



**Foro Latinoamericano-
Caribeño de Cacao**

Desafíos y pautas para una cacaocultura moderna y sostenible en la región

Desempeño de procedencias de cacao nativo peruano frente a extremos climáticos: Resultados de ensayos en cámara climática

Evert Thomas, Diego P. Zavaleta, Dayane Duran, Alonso Leon, Javier Rinza, David A. Ramirez,

e.thomas@cgiar.org

30 septiembre 2023 Turrialba

Supported by the



Introducción

- Incremento de la temperatura media global en 0,85 °C durante el período 1880-2012 y se prevé que siga aumentando entre 1,4 y 3,1 °C hacia finales de este siglo (Stocker et al., 2013).
- Aumento de las temperaturas en combinación con los cambios en los patrones de precipitación y la mayor frecuencia de sequías e inundaciones extremas (Cai et al., 2014; Stocker et al., 2013).
- Desplazamiento de zonas adecuadas para la siembra, dependiendo en parte de la magnitud del cambio climático, de las características del paisaje, así como de la heterogeneidad topográfica (Aydinalp y Cresser 2008, Jarvis et al. 2008, Agovino et al. 2018).
- Impactos severos en los sistemas agrícolas en los trópicos (Parry et al., 2004; Porter et al., 2014) y sistemas de pequeños agricultores tienen menor resiliencia debido a sus limitados recursos disponibles (Morton, 2007)



Efectos del cambio climático



Cacao altamente **susceptible** a los patrones climáticos extremos (Medina y Laliberte 2017), como el **déficit hídrico** (Anim-Kwapong y Frimpong 2006, Bae et al. 2008, Garcia Lozano y Moreno Fonseca 2015, de Almeida et al. 2016) y el **exceso de agua** (aniego) (de Almeida et al. 2016).

Las condiciones vulnerables de la planta de cacao a fenómenos extremos de sequía se presentan en las **etapas iniciales** de establecimiento y afectan negativamente el crecimiento (Garcia & Moreno 2015)



Sembríos de cacao afectados por fuerte sequía. Fuente: RPP (2016)

Impactos del cambio climático en el cacao peruano

Received: 29 December 2020 | Revised: 31 March 2021 | Accepted: 6 April 2021
DOI: 10.1111/ddi.13294

RESEARCH ARTICLE

Diversity and Distributions WILEY

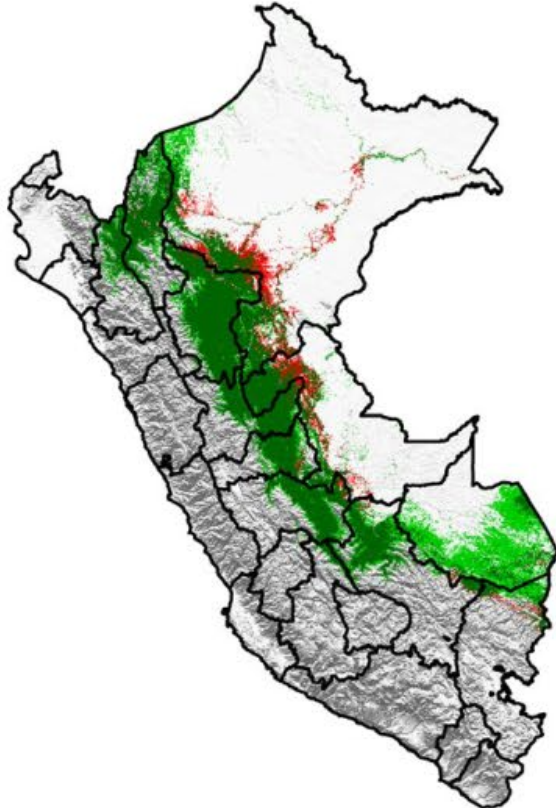
Climate change impact on cultivated and wild cacao in Peru and the search of climate change-tolerant genotypes

Viviana Ceccarelli¹ | Tobias Fremout^{1,2} | Diego Zavaleta¹ | Sphyros Lastra¹ | Sixto Imán Correa³ | Enrique Arévalo-Gardini^{4,5} | Carlos Armando Rodríguez⁶ | Wilbert Cruz Hilacondo³ | Evert Thomas¹

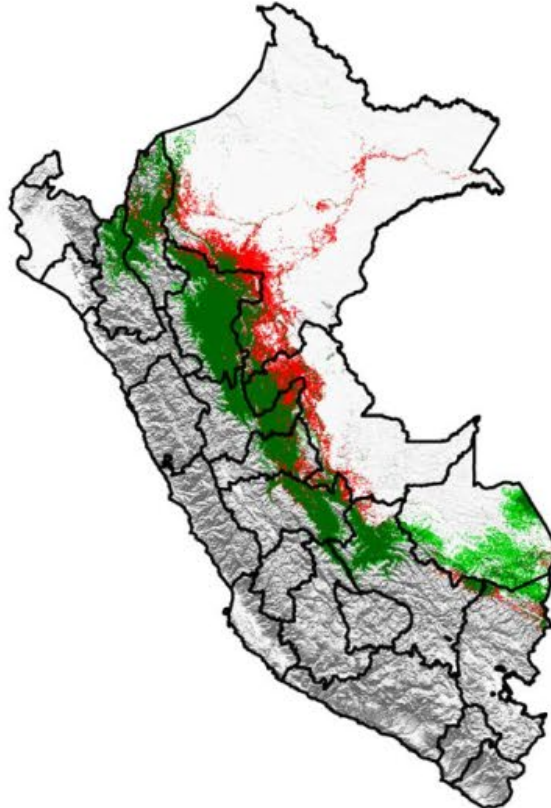


(a) Cultivated cacao

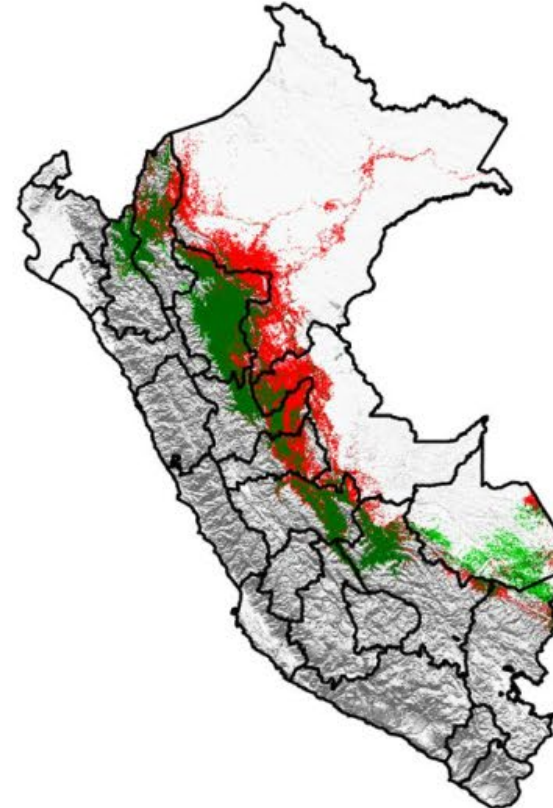
Change of future suitability
respect to present for at
least 50% GCMs



Change of future suitability
respect to present for at
least 75% GCMs



Change of future suitability
respect to present for at
least 90% GCMs



0 150 300 km

expected to become suitable
expected to remain suitable
expected to become unsuitable

