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

Adaptación de tortugarios al cambio climático mediante el uso de sarán y riego para reducir la vulnerabilidad térmica de los nidos de tortugas marinas

Manuel Ixquiac, Rodrigo Morales y Carlos Alberto Velazquez

14/10/2026

¿Por qué importa la temperatura del nido?

Determinación sexual dependiente de la temperatura (TSD)

- Temperaturas bajas favorecen machos.
- Temperaturas altas favorecen hembras.
- Rango pivotal reportado: ≈30–31 °C.
- Pocos grados alteran la proporción sexual.
- Temperaturas excesivas reducen la viabilidad.
- El calentamiento climático eleva el riesgo.

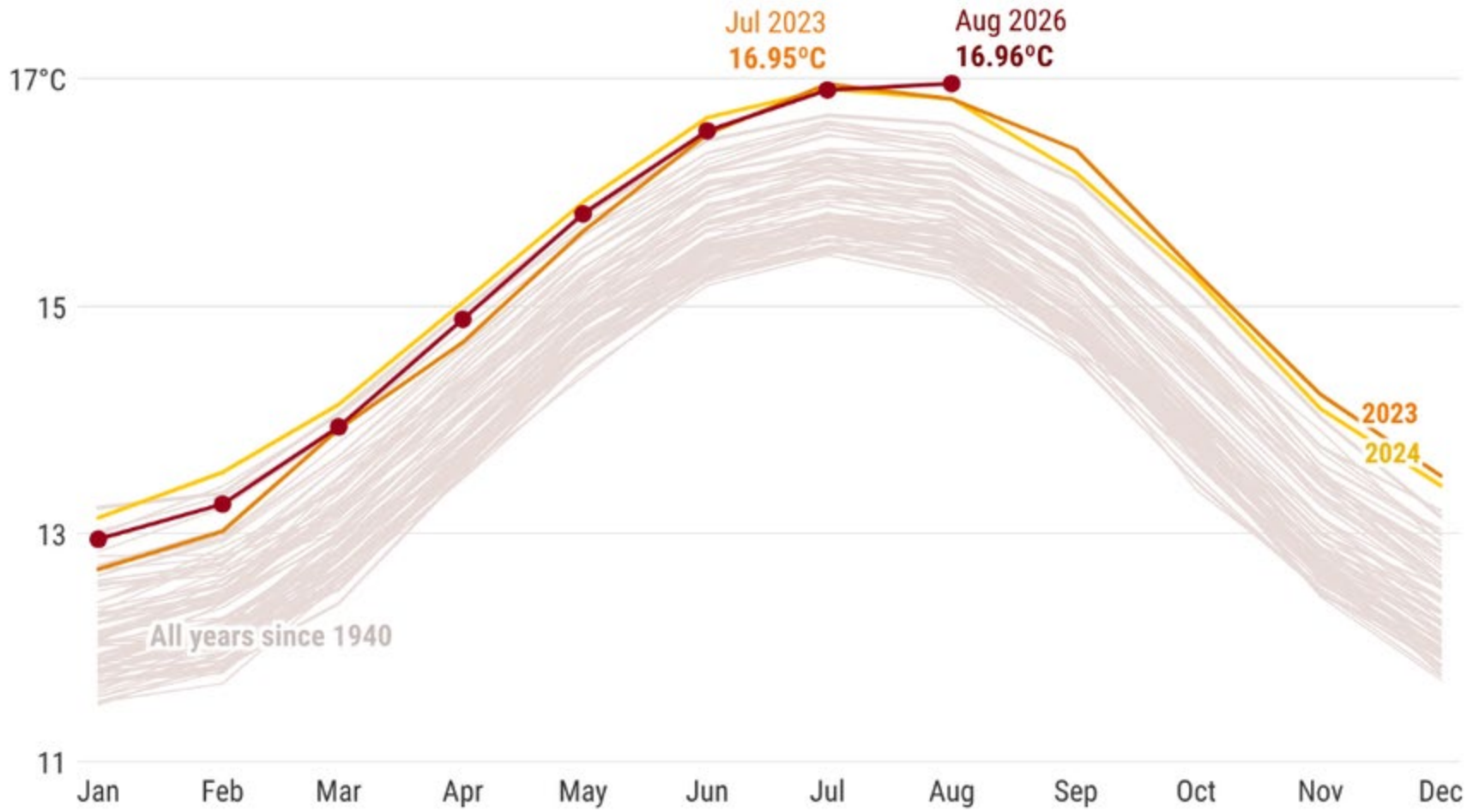
30–31 °C
