic growth when stabilizing global temperatures at 1.5 c or 2 c warming. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 376(2119), 20160460.
- Roine, J., J. Vlachos, and D. Waldenström (2009). The long-run determinants of inequality: What can we learn from top income data? *Journal of Public Economics* 93(7-8), 974–988.

- Schlenker, W. and M. J. Roberts (2009). Nonlinear temperature effects indicate severe damages to US crop yields under climate change. *Proceedings of the National Academy of sciences* 106(37), 15594–15598.
- Wani, S. P., J. Rockström, T. Y. Oweis, et al. (2009). *Rainfed agriculture: unlocking the potential*, Volume 7. CABI.
- Woiillez, M.-N., G. Giraud, and A. Godin (2020). Economic impacts of a glacial period: a thought experiment to assess the disconnect between econometrics and climate sciences. *Earth System Dynamics* 11(4), 1073–1087.
- Zaveri, E., J. Russ, and R. Damania (2020). Rainfall anomalies are a significant driver of cropland expansion. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 117(19), 10225–10233.