Impactos del cambio climático en el cacao peruano

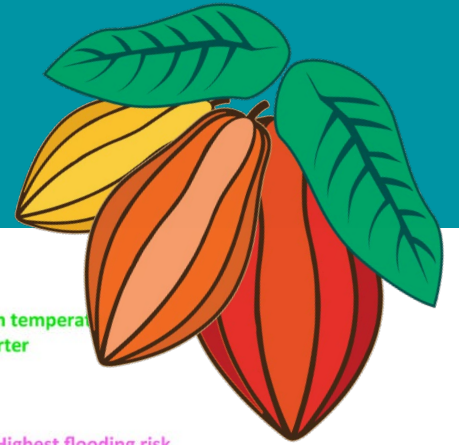
Received: 29 December 2020 | Revised: 31 March 2021 | Accepted: 6 April 2021
DOI: 10.1111/ddi.13294

RESEARCH ARTICLE

Diversity and Distributions WILEY

Climate change impact on cultivated and wild cacao in Peru and the search of climate change-tolerant genotypes

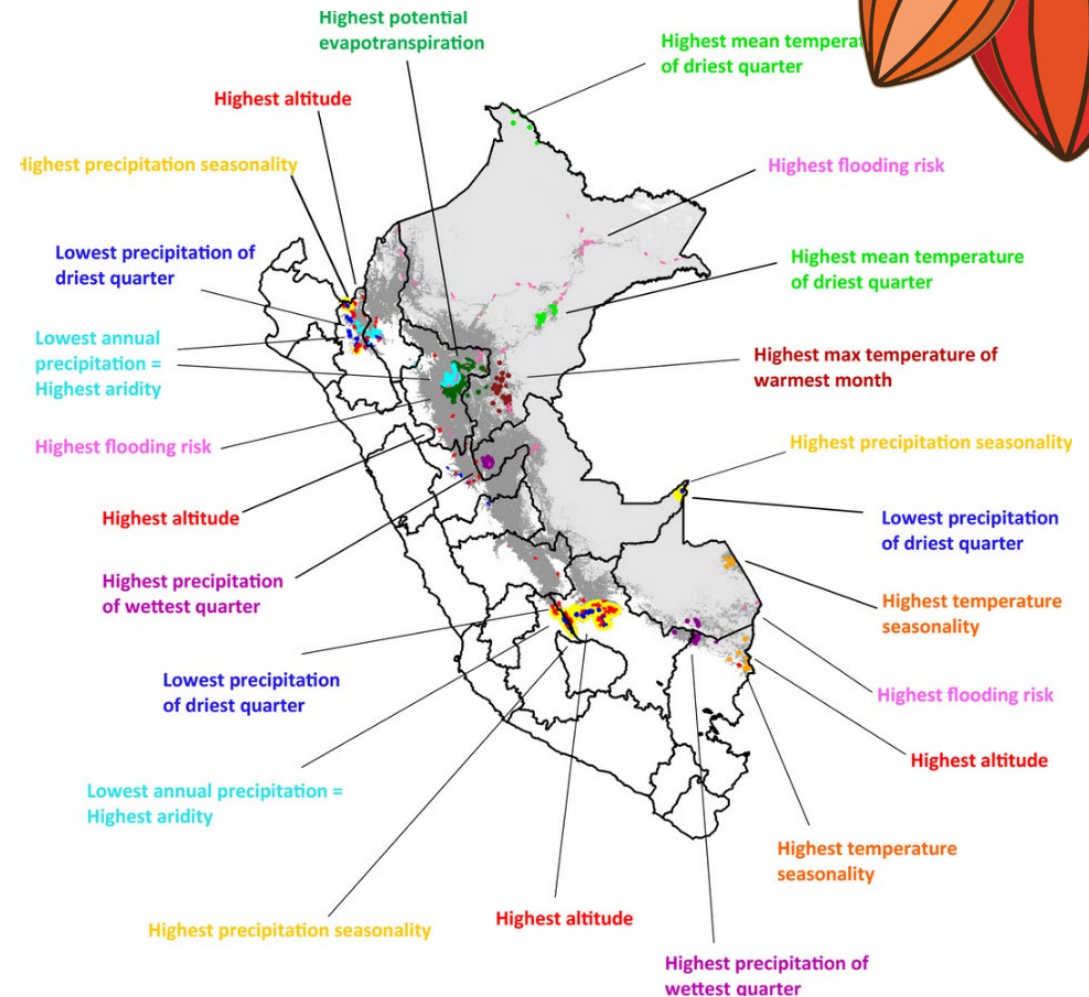
Viviana Ceccarelli¹ | Tobias Fremout^{1,2} | Diego Zavaleta¹ | Sphyros Lastra¹ | Sixto Imán Correa³ | Enrique Arévalo-Gardini^{4,5} | Carlos Armando Rodríguez⁶ | Wilbert Cruz Hilacondo³ | Evert Thomas¹



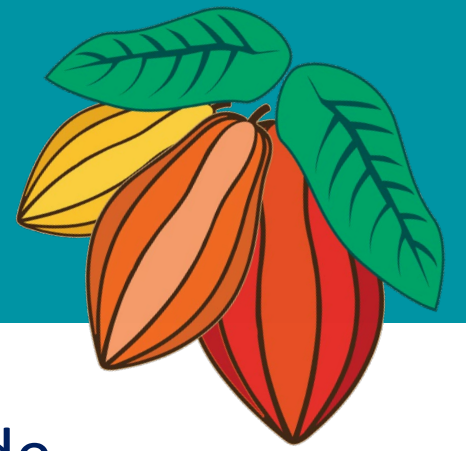
Genotipos tolerantes pueden facilitar la adaptación del cultivo

Identificación de áreas donde los genotipos de cacao tolerantes al cambio climático estén potencialmente presentes (Ceccarelli et al. 2021)

La resistencia de estos genotipos a condiciones extremas de crecimiento debe verificarse en experimentos de invernadero y cámara climática.



OBJETIVOS



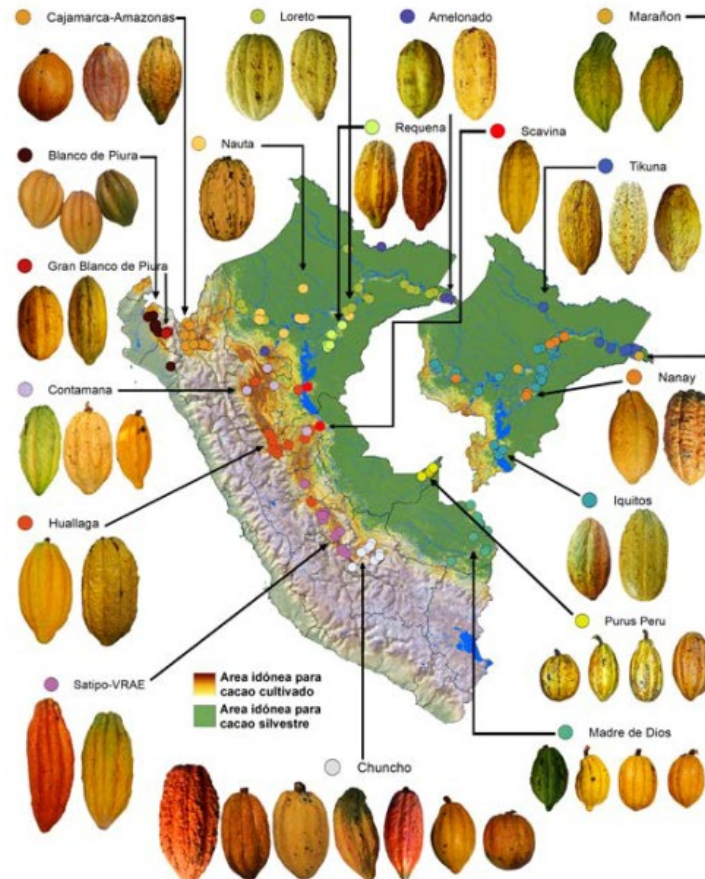
1. Determinar el desempeño de diferentes procedencias de cacao, bajo condiciones controladas de eventos climáticos extremos
2. Comparar el comportamiento de estas procedencias frente al patrón universal IMC 67