Rango pivotal reportado

>33 °C
Mayor riesgo térmico

TSD
Sexo dependiente de temperatura

August 2026 was the warmest month ever recorded globally

Absolute monthly mean of global surface air temperature



Data source: ERA5 • Credit: C3S/ECMWF

PROGRAMME OF THE EUROPEAN UNION

Copernicus

Climate Change Service

IMPLEMENTED BY ECMWF

Cambio climático + viveros artificiales

El problema de manejo térmico

ALTA RADIACIÓN

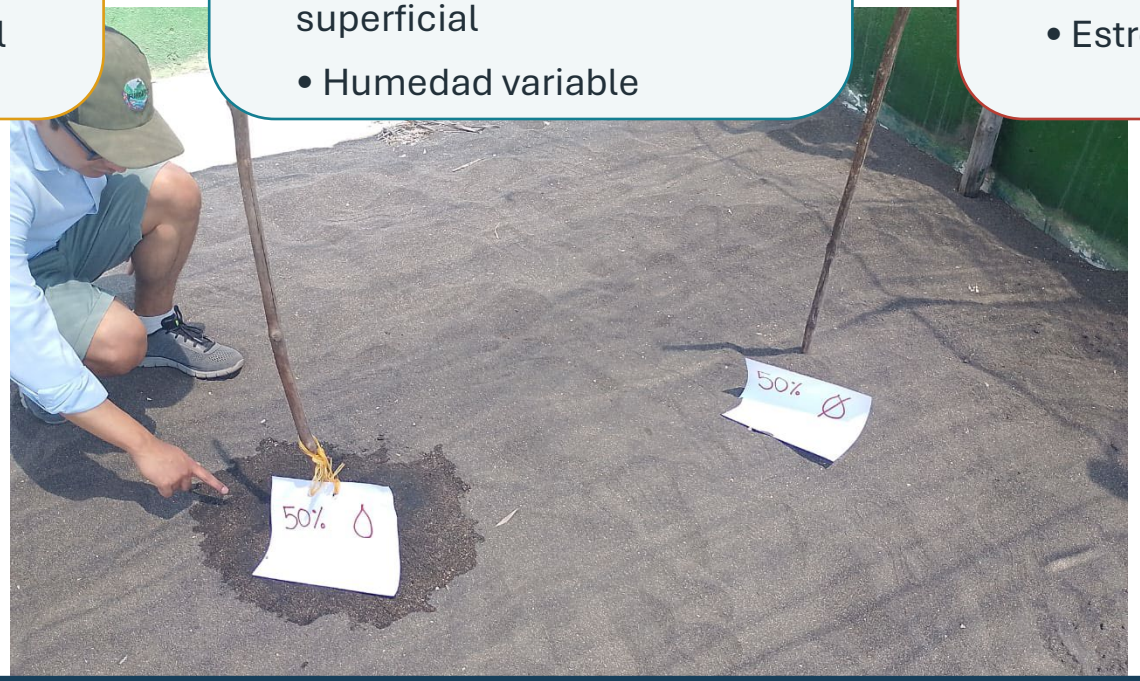
- Arena expuesta
- Escasa cobertura vegetal

MICROCLIMA

- Alta temperatura superficial
- Humedad variable

RIESGO BIOLÓGICO

- Sesgo hacia hembras
- Estrés embrionario



¿Puede la sombra + agua reducir el estrés térmico?

