



Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF)



9^{no} Congreso Sociedad Dominicana de Investigadores
Agropecuarios y Forestales (SODIAF), 2022

Proyecto IDIAF-FONTAGRO ATN/RF-16343-RG COMPONENTE AGROCLIMÁTICO:

Glenny López-Rodríguez, César Martínez, Elpidio Avilés, José Miguel Romero, Leocadia Sánchez, Socorro García Pantaleón, Edwin Villagrán y Andrea Rodríguez

Monitoreo de variables agroclimáticas en estructura protegida modelada con Dinámica de Fluidos Computacional (CFD) para zonas bajas

Dra. Glenny López Rodríguez
Investigadora Asociada, IDIAF-Centro Norte

Bávaro, Punta Cana, República Dominicana

25 de octubre 2022

Contenido

1. Introducción

- Oportunidades
- Problemática
- Justificación
- Objetivos

2. Materiales y métodos

3. Resultados

4. Discusiones

5. Conclusiones

6. Agradecimientos





1. Introducción

- La producción en **invernaderos** es una tecnología que permite manejar condiciones óptimas para el desarrollo de plantas.
- Con lo que se logra incrementar la productividad en **cantidad, calidad y oportunidad comercial** (Castañeda *et al.*, 2007; Bastida, 2008; Moreno *et al.*, 2011).
- En los últimos **quince años** pasó de una superficie de **270 mil m²** instalados **en 2004** a **11.8 millones de m² en 2019** (Suriel, 2020).
- Principales cultivos bajo esta modalidad: ajíes o **pimientos** (morrón, cubanela y habanero), **tomate** (ensalada, cherry y bugalú) y **pepino**.

Oportunidades

- En 2019 se generó una **producción** de vegetales de aproximadamente **73 mil toneladas**.
- Casi 70 % se exportaron, generando divisas por el orden de **USD 130 millones** y la producción restante se comercializó en el mercado local, con un ingreso de **USD 26 millones** (Deprobap, 2020).



Problemática

- La producción se realiza en estructuras protegidas con **distintos niveles tecnológicos** para atenuar las restricciones medioambientales y proteger de forma física los cultivos.
- Su construcción se realiza **sin previo conocimiento del tipo de estructura** acorde a altitud, condiciones climáticas, sociales y económicas específicas de la zona.

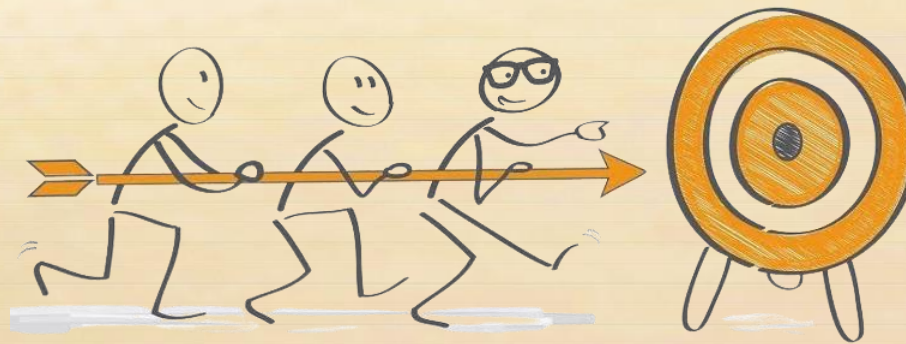


- Actualmente, los productores de vegetales construyen las estructuras de los invernaderos en zonas bajas (por debajo de 100 msnm) **con los mismos criterios de los construidos en zonas altas** (por encima de 500 msnm), **sin considerar aspectos estructurales y ambientales** (Idiaf, 2022).
- La producción en zonas bajas, tanto en ambiente protegido, como en campo abierto se encuentra limitada por factores y elementos climáticos que **favorecen el ataque de plagas y enfermedades, reduciendo la productividad y rentabilidad** de los cultivos (Portillo, 2006).