Hypothesis: las condiciones de crecimiento presentes en el origen de una determinada procedencia de cacao son indicativos para su resistencia a extremos en condiciones de crecimiento

PROCEDENCIAS EN ESTUDIO



Catálogo de Cacaos de Perú



Evert Thomas,
Sphyros Lastra, Diego
Zavaleta (Eds.) (2023)
Catalogo de cacaos de
Perú. Bioversity
International y
MOCCA, Lima Peru

https://www.researchgate.net/publication/372364915_Catálogo_de_cacaos_de_Peru

TRATAMIENTOS



9 tratamientos (arreglo factorial anidado)

1. Temperatura optima(día $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ – noche $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y humedad del aire ($70 \pm 2\%$):

Óptimo de agua (riego Inter diario)

Sequía (sin agua durante todo el ensayo)

Inundación (en aniego constante)

2. Alta Temperatura (día $38 \pm 2^{\circ}\text{C}$ – noche $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y baja humedad relativa del aire ambiente:

Óptimo de agua

Sequía

Inundación

3. Baja Temperatura (día y noche $14 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y alta humedad relativa del aire ($90 \pm 2\%$):

Óptimo de agua

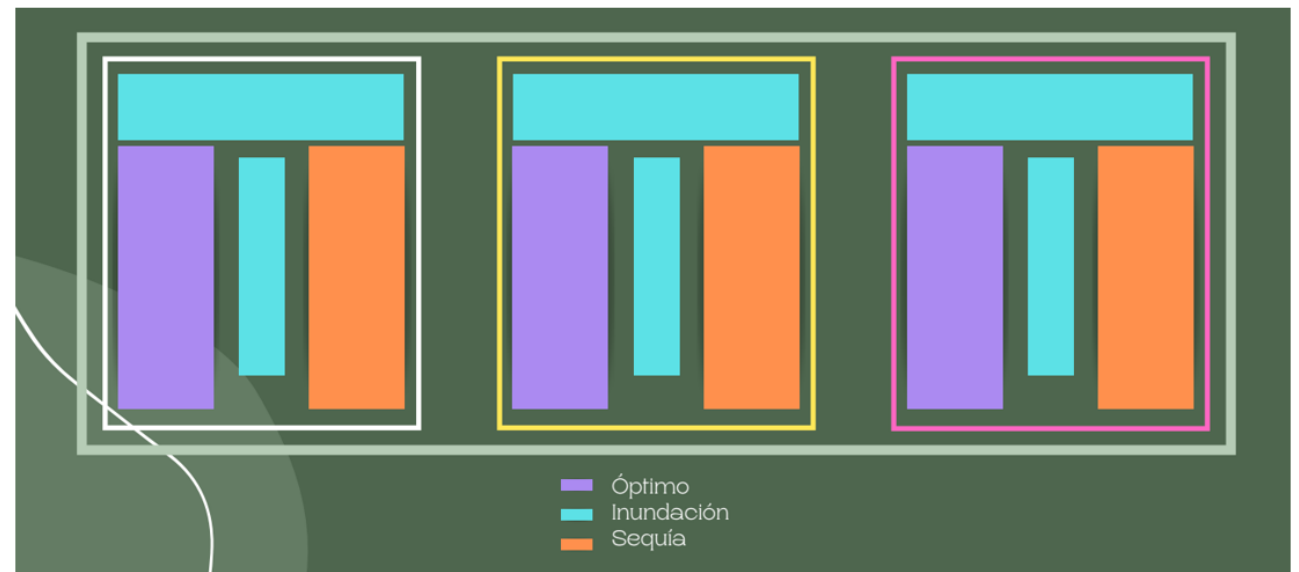
Sequía

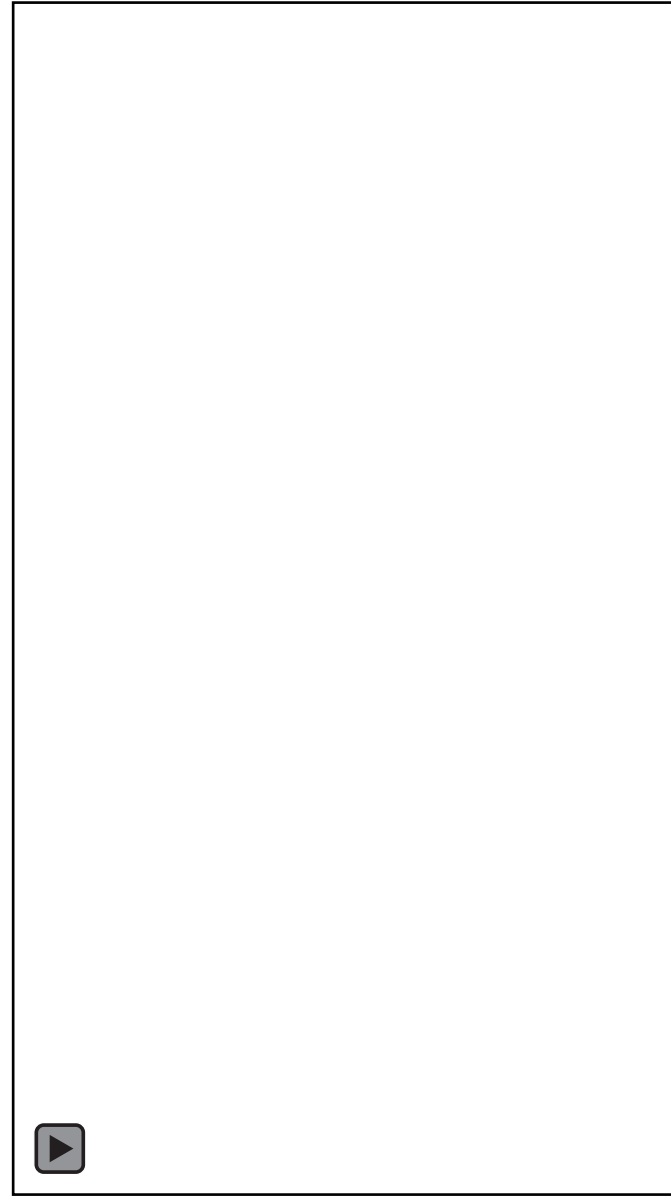
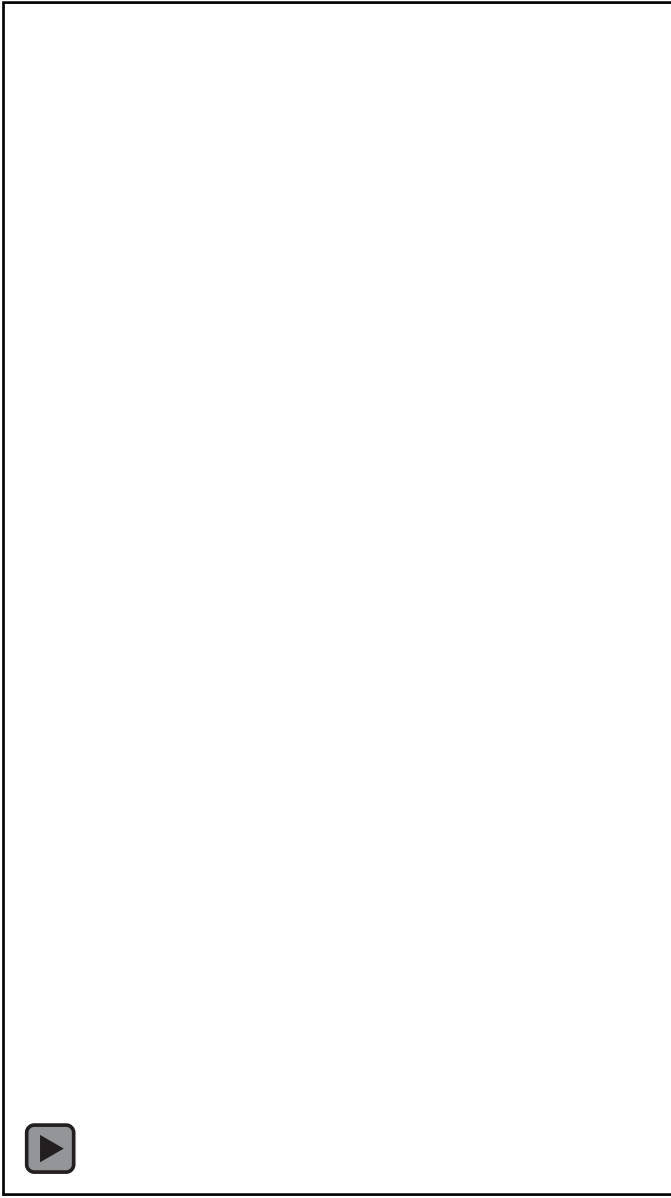
Inundación

