VI CONGRESO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO
& IX SIMPOSIO NACIONAL MARINO COSTERO

Variación de la huella hídrica de la producción de banano en función de la variabilidad climática interanual: implicaciones para la gestión sostenible

Jazmín Torres-González

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)

¿Qué es una huella hídrica?

La huella hídrica es un indicador del volumen de agua dulce consumida directa e indirectamente, para producir un bien o servicio. En agricultura se expresa normalmente por unidad de producto y se divide en componentes verde, azul y gris.

Huella verde

- Corresponde a los usos consuntivos en los que la fuente es el **agua de lluvia.** En cultivos agrícolas, esta se refiere al agua de lluvia que aprovecha la planta.

Huella azul

- Corresponde a los usos consuntivos de las agua **superficiales y subterráneas.** En los cultivos agrícolas, esta se encuentra ligada directamente al **riego**.

Huella gris

- **Volumen teórico** de agua limpia requerida para asimilar o diluir un volumen de cierta carga de **contaminantes** vertidos a un cuerpo de agua. En cultivos agrícolas, esta se encuentra ligada al uso de **fertilizantes**.

Fuente: Hoekstra et al. (2011)

ENSO: interacción entre el océano y la atmósfera

El Niño-Oscilación del Sur modifica la temperatura del Pacífico ecuatorial, los vientos y la distribución de la lluvia.

LA NIÑA

Pacífico ecuatorial más frío



En Guatemala suele favorecer mayor lluvia y humedad del suelo

Menor requerimiento potencial de riego

UMBRAL ENSO

Anomalía de temperatura en la región Niño 3.4

EL NIÑO
≥ +0.5 °C

NEUTRAL
-0.4 a +0.4 °C

LA NIÑA
≤ -0.5 °C

Confirmación histórica: 5 temporadas trimestrales superpuestas

EL NIÑO

Pacífico ecuatorial más cálido



En Guatemala suele reducir la lluvia y la humedad disponible

Mayor requerimiento potencial de riego

Fuentes: Organización Meteorológica Mundial (s. f.); Argueta Mayorga et al. (2025)

El requerimiento de riego es teórico; no representa el volumen aplicado en campo.

¿Puede considerarse estable la huella hídrica cuando El Niño y La Niña cambian la relación entre lluvia y riego?

¿Cuánta lluvia queda disponible en el suelo?

¿Cuánto riego necesita el cultivo?

¿Un único valor representa ambas condiciones?