- **Desafíos: búsqueda de diseños de invernadero** adaptados a las condiciones climáticas locales.
- La temperatura, **factor más relevante**, debido a que cuando alcanza valores extremos, se **limita la producción de forma parcial o total** (Villagran-Munar et al., 2018).
- El microclima de una estructura protegida puede ser investigado por **experimentación y/o simulación**. En el último caso es más **rápido, barato, flexible y repetible** (Villagran-Munar y Bojacá, 2019).
- **Software Dinámica de Fluidos Computacional (CFD):** permite **rediseñar** estructuras y **diseñarlas en función de las condiciones climáticas locales**, según la ecofisiología del cultivo a establecer.

Objetivo del estudio

Evaluar el comportamiento micro-climático de una estructura protegida diseñada con **software CFD de acuerdo a condiciones ambientales locales.**





2. Materiales y Métodos

2. Materiales y métodos

- **Diseño: Estructura protegida** utilizando la herramienta de **simulación CFD-3D** (Figura 1), generada **en función a la zona de estudio** y basada en el análisis de los **registros** climáticos locales de los **últimos 20 años**.
- **Establecimiento de la estructura: Estación Experimental del IDIAF Sabaneta**, La Vega, Rep. Dom.
- **Área total:** 560 m² (28 m de ancho x 20 m de largo).
- **Elementos estructurales:** plástico de polietileno, malla anti-insectos (40 mesh), tensores, cimentaciones para tensores y tubos galvanizados (Figura 2).