Cámara temp. óptima

Cámara caliente

Cámara fría





Mediciones



Contenido de clorofila
(SPAD) + temperatura de
hoja: cada 3 días

Carbono 13: inicio y final
de ensayo (o al momento
de morir)



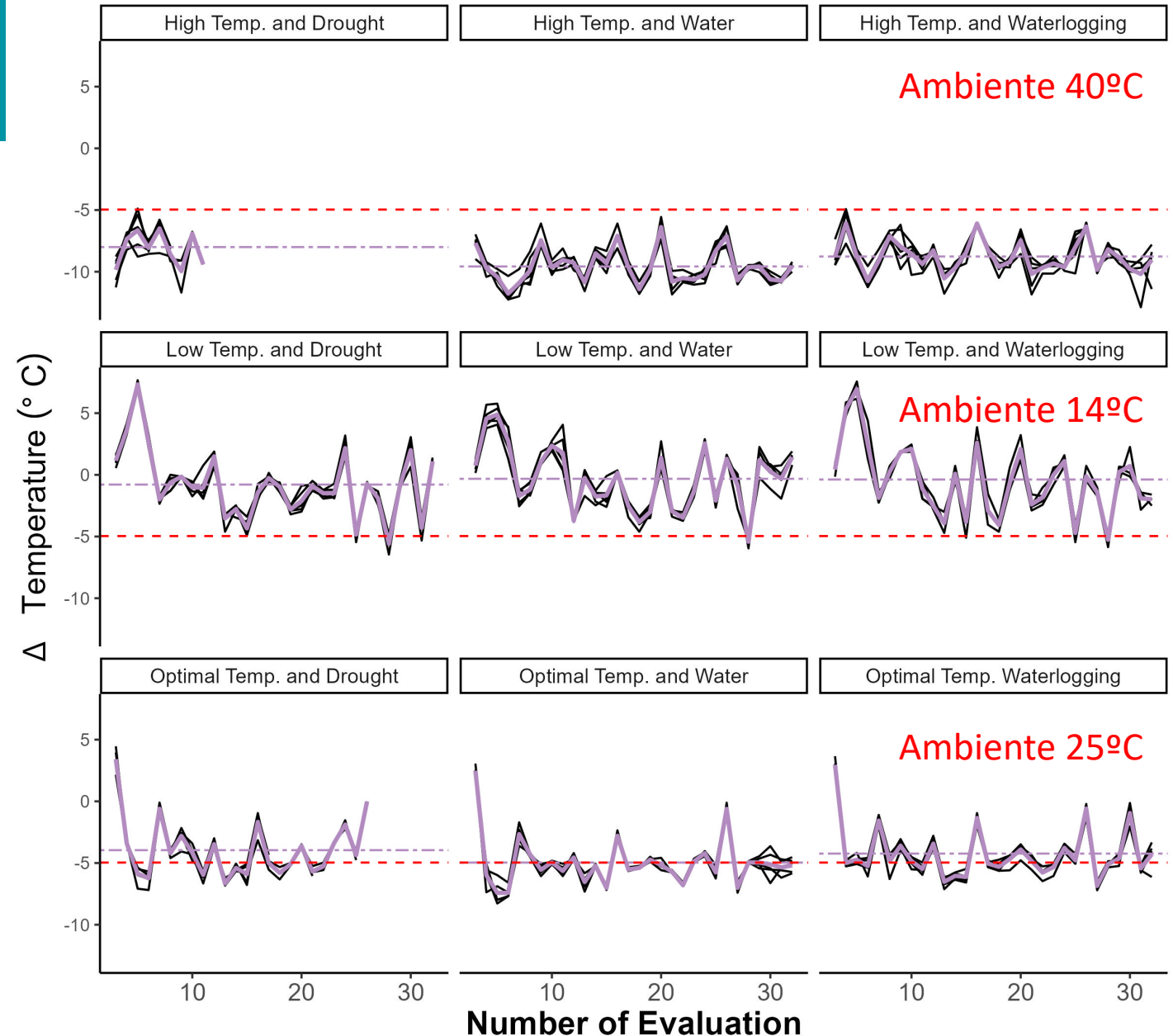
RESULTADOS

- En camera caliente: hojas hasta 10°C más frío que ambiente
- En camera fría: hojas fase aclimatización para ajustar al ambiente
- En camera temperatura optima: hojas hasta 5°C mas frío que ambiente (optimo mas bajo que 25°C?)

Δ Temperature (° C) - Cajamarca

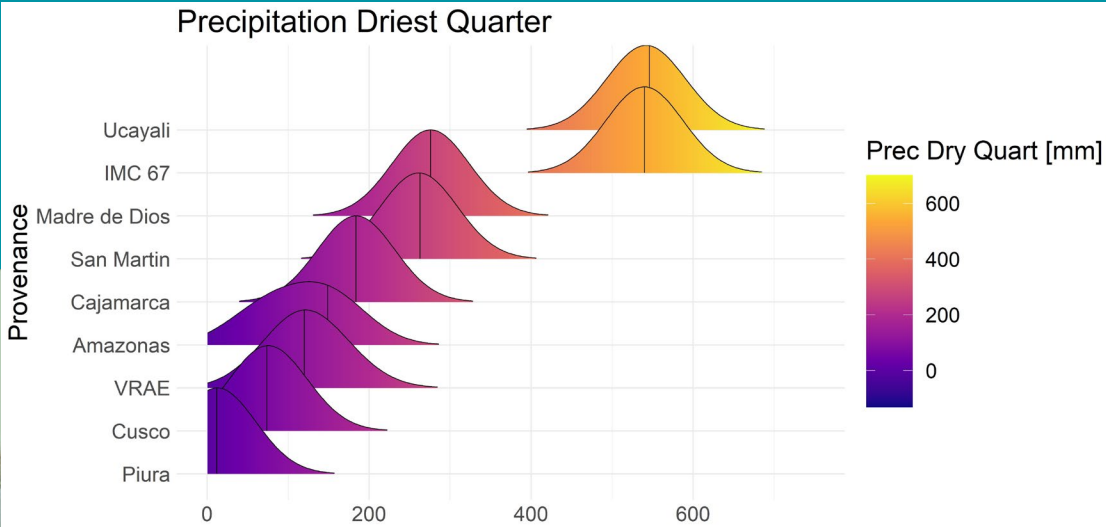
Diferential between leaf temperature and its ambient temperature in time.