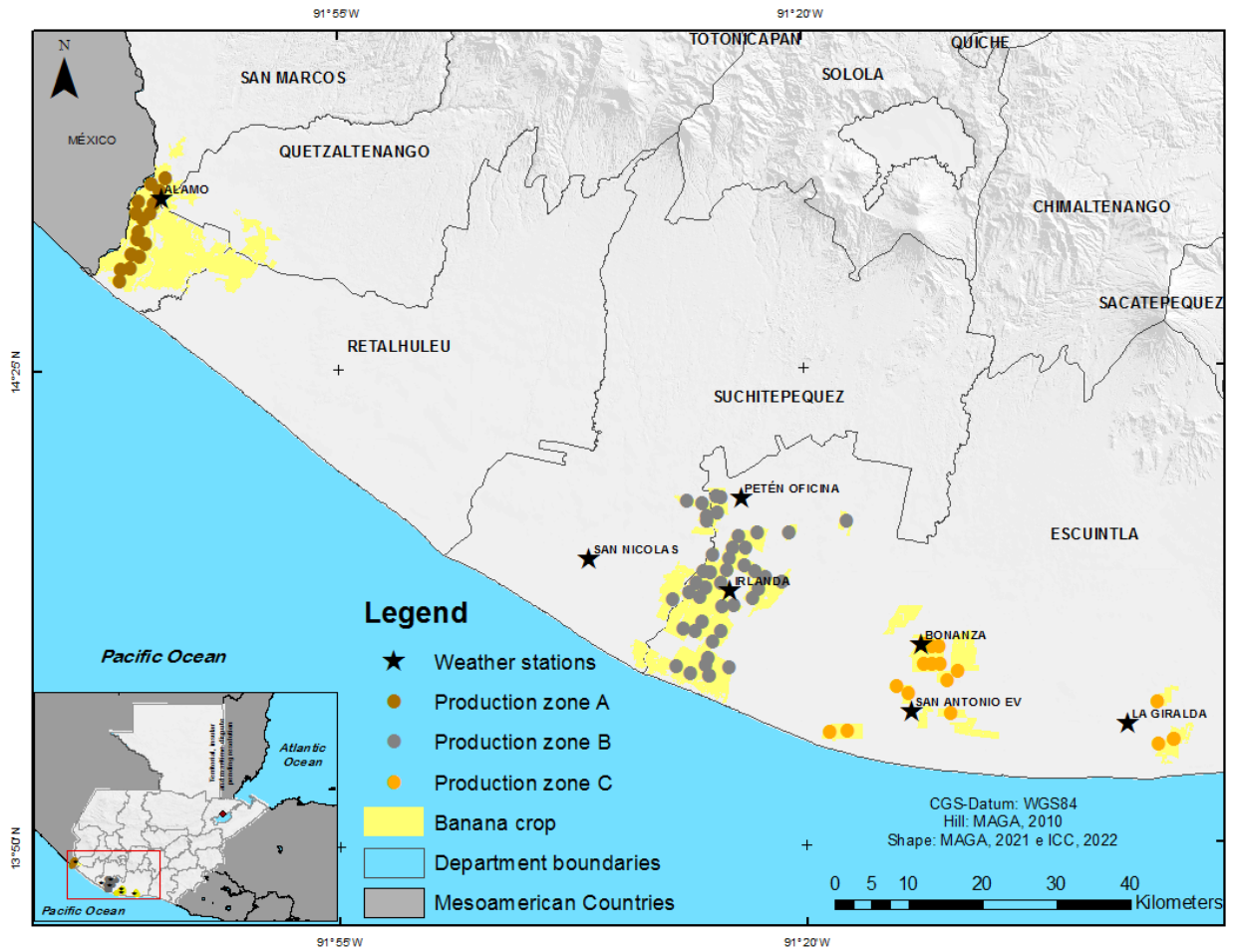
Hipótesis

Menos lluvia y humedad disponible desplazan el balance hacia un mayor requerimiento de riego; con más lluvia ocurre lo contrario.

Aporte científico

402 observaciones finca-año muestran por qué la fase climática, la zona y el manejo deben formar parte de los valores de referencia.

Diseño del estudio y zonas de producción



402

Registros finca-año

77

Fincas

2018-2023

Serie productiva

Zona	Área (ha)	Registros	Estación meteorológica de referencia
A	4 521	98	Alamo
B	12 143	216	Irlanda
C	4 794	88	San Antonio El Valle