Objetivo del estudio

OBJETIVO GENERAL

Regular temperatura del sustrato mediante sombra y riego

1
Caracterizar comportamiento térmico

2
Evaluar sombra y riego

3
Identificar condiciones pivotales

4
Generar lineamientos técnicos

Tortugario El Paredón

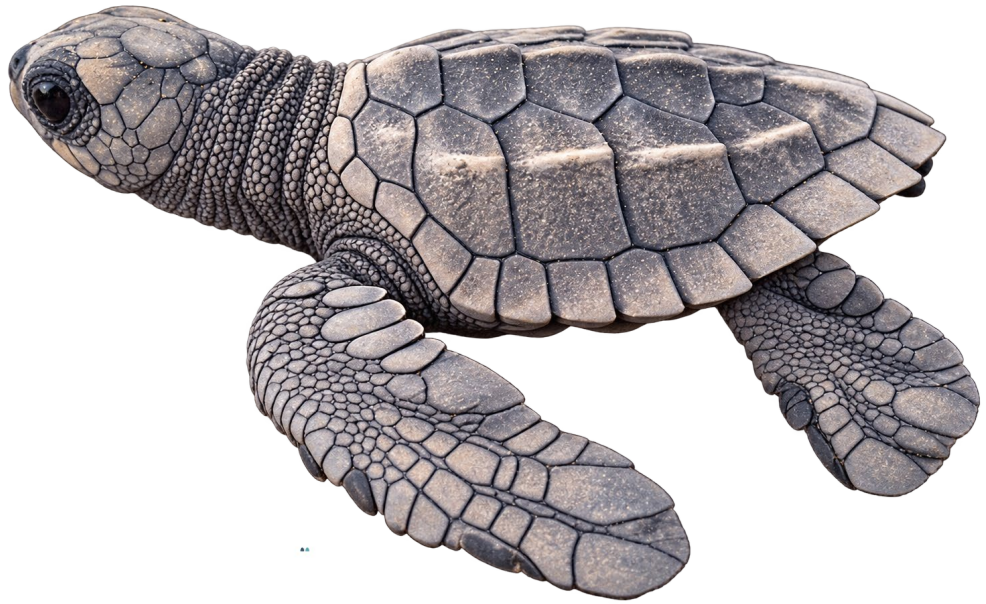
Sipacate, Escuintla, Guatemala

13°54'57.61” N
Latitud

91°04'31.04” O
Longitud

Pacífico
Costa de Guatemala

- Playa arenosa de baja pendiente.
- Alta exposición a radiación solar.
- Clima tropical cálido.
- Época seca: noviembre–abril.
- Sitio importante de anidación.



Diseño experimental

Factorial 3 × 2 · seis tratamientos · tres réplicas

FUNDAECO

FFEM FONDS FRANÇAIS POUR L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

CONAP

DISEÑO EXPERIMENTAL DE NIDOS DE TORTUGA

Tipos de sombra y dos condiciones de agua

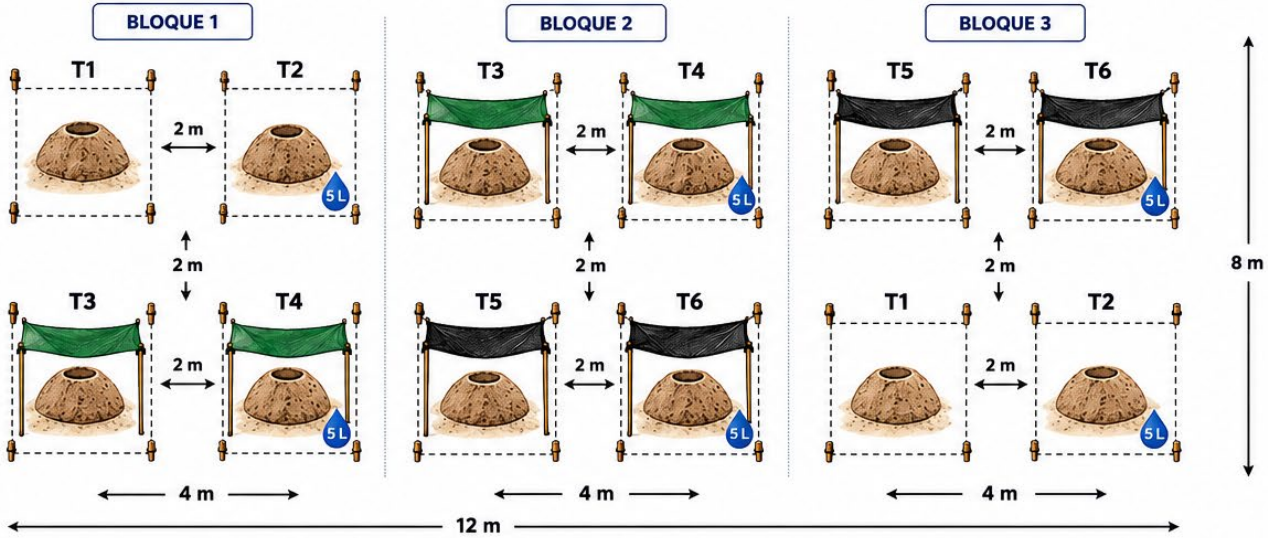
TRATAMIENTOS (6)