Optimal Treatment (Temperature) is in red dashed line, and Treatment mean is twodash line



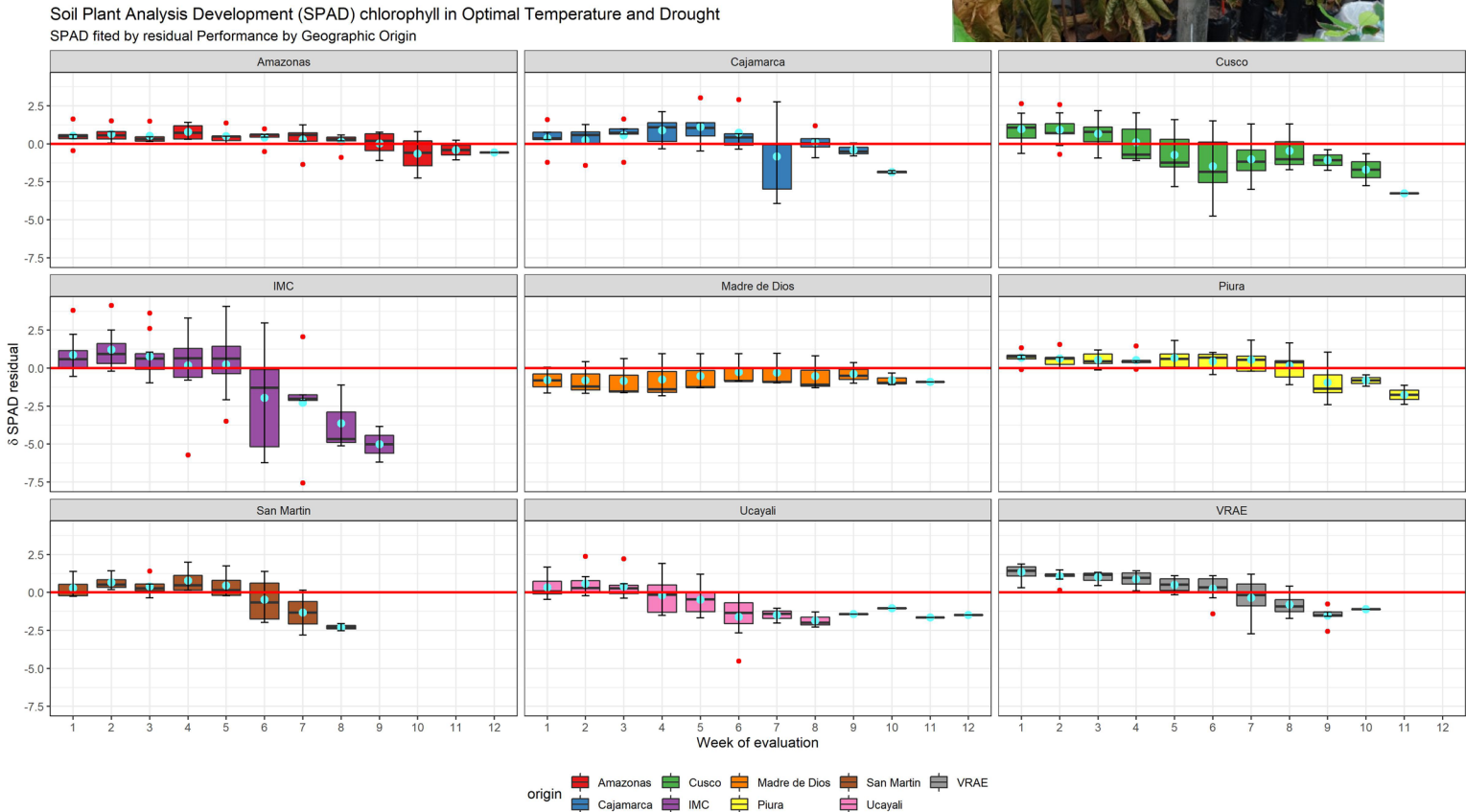
RESULTADOS

respuesta sequia (temperatura optima)



Plantas de climas origen con temporada seca más pronunciada sobreviven más tiempo bajo sequia (Piura, Cusco, VRAE, Amazonas)

Plantas de climas sin temporada seca sobreviven menos tiempo (Ucayali, IMC 67-Iquitos)

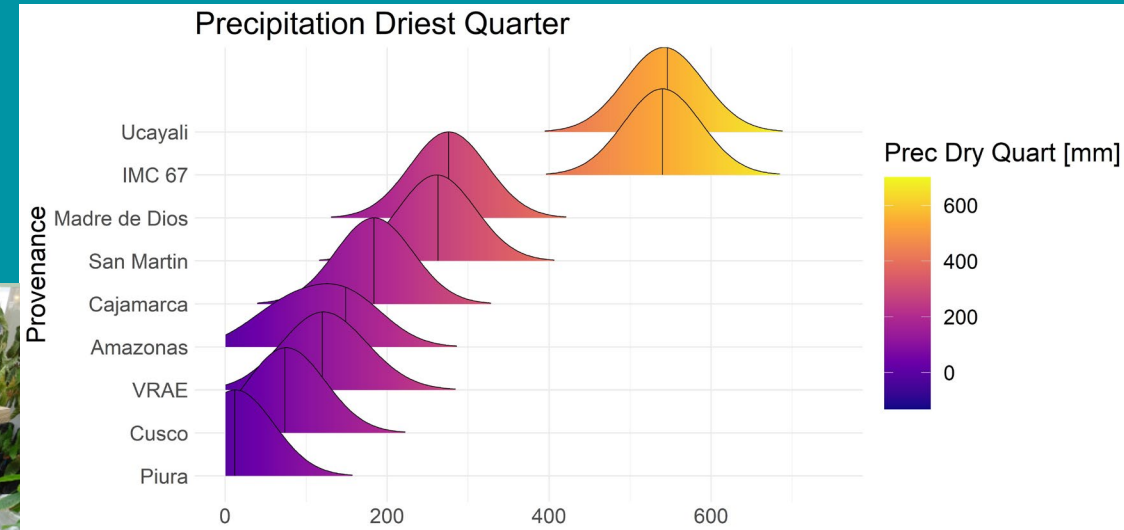
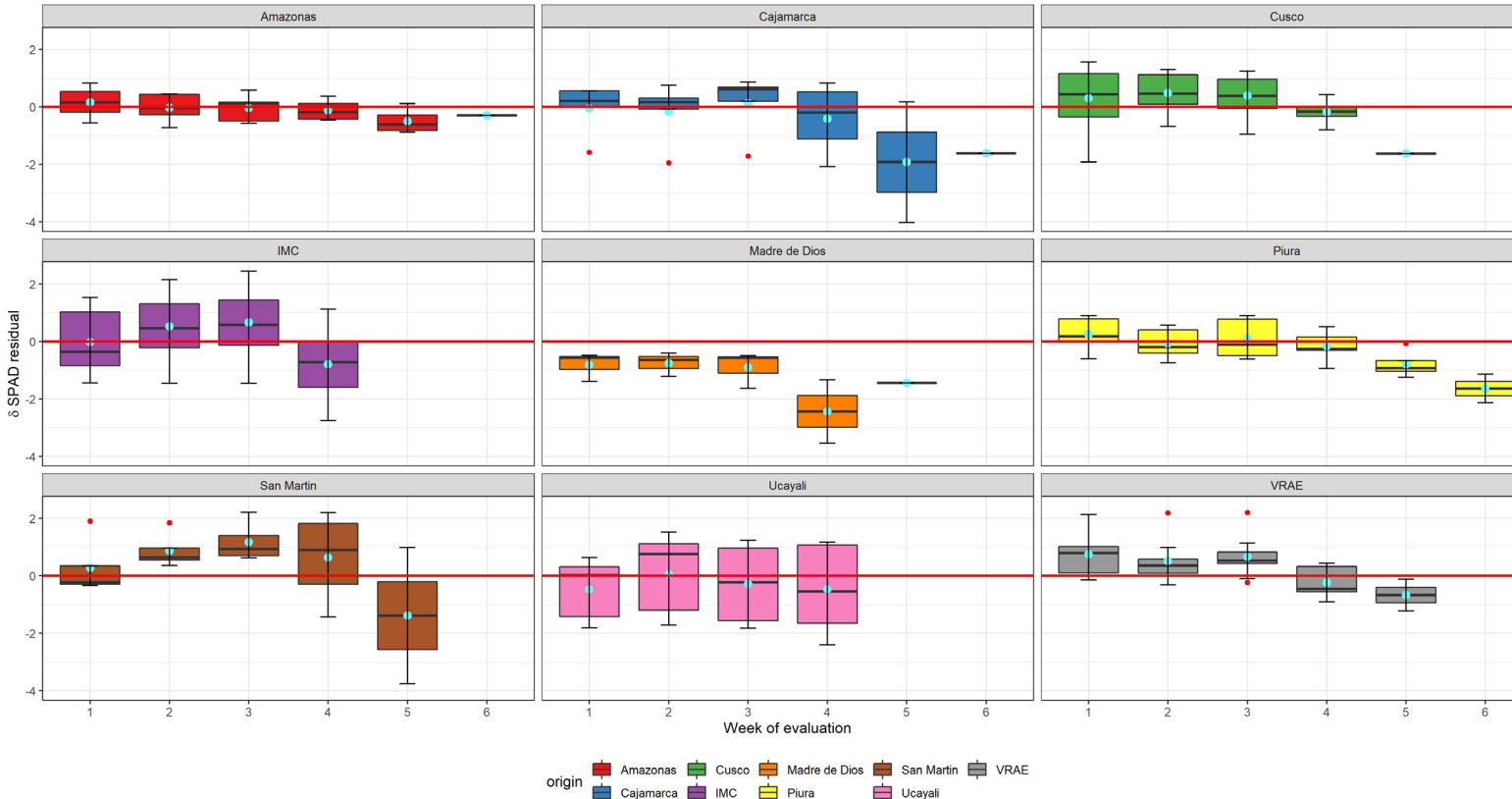