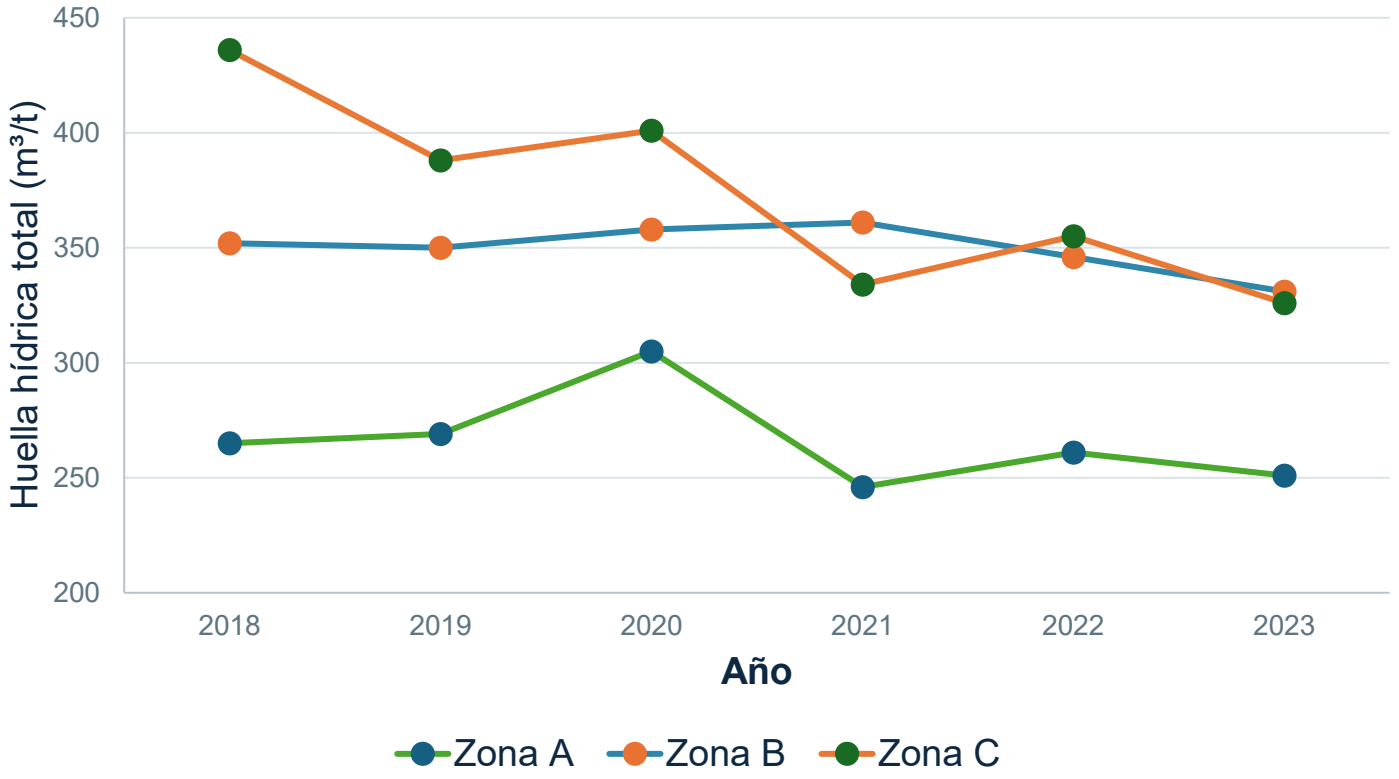
3 zonas

Pacífico sur de Guatemala

Variables analizadas

Rendimiento, lluvia, riego, evapotranspiración y fertilización nitrogenada

Variabilidad espacial y temporal de la huella hídrica



Promedios 2018-2023

ZONA A $266\ m^3/t$ **80 t/ha**

Menor huella y mayor rendimiento

ZONA B $345\ m^3/t$ **70 t/ha**

Condición intermedia

ZONA C $373\ m^3/t$ **68 t/ha**

Mayor huella y menor rendimiento

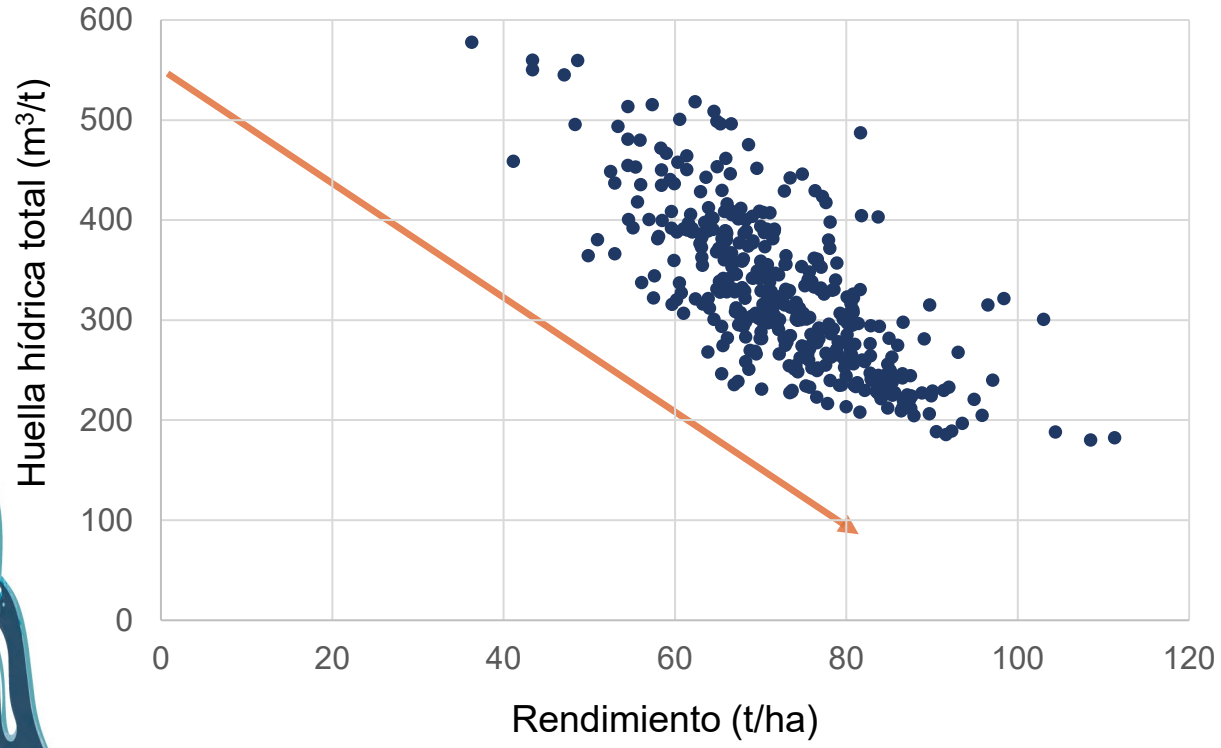
Fase ENSO	Años climáticos de referencia
Niña	2010, 2020
Neutral	2014, 2017
Niño	2015, 2023