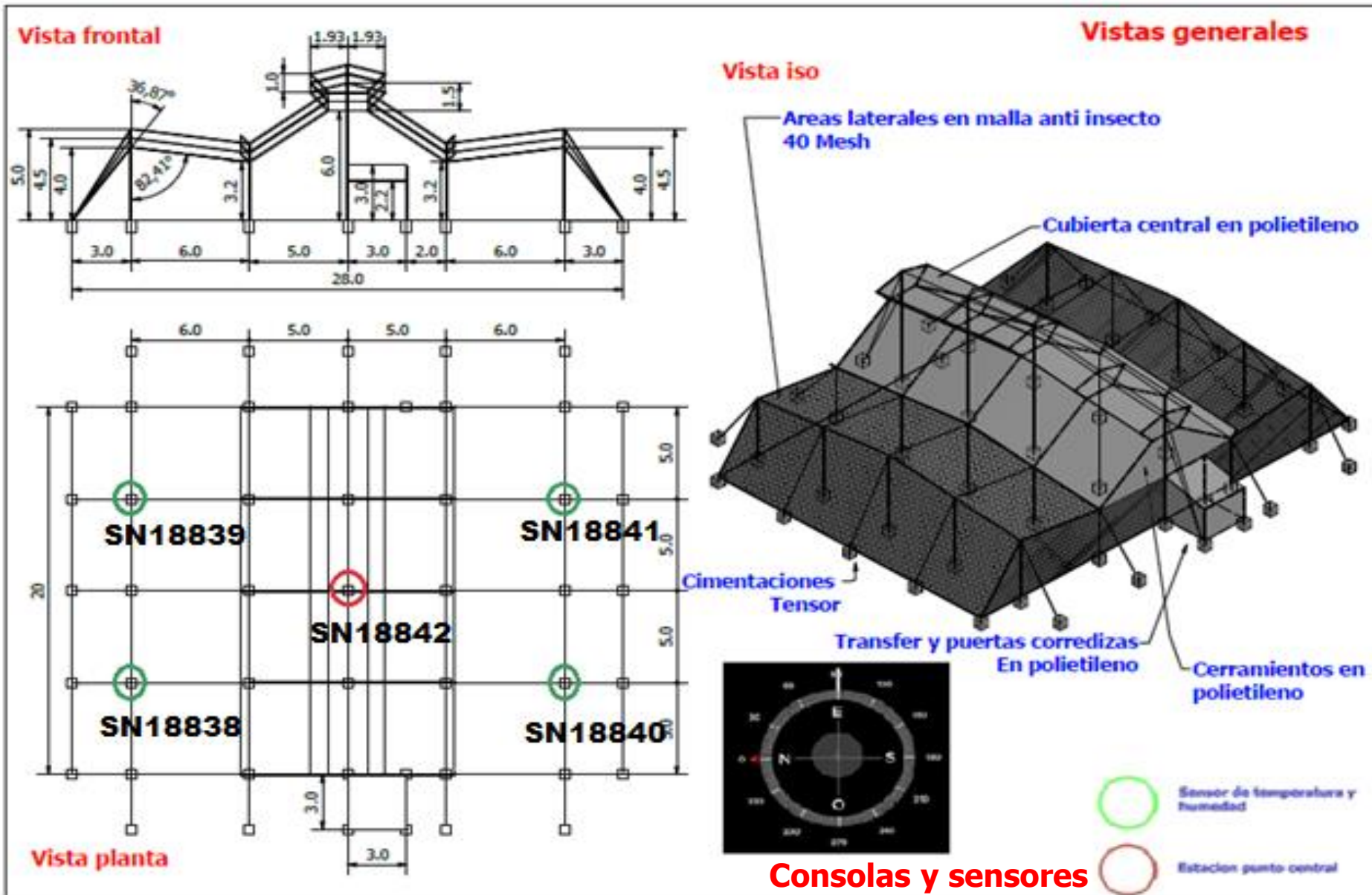


Figura 1. Diseño generado con Dinámica de Fluidos Computacional, imágenes vista frontal (superior izquierda), vista isométrica (derecha) y vista de planta (inferior). Fuente: Villagran *et al.*, 2021.



Figura 2. Estructura híbrida (laterales casa malla, centro invernadero) a escala real establecida en la Estación Experimental Sabaneta, IDIAF, Centro Norte, La Vega, República Dominicana. Fuente: propia, 2021.

2. Materiales y métodos

Variables internas evaluadas



Figura 5. Distribución de los Data Logger para el registro de las condiciones micro-climáticas dentro de la estructura protegida híbrida. Fuente propia, 2021.



3. Resultados

La temperatura media registrada en el interior de la estructura tuvo una diferencia de un grado con respecto al ambiente exterior.

Varios estudios demuestran el aumento de la temperatura ambiental bajo invernaderos de malla, que varía desde 1.0 °C hasta 3.5 °C respecto a la temperatura exterior (Waggoner, 1959; Desmarais et al., 1999; Möller y Assouline, 2007).

2. Comportamiento climático **diurno y nocturno** en el **exterior** de la estructura protegida

Tabla 2. Valores medios, mínimos y máximos temperatura, humedad relativa, precipitación, radiación solar y velocidad de viento, diurnos y nocturnos registrados en el exterior de la estructura protegida.

Variable	Diurna			Nocturna		
	Media	Mín.	Máx.	Media	Mín.	Máx.
Temperatura (°C)	31	24	35	26	24	29
Humedad relativa (%)	70	54	92	87	77	92
Precipitación (mm)	0	0	20	0	0	0
Radiación Solar (W/m ²)	411	0	866	0	0	0
Velocidad de viento (m/s)	1	0	2	0	0	1

3. Resultados

3. Comportamiento micro-climático **diurno y nocturno** en la estructura protegida.

Ambiente	Data Logguer	Temperatura diurna (°C)			Temperatura nocturna			Var.
		Media	Mín	Máx	Media	Mín	Máx	
Parte de la estructura con malla (Casa Malla)	SN18838	31	29	32	30	29	31	-1
	SN18839	31	29	32	30	29	31	
	SN18840	31	29	32	30	29	31	
	SN18841	31	29	32	30	29	31	
Parte de la estructura con plástico (INV.)	SN18842	34	24	40	26	24	30	-8
Estructura en conjunto	Estructura protegida mixta	32	28	34	29	28	31	-3
Exterior de la estructura	Exterior	31	24	35	26	24	29	-5

3. Resultados

Comportamiento micro-climático diario en la estructura protegida.