RESULTADOS

respuesta sequia (temperatura alta)



Soil Plant Analysis Development (SPAD) chlorophyll in High Temperature and Drought
SPAD fitted by residual Performance by Geographic Origin



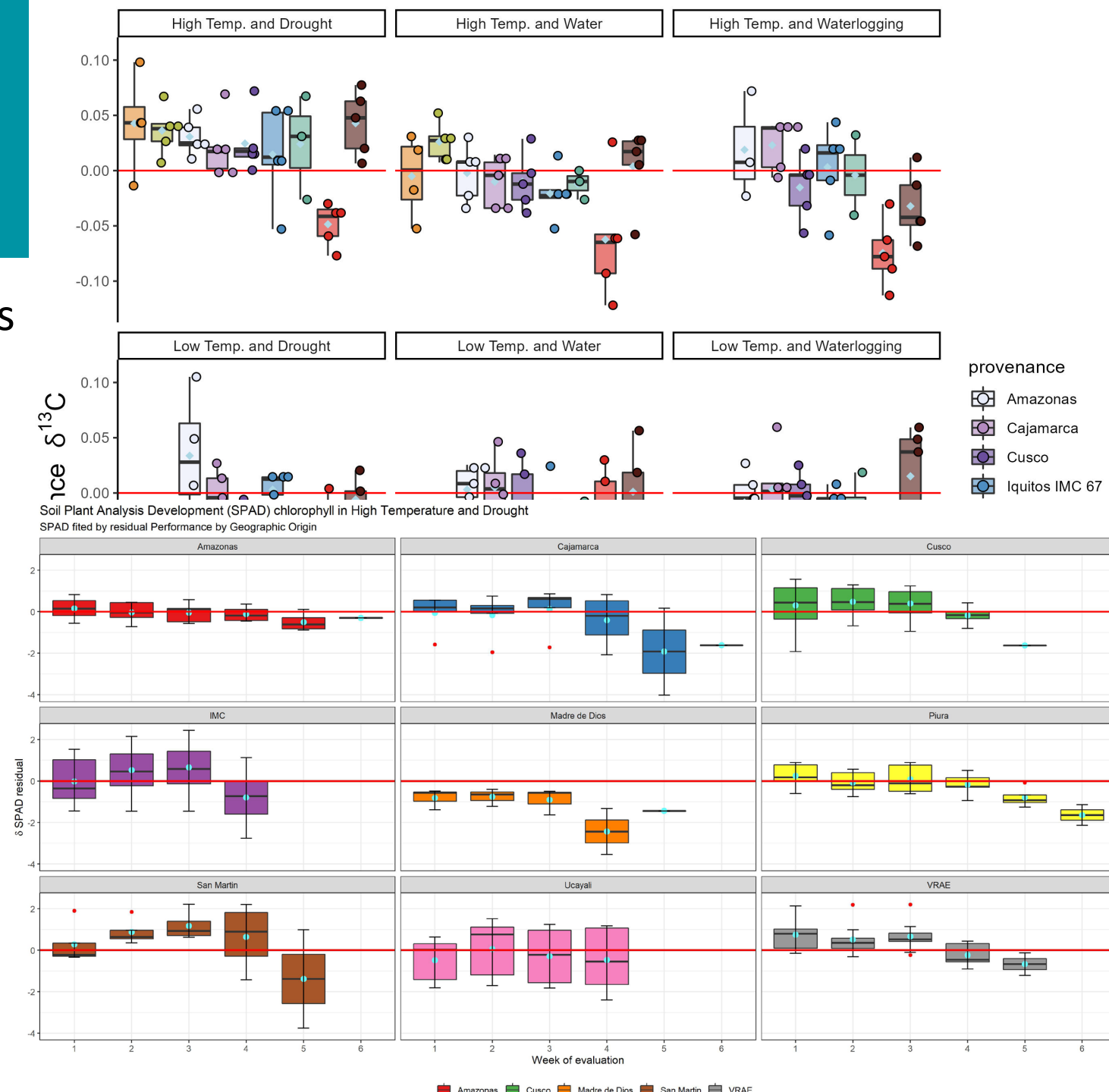
Plantas de climas origen con temporada seca más pronunciada sobreviven más tiempo bajo sequia (Piura, Amazonas, VRAE)

Plantas de climas sin temporada seca sobreviven menos tiempo (Ucayali, IMC 67-Iquitos)

RESULTADOS

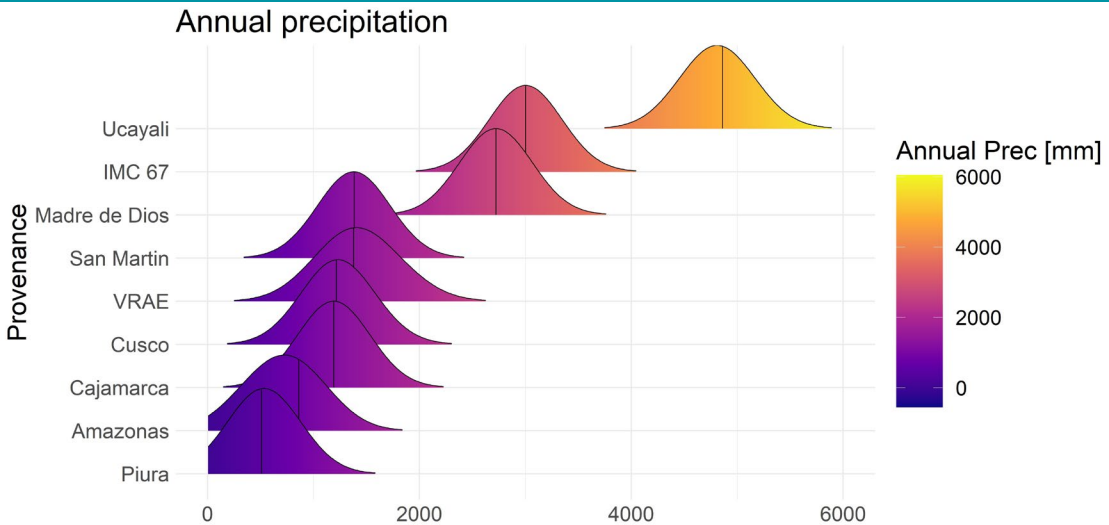
Carbono 13

- Solo sequia bajo temperaturas optimas y altas causa elevación de carbono 13 en algunas procedencias (Piura, Cajamarca, Amazonas, Cusco, VRAE) que son los que sobrevivieron más tiempo (cierre estomacal - comportamiento **isohidrica?**)