Entre 2020 y 2023, la huella verde disminuyó de 118 a 98 m³/t y la azul de 213 a 187 m³/t.

El mayor requerimiento teórico de riego durante El Niño no equivale necesariamente a un mayor volumen aplicado en campo.

Rendimiento vs. huella hídrica total

Relación entre rendimiento y huella hídrica total



Evidencia en 402 registros finca-año

ZONA A **80 t/ha** **266 m³/t**

Mayor rendimiento medio y menor huella

ZONA C **68 t/ha** **373 m³/t**

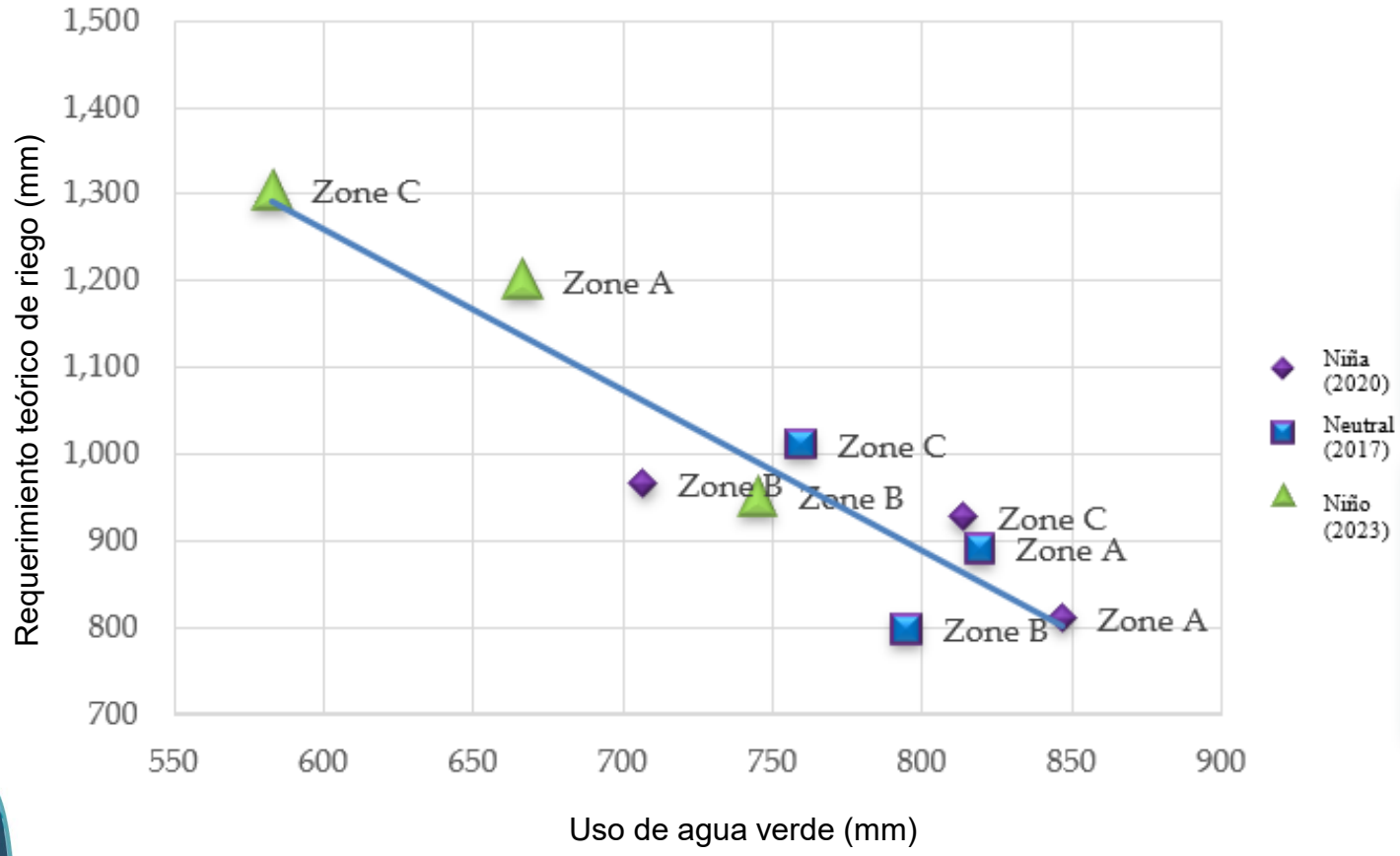
Menor rendimiento medio y mayor huella

246 - 435