En la Figura 6 se muestra la **Temp promedio** registrada a escala diezminutal, en la estructura protegida durante el periodo de validación. La tendencia de las variables es similar en los sensores, **registrando picos más altos entre 11:30 am y 15:30 pm, tanto en CM como en INV.**

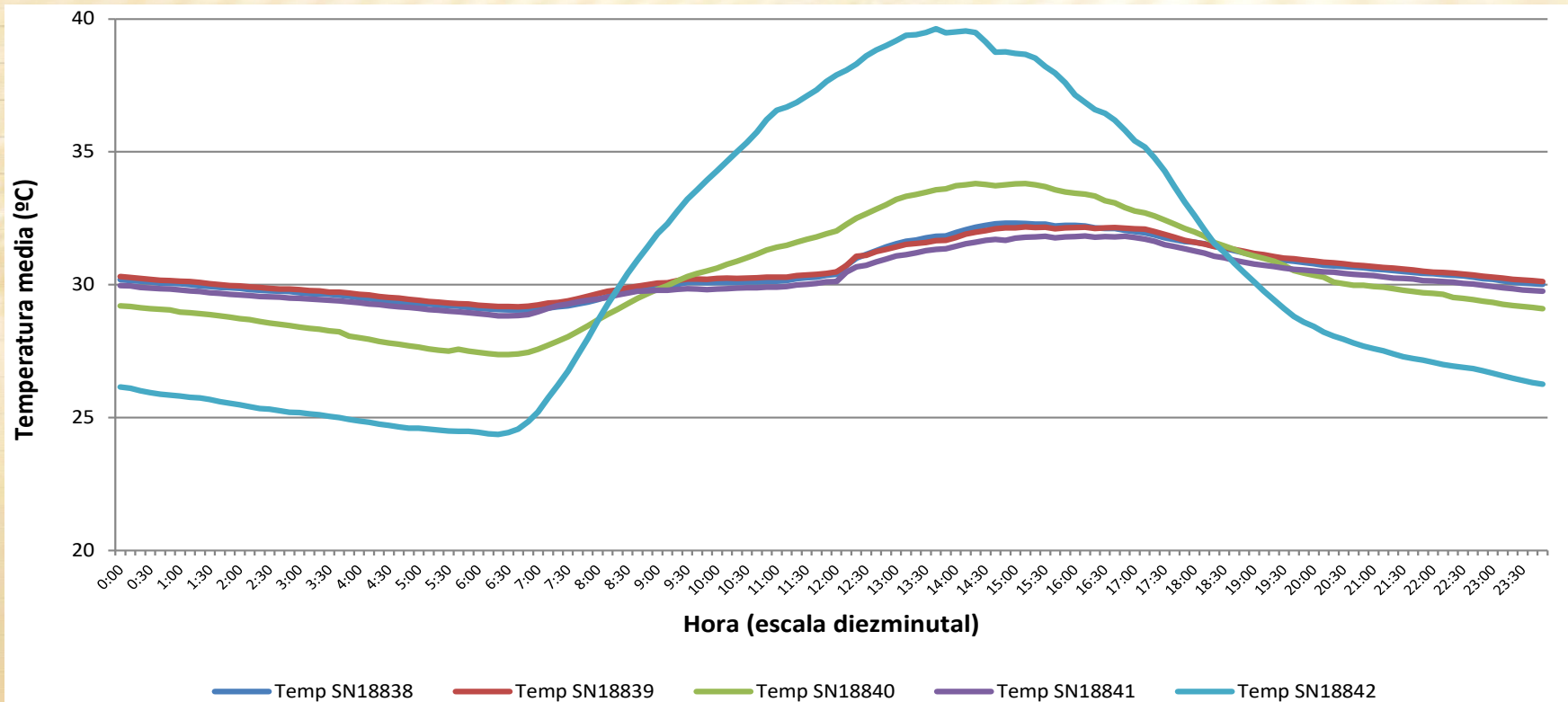


Figura 6. Ciclo diario promedio de **temperatura a escala diezminutal** (de 0.00 a 23.20 hrs.), registrada en la casa malla (CM, sensores SN18838, SN18839, SN18840 y SN18841) e invernadero (sensor SN18842) durante el periodo de validación.