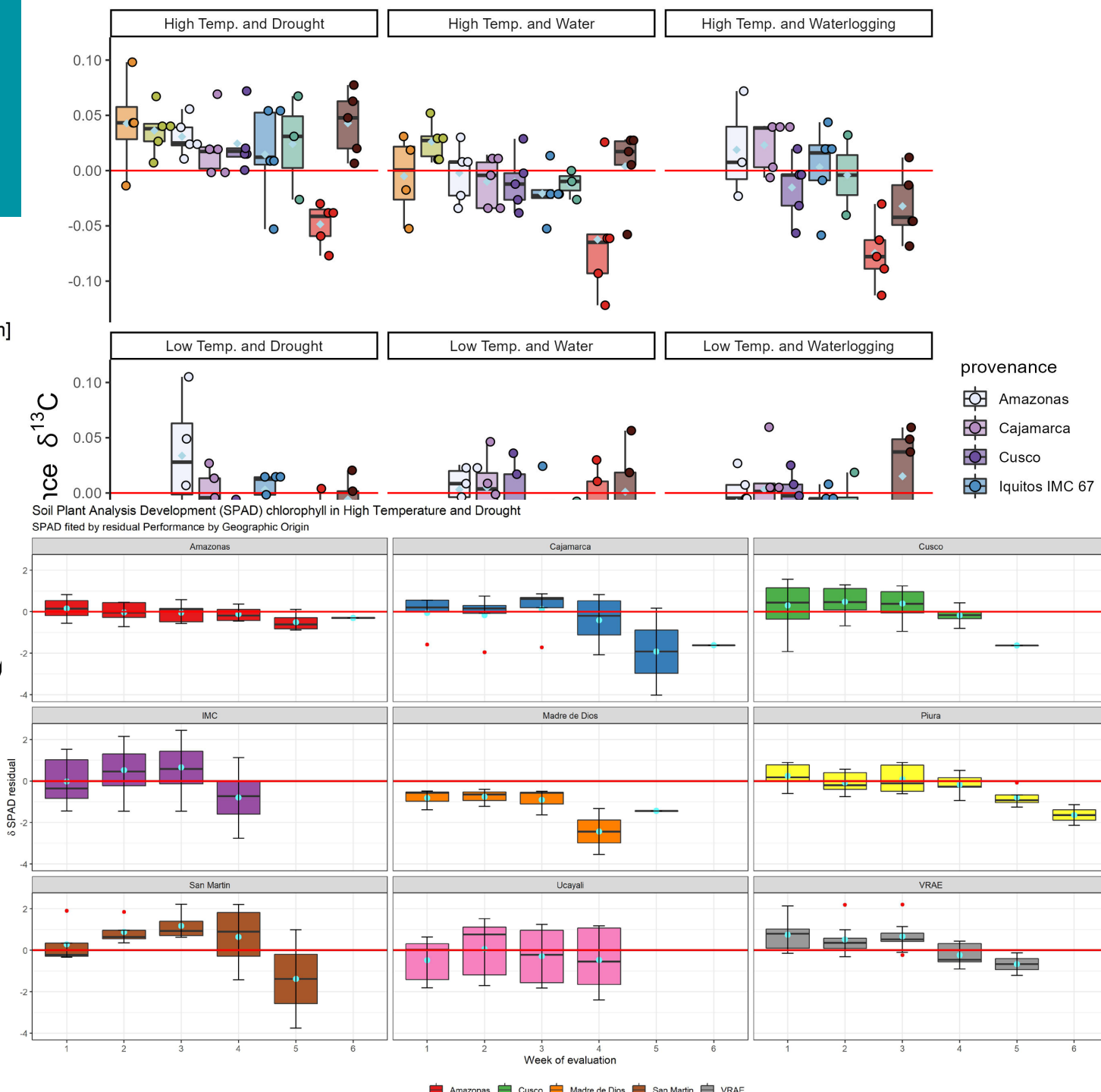


RESULTADOS

Carbano 13



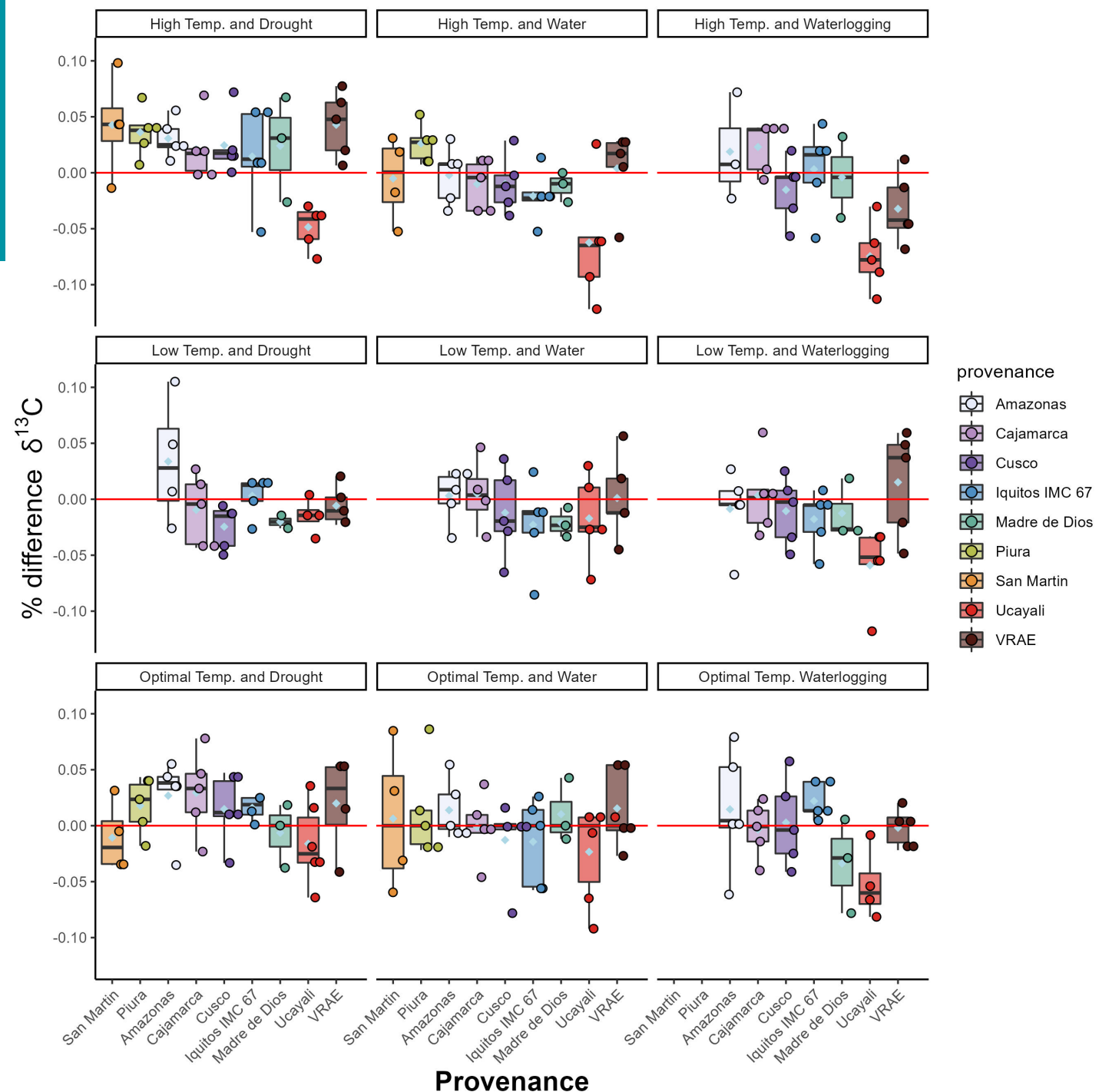
- Procedencia de Ucayali (más húmedo y caliente de todas): mejor desempeño en temperaturas altas e inundación, pero mortandad rápida en sequia – comportamiento **anisohipdrico**?