rango de promedios zona-año (m³/t)

61 - 84
rendimiento medio zona-año (t/ha)

Efecto de dilución: a mayor rendimiento, la misma agua se reparte entre más fruta lo que se traduce en menor huella por tonelada.

Dinámica compensatoria verde-azul



La distribución entre agua verde y azul depende de la lluvia, la evapotranspiración y el riego, todos muy sensibles a la variabilidad interanual asociada al ENSO.

La Niña Neutral El Niño

La Niña - más lluvia

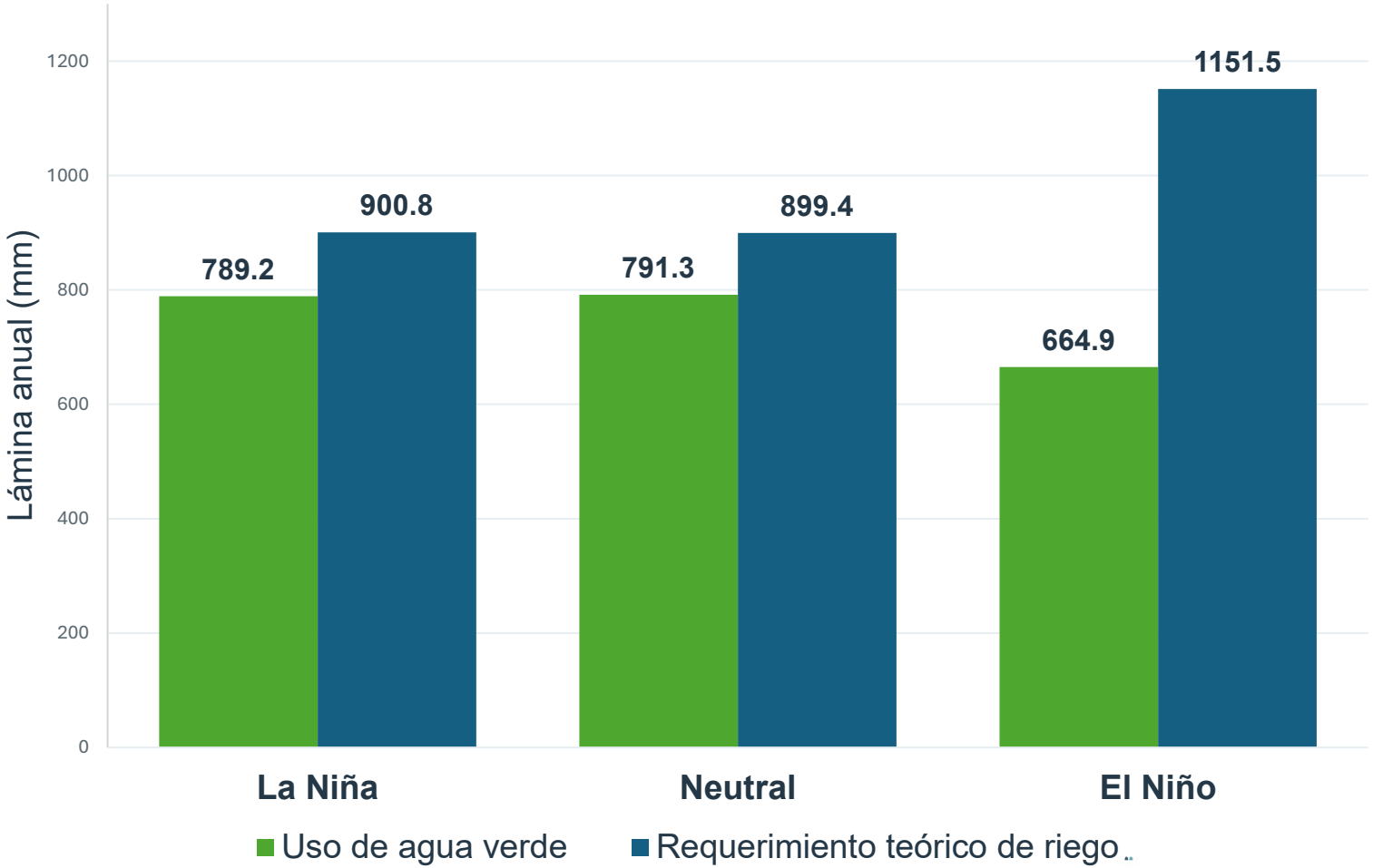
Agua verde ↑ (~789 mm) · riego teórico ↓