3. Resultados

El registro de las variables presenta **una tendencia similar** a lo largo del periodo evaluado, los **picos más altos de HS se registran entre las 7.00 am y 6.00 pm** con valor medio de 52 % y RS media tuvo transmitancia térmica de 201 W/m² con rangos que oscilaron de 0 a 832 W/m².

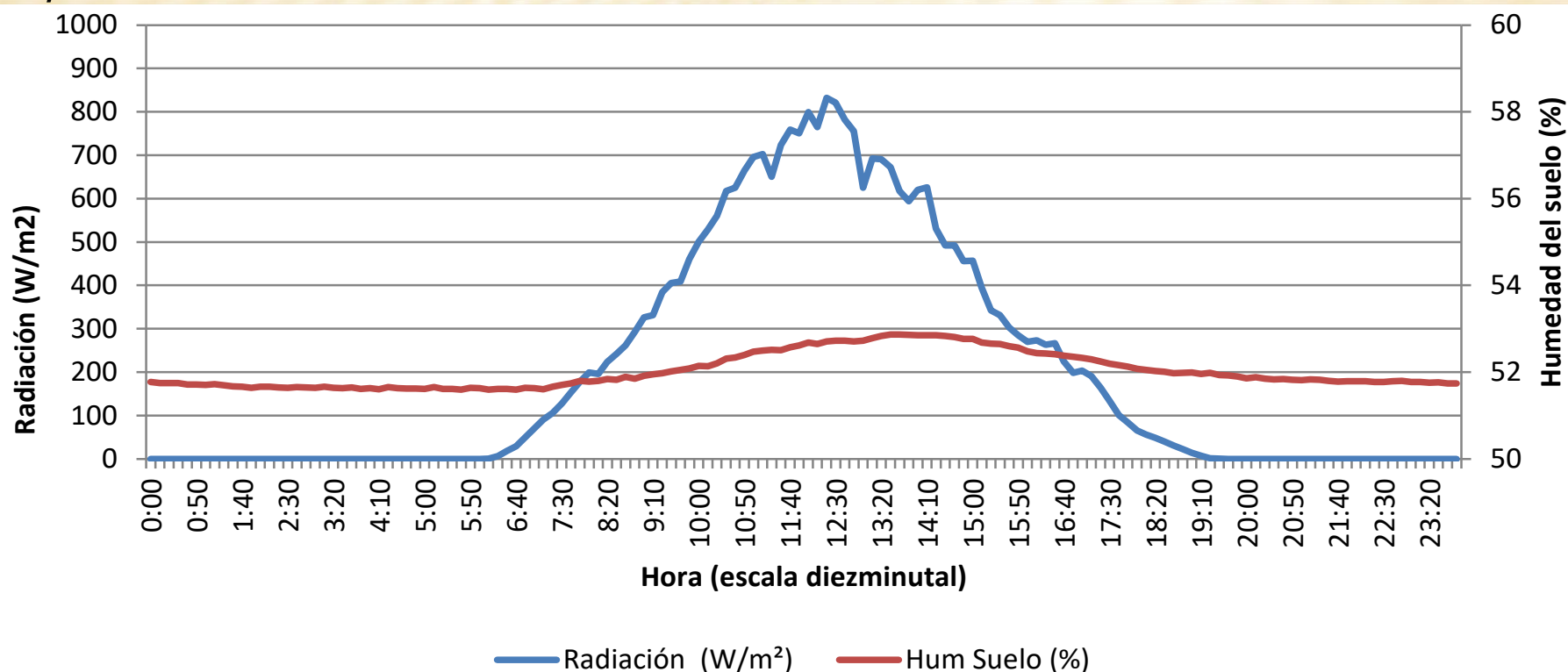


Figura 7. **Radiación solar** media (W/m²) y **humedad del suelo** media (%) a escala diezminutal, registradas en invernadero (SN18842) durante el periodo de validación.