- T1 Testigo – Sin sombra – Sin agua
- T2 Testigo – Sin sombra – +5 L de agua
- T3 Sombra 50% – Sin agua
- T4 Sombra 50% – +5 L de agua
- T5 Sombra 80% – Sin agua
- T6 Sombra 80% – +5 L de agua

LEYENDA

- Unidad experimental (nido)
- Estaca (esquina)
- Nido de tortuga
- Sombra 50% (malla sombra)
- Sombra 80% (malla sombra)
- Aplicación de 5 litros de agua

DISEÑO: BLOQUES COMPLETOS AL AZAR



ESPECIFICACIONES DEL DISEÑO

- 6 tratamientos (2 condiciones de agua × 3 tipos de sombra)
- 3 bloques (repeticiones) → Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA)
- 1 unidad experimental = 1 nido de tortuga
- Distancia entre nidos: 2 m
- Distancia entre bloques: 4 m
- Dimensiones totales del área experimental: 12 m (ancho) × 8 m (largo)
- Profundidad estándar del nido: 45–60 cm

DETALLE DE CONDICIONES

Tipo de sombra	Condición sin agua (0 L)	Condición +5 L de agua
Sin sombra (Testigo)	T1	T2
Sombra 50%	T3	T4
Sombra 80%	T5	T6

APLICACIÓN DE AGUA

Se aplican 5 litros de agua dulce de manera uniforme sobre la superficie del nido inmediatamente después de su construcción.

NOTAS IMPORTANTES

- Todos los nidos deben construirse el mismo día.
- Usar arena de la misma playa.
- Evitar perturbaciones y mantener monitoreo constante.
- Registro diario de temperatura y humedad.
- Seguir protocolos estándar de conservación de tortugas marinas.

Este diseño experimental permite evaluar el efecto de la sombra (0%, 50% y 80%) y la adición de agua (0 L y 5 L) sobre las condiciones de incubación y el éxito de eclosión de nidos de tortuga.