El Niño - menos lluvia

Agua verde ↓ 15.8% (~665 mm) · riego teórico ↑ 25-30%

El riego es un valor teórico de balance hídrico, no un volumen medido en campo.

Balance entre uso de agua verde y requerimiento teórico de riego



−15.8%

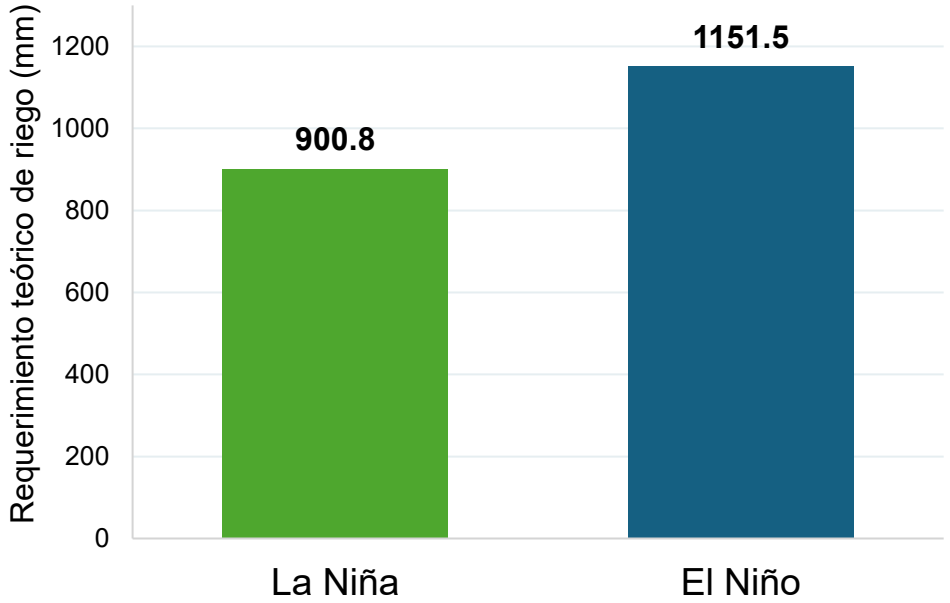
Agua verde durante El Niño frente a La Niña