RESULTADOS

Carbono 13

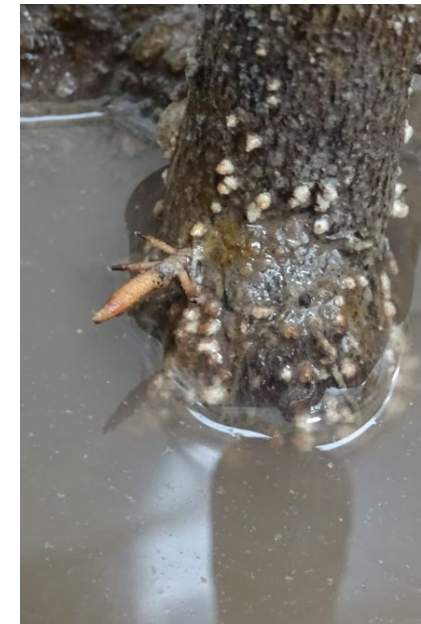
- Solo sequia bajo temperaturas optimas y altas causa elevación de carbono 13 en algunas procedencias (Piura, Amazonas, Cusco, VRAE) que son los que sobrevivieron más tiempo (cierre estomacal - comportamiento **isohidrica**?)
- Procedencia de Ucayali (más húmedo y caliente de todas): mejor desempeño en temperaturas altas y inundación, pero mortandad rápida en sequia – comportamiento **anisohidrico**?
- Falta de agua más importante que calor



MENSAJES PRINCIPALES



- Diferencias en respuesta según procedencia – base genética para adaptación local
- Condiciones climáticas de origen son indicador grueso para capacidad adaptativa de material genética, al menos para sequia e inundación, baja temperatura menos claro
- Temperaturas bajas (14°C día y noche) no parecen comprometer sobrevivencia, pero plantas con más agua en suelo más estresadas
- Temperatura alta (40°C día, 25°C noche) no parecen afectar crecimiento mientras que no falte agua
- Formación raíces adventicias crítico para sobrevivencia inundación prolongada



Raíces adventicias
en tratamientos de
inundación

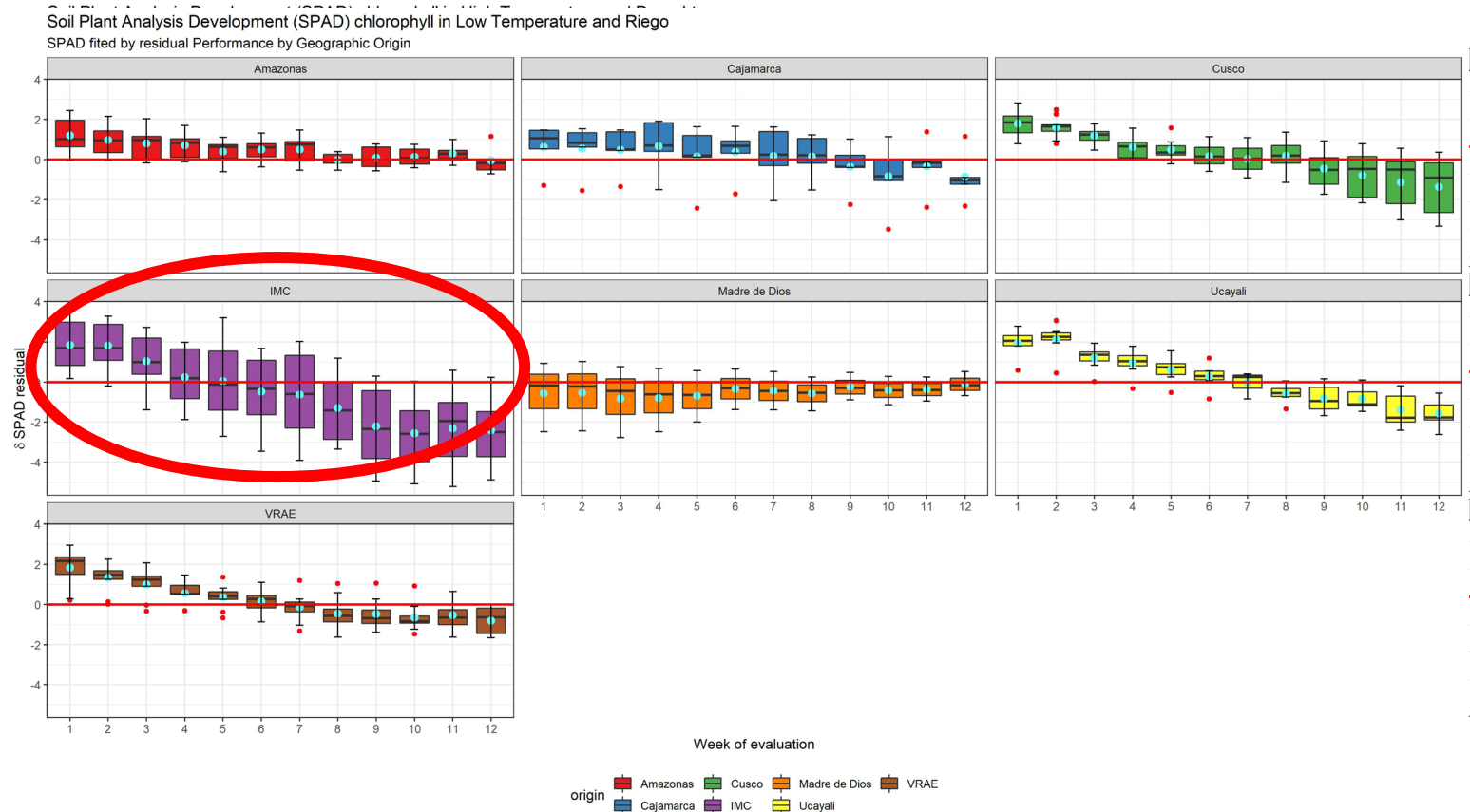


Hojas afectadas
por bajas
temperaturas

MENSAJES PRINCIPALES



- IMC 67 no siempre es el mejor patrón, especialmente no en condiciones donde agua es una limitante, o donde temperaturas bajas pueden ser frecuentes
- Selección de materiales más vigorosos creciendo bajo condiciones más adversas en campos de agricultores es importante complemento a programas de fitomejoramiento





Foro Latinoamericano- Caribeño de Cacao

Desafíos y pautas para una cacaocultura moderna y sostenible en la región

GRACIAS

e.thomas@cgiar.org