3 × 2
Diseño factorial

6
Tratamientos

18
Unidades experimentales

Metodología

Proceso experimental y registro térmico

1

NIDO
40–45 cm
Preparación

2

SOMBRA
0 · 50 · 80 %
Tratamiento

3

AGUA
Sin · Con riego
Humedad

4

HOBO®
≈45 cm
Monitoreo

5

ANÁLISIS
Media · amplitud
Comparación

Marzo–abril 2026

Registro continuo de temperatura del sustrato

Condiciones climáticas

11 de marzo–25 de abril de 2026

24.6–29.2 °C
Temperatura media diaria

>42 °C
Registros instantáneos

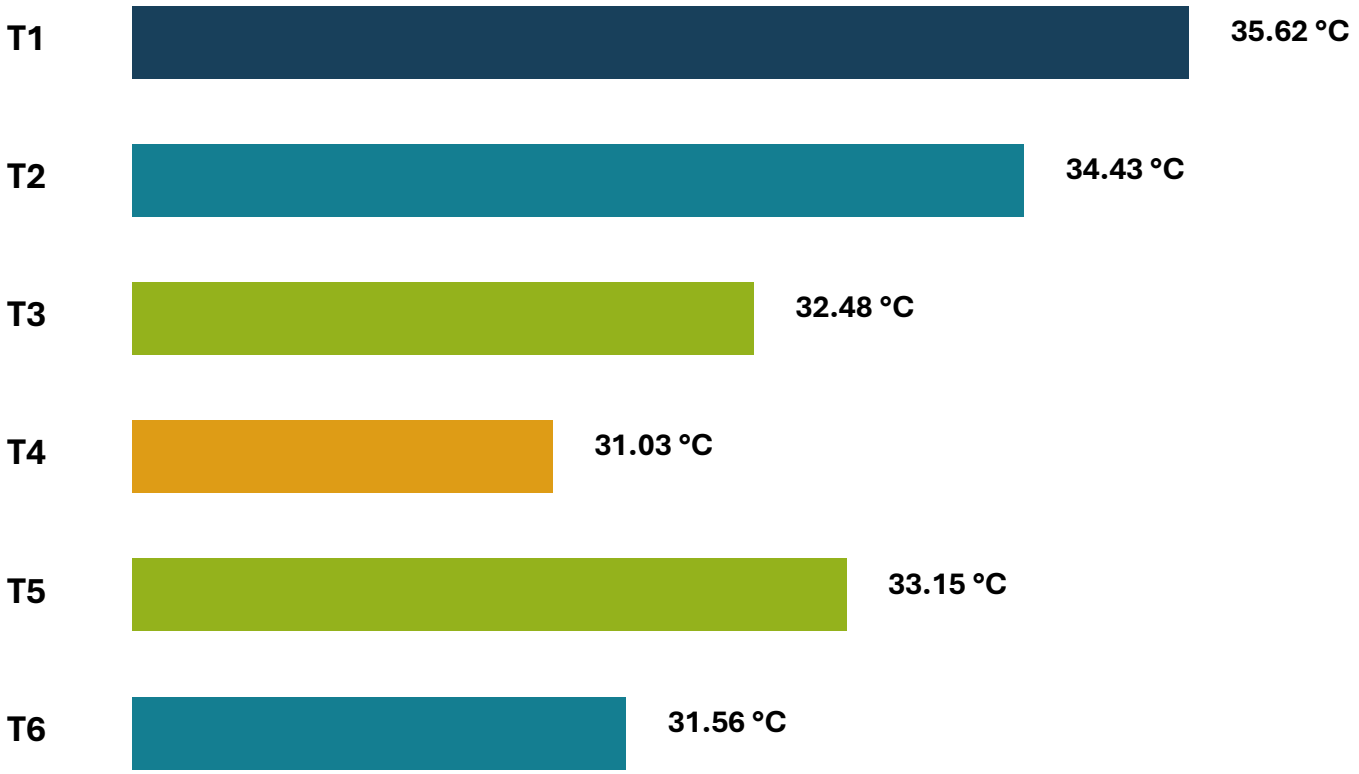
89.6 mm
Precipitación acumulada

75.6–89.1 %
Humedad relativa media

- Transición entre estación seca e inicio lluvioso.
- Las lluvias redujeron temporalmente la temperatura del sustrato.
- El tortugario mostró calentamiento superficial intenso.