+25-30%

Requerimiento teórico de riego durante El Niño

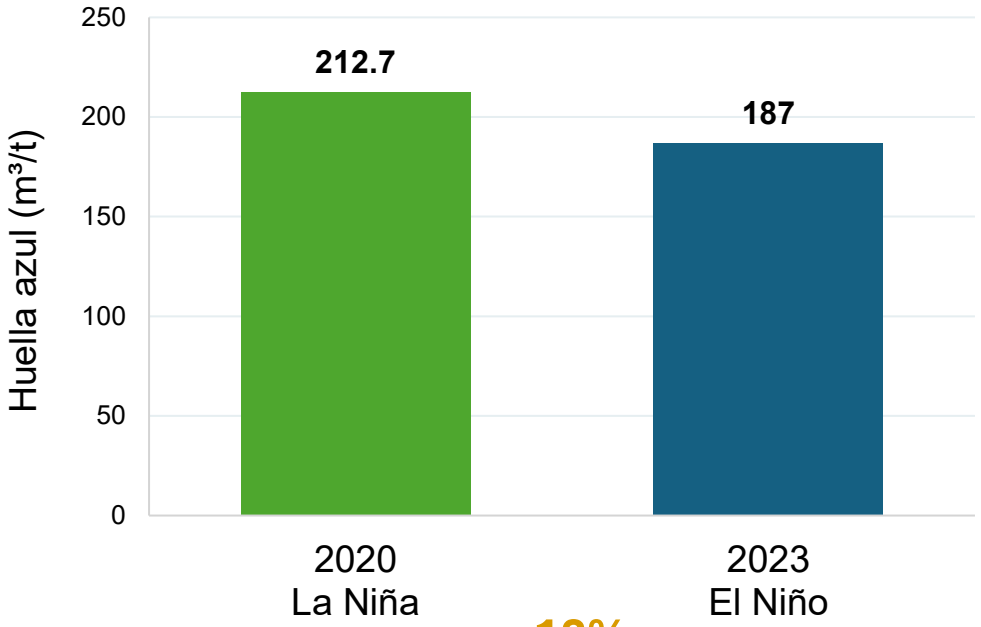
Demanda climática y huella azul

Señal climática



+28%

Resultado estimado



-12%

Promedio de las tres zonas

El Niño elevó la necesidad potencial de riego, pero no la huella azul estimada. La respuesta también depende del rendimiento, del manejo, de la infraestructura y de los supuestos del método.

Conclusiones

El rendimiento fue la variable más determinante de la huella hídrica por tonelada. Las diferencias de rendimiento entre zonas estuvieron asociadas con la distribución de la lluvia, la radiación solar y el manejo agronómico.

Un mayor rendimiento se asoció con una menor huella hídrica por tonelada. La Zona A combinó el mayor rendimiento (80 t/ha) con la menor huella total (266 m^3/t).

ENSO modificó la composición de la huella hídrica regional. Durante El Niño, el uso de agua verde disminuyó 15.8% y el requerimiento teórico de riego aumentó entre 25% y 30% respecto de La Niña.

Una mayor demanda climática no implicó una mayor huella azul. En El Niño 2023, el promedio simple de la huella azul fue 12% menor que en La Niña 2020, lo que indica que el rendimiento, el manejo del riego y los supuestos metodológicos también influyen.

Recomendaciones

Incorporar los pronósticos de El Niño y La Niña en la planificación anual del riego, para anticipar una mayor demanda potencial durante El Niño y aprovechar la mayor contribución de la lluvia durante La Niña.

Priorizar la eficiencia del riego y el aprovechamiento del agua de lluvia en las acciones de manejo, dado que los componentes azul y verde representan aproximadamente el 93% de la huella hídrica total.

Diferenciar los valores de referencia utilizados en la gestión y la certificación según la fase ENSO y las condiciones locales de producción.

Medir directamente los volúmenes de riego aplicados.

Organizado por:

Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales

SGCCC
Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático

Alianza Intersectorial Marino Costera GT
#UnidosXNuestrosOcéanos

DEFENSORES DE LA NATURALEZA

Galileo UNIVERSIDAD

ICC
Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático

FUNDAECO

Gobierno Municipal Puerto Barrios

MAR FUND

UVG UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

VI CNCC
Plataforma Impulsora Local Izabal

Con el apoyo de:

CATIE
Solutions for Inclusive Green Development
Soluciones para el Desarrollo Verde Inclusivo

DEFENSORES
DE LA NATURALEZA

FUNDAECO

France
FFEM
FONDS
FRANÇAIS POUR
L'ENVIRONNEMENT
MONDIAL

ICC
Instituto Privado de Investigación
sobre Cambio Climático

Gobierno
Municipal
Puerto Barrios

MAR
FUND

UICN

WWF

¡Muchas gracias!

Jazmín Torres-González

jtorres@icc.org.gt

Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático (ICC)

En impresión:

VI CONGRESO NACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO
& IX SIMPOSIO NACIONAL MARINO COSTERO

Con el aval de:

2021 2030 Decenio de las Naciones Unidas de las Ciencias Oceánicas para el Desarrollo Sostenible