4. Discusiones

4. Discusiones

- De acuerdo a Villagran y Bojacá (2017), el **comportamiento térmico diario y nocturno** del invernadero debe estar en **rangos de temperaturas y humedades relativas óptimos** para la producción de **especies hortícolas** u ornamentales, garantizando las condiciones ambientales adecuadas para el crecimiento y desarrollo de las plantas.
- Corrales-Carvajal (2010) indica que, la **temperatura interna** de un invernadero normalmente es **mayor durante el día** que la **temperatura exterior**, influenciado por aspectos como: orientación, forma, tamaño del invernadero, así como características de la cubierta plástica.

4. Discusiones

- Janampa-Quispe *et al.* (2017), mencionan que la variación de la **temperatura media horaria del interior del invernadero**, es siempre mayor a la temperatura exterior aún en horas de la noche.
- Villagran *et al.* (2021) señalan que existe una relación entre **velocidad del viento exterior y temperatura en el interior** del invernadero, donde a mayor velocidad de viento, menor valor de temperatura interna.

4. Discusiones

- La **variación espacial de la HR** podría estar influenciada por los cambios de temperatura, falta de transpiración y/o falta de riego.
- En cuanto a **RS en el interior** de la estructura protegida, ésta se redujo con respecto a la **RS exterior**.
- Los rayos UV son responsables en gran medida, de la foto-degradación de los filmes plásticos utilizados en la agricultura, además de que pueden causar daños, como: **activación de ciertos virus**, la **presencia de algunos insectos chupadores**, así como **daños por quemaduras y necrosis en los tejidos vegetales** (Díaz *et al.*, 2001).



5. Conclusiones

5. Conclusiones

1. Los resultados obtenidos mostraron que existe relación directa entre **VV** y las distribuciones generadas de **TEMP** y **HR** en el interior de la estructura.
2. La **estructura protegida mixta**, diseñada con base a las condiciones de sitio, contribuyó a que las variaciones de la temperatura media entre el día y la noche fueran menores, con relación al invernadero (parte de la estructura cubierta con plástico) y a campo abierto (exterior de la estructura mixta).

3. **La integración de la herramienta CFD como base para las investigaciones en las respuestas climáticas en invernaderos de República Dominicana es una alternativa para generar procesos de diseño de estructuras, teniendo en cuenta la variabilidad agroclimática de la zona.**
4. **Con el monitoreo de variables agroclimáticas en ambientes protegidos, se le ofrece al productor hortícola un nuevo enfoque para la implementación de tecnologías acorde a las condiciones climáticas imperantes en su localidad.**

6. Agradecimientos

Equipo de investigación involucrado en el proyecto en IDIAF, República Dominicana.

Coordinador del proyecto:

- César Martínez, M.Sc, Investigador Asociado

Investigadores colaboradores en IDIAF:

- Glenny López Rodríguez, Investigadora Asociada
- Leocadia Sánchez, Investigadora Asociada
- Socorro García Pantaleón, Investigadora Asociada
- Elpidio Avilés, Investigador Asociado
- José Miguel Romero del Valle, Investigador Asociado

Agradecimientos especiales:

- Andrea Onelia Rodríguez Roa, y Edwin Villagran, AGROSAVIA, Colombia
- Jerson Gómez Almonte, Líder Comercial CASEAGRO Dominicana
- Gustavo Gandini, Director Departamento ABIOMA en BANELINO
- Aridio Pérez, Investigador Asociado
- Pablo Suárez, Investigador IDIAF

6. Agradecimientos



Proyecto Fontagro ATN/RF-16343-RG

Innovaciones para la horticultura en ambientes protegidos en zonas tropicales: opción de intensificación sostenible de la agricultura familiar en el contexto de cambio climático en América Latina y el Caribe.



*Muchas
Gracias*