Resultado principal

Temperatura promedio por tratamiento



31.03 °C
T4 · menor promedio

−4.59 °C
vs. control T1

Tratamiento	Condiciones	R1	R2	R3	Promedio
T1	0% Sombra Sin Agua	36.51	34.75	35.54	35.62
T2	0% Sombra Con Agua	34.86	33.97	34.43	34.43
T3	50% Sombra Sin Agua	32.42	31.45	33.52	32.48
T4	50% Sombra Con Agua	31.07	30.17	31.80	31.03
T5	80% Sombra Sin Agua	32.14	34.00	33.37	33.15
T6	80% Sombra Con Agua	30.48	31.89	32.34	31.56

El agua complementa el efecto de la sombra

Efecto del riego

0 % sombra	35.62 °C Sin agua	34.43 °C Con agua	-1.19 °C Reducción
50 % sombra	32.48 °C Sin agua	31.03 °C Con agua	-1.45 °C Reducción
80 % sombra	33.15 °C Sin agua	31.56 °C Con agua	-1.59 °C Reducción

≈ −1.4 °C

Reducción media por riego

La sombra fue el principal mecanismo de enfriamiento

Reducción respecto al control T1

−3.14 °C
T3 · 50 % sin agua

−4.59 °C
T4 · 50 % con agua

−2.47 °C
T5 · 80 % sin agua

−4.06 °C
T6 · 80 % con agua

50 % sombra + riego fue más eficiente que 80 % + riego.
Posible balance entre menor radiación, ventilación y disipación térmica.

Sombra y humedad amortiguaron las fluctuaciones

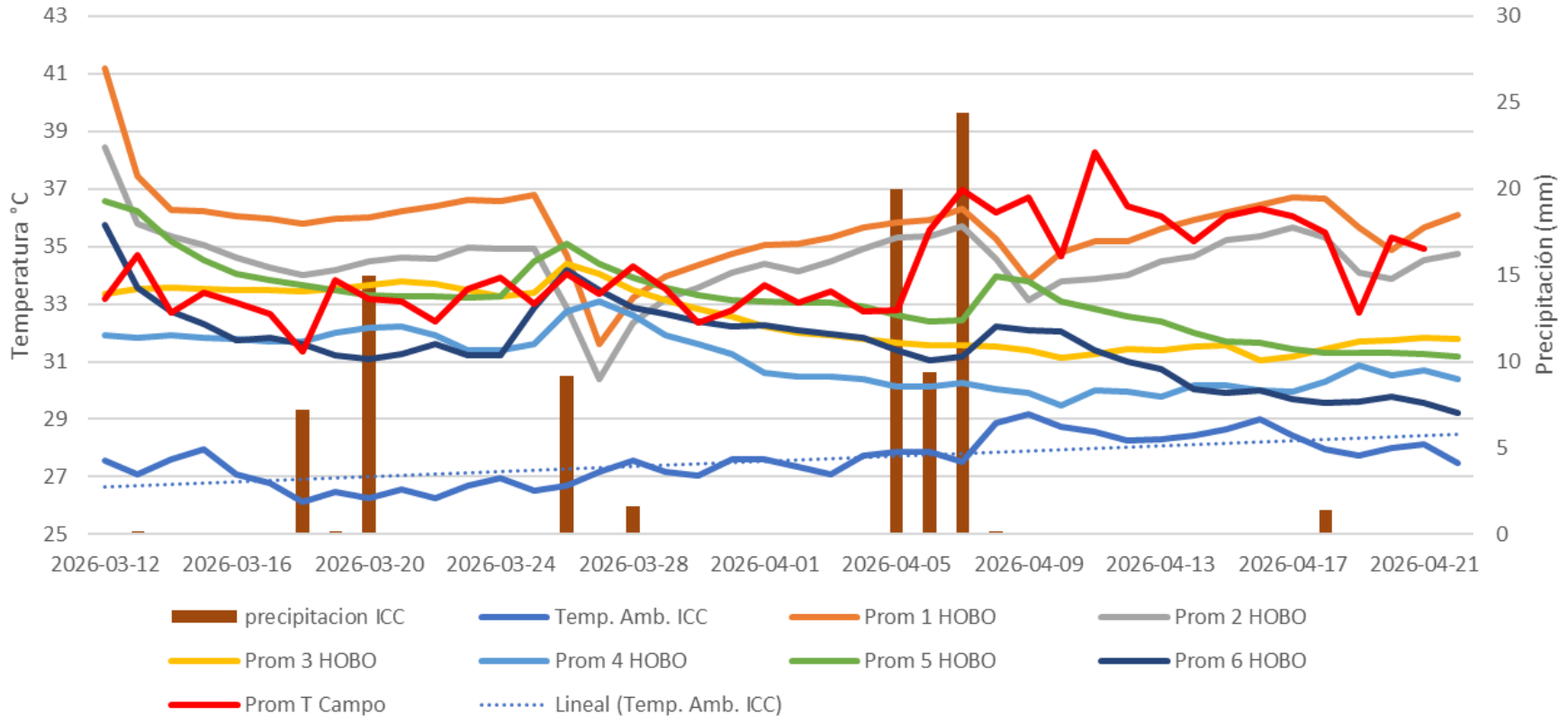
Tendencia temporal de la temperatura

$R^2 = 0.468$
Tendencia ambiental

53.8 mm
Lluvias 5–7 abril

0.8–2.0 °C
Descenso tras lluvias

T4 / T6
Mayor respuesta



- Los tratamientos sombreados presentaron menor amplitud térmica y mayor estabilidad microclimática.

De los resultados al manejo

Propuesta para tortugarios del Pacífico

50 %

SOMBRA · Reduce radiación directa

Controlado

RIEGO · Favorece disipación térmica

>33 °C

MONITOREO · Activa manejo preventivo

50 % sombra + riego controlado + monitoreo térmico

Conclusiones

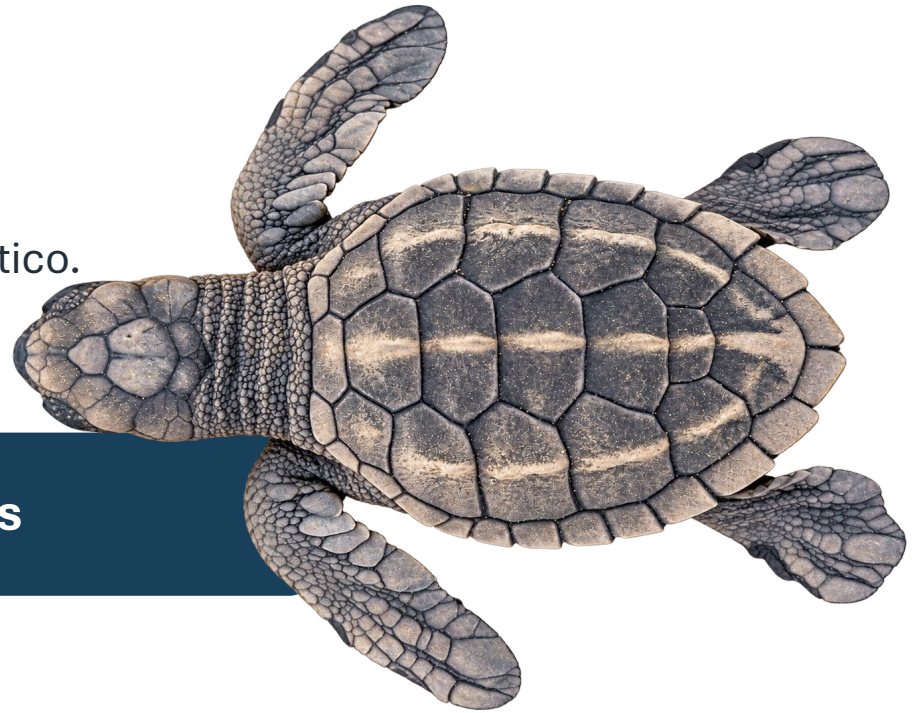
35.62 °C
Control T1

31.03 °C
Tratamiento T4

−4.59 °C
Reducción máxima

50 %
Sombra recomendada

- El sombreado fue el principal factor de enfriamiento.
- El riego incrementó la eficiencia de regulación térmica.
- Sombra + agua generaron condiciones más estables.
- Los resultados respaldan manejo adaptativo frente al cambio climático.



¿Preguntas? · Muchas gracias

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!

Manuel Ixquiac
m.ixquiac@fundaeco.org.gt

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