



Evaluación del efecto de luces LEDs en el desarrollo morfológico y fisiológico in vitro de *Fragaria x ananassa* variedad Monterrey

Fernández Catota, Gabriel Andrés

Departamento de Ciencias de la Vida y de la Agricultura

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario

Ing. Landázuri Abarca, Pablo Aníbal, Mgtr.

4 de Julio de 2023



# INTRODUCCIÓN

- La fresa es una especie frutícola consumida a nivel mundial
- Producción en campo (*Pestalotia sp*, *Fusarium oxysporum*, *Verticillium sp.*)
- Micropropagación (control agentes biológicos)
- Incorporar LEDs (Luminosidad)
- Radiación fotosintéticamente activa (PAR)
- Promover procesos morfogénicos y fisiológicos
- Desarrollo de plántulas (calidad - biomasa)



# OBJETIVOS

## Objetivo General

Evaluar el efecto de luces LEDs en el desarrollo morfogénico y fisiológico in vitro de *Fragaria x ananassa* variedad Monterrey

## Objetivos específicos

- Cuantificar el efecto que producen las luces LEDs del espectro blanco, rojo, azul y combinación azul-rojo sobre el desarrollo morfogénico y fisiológico en explantes in vitro de *Fragaria x ananassa* variedad Monterrey en las etapas de multiplicación y enraizamiento.
- Medir la cantidad de clorofila en los explantes in vitro de *Fragaria x ananassa* variedad Monterrey expuestos a las luces LEDs blanca, roja, azul y combinación azul-rojo en la etapa de enraizamiento.
- Determinar el porcentaje de enraizamiento en los explantes in vitro de *Fragaria x ananassa* variedad Monterrey.

# HIPOTESIS

**H0:** Las luces LEDs no influyen en el desarrollo morfogénico y fisiológico de los explantes in vitro de *Fragaria x ananassa* variedad Monterrey.

**H1:** Las luces LEDs influyen en el desarrollo morfogénico y fisiológico de los explantes in vitro de *Fragaria x ananassa* variedad Monterrey.

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Fresa

- Planta de carácter rastrero y estolonífero
- Fruto comestible
- **Familia:** Rosaceae; **Género:** *Fragaria*
- *Fragaria x ananassa* (variedades cultivadas)

### En Ecuador:

- Zona interandina (PICHINCHA - CHIMBORAZO)
- **Altitud:** 1200 a 2500 msnm
- **Desarrollo vegetativo:** 12 - 14 horas luz
- **Temperatura:** 15 - 20 °C
- **Suelo:** Franco-arenoso



# REVISIÓN DE LITERATURA

## Micropropagación de Fresa

**Material vegetal:** Estolones, coronas (meristemos)

Protocolos de desinfección y asepsia

Medio de cultivo (compuestos orgánicos, minerales, vitaminas, fitohormonas)

**Fitohormonas:** auxinas, citocininas, giberelinas

**Factores:** pH, temperatura, humedad



### Permite:

- Eficaz obtención de plántulas para el establecimiento de plantaciones
- Obtención de producciones masivas
- Plantas de mejor calidad (libre de plagas y enfermedades)

**Fuente:** Cañal (2001); Lema & Chiqui (2010); Mamani & Murillo (2010); Días (2023); Cedrez (2015); Ruiz *et al.*, (2018); Lassaga *et al.*, (2010); Moya (2019)

# REVISIÓN DE LITERATURA

## Luz e Importancia

- Promueve fotosíntesis
- Conversión de energía lumínica en energía química
- Emisión de longitudes de onda
- **Fotorreceptores** (fitocromos, criptocromos, fototropinas)
- PAR

## LUMINARIAS LEDs

- Emisión de longitudes de onda específicas para plantas
- Promueven activación eficaz de fotorreceptores
- Promueven procesos fotosintéticos
- Morfogénesis efectiva en plantas
- Disminución de consumo de energía
- Mayor durabilidad que luminarias tradicionales



# METODOLOGÍA

Área de estudio

**Figura 1**

*Visión satelital del lugar del estudio experimental*



*Nota.* Laboratorio de fitopatología e invernadero IASA I. Google Earth (2023).

# METODOLOGÍA

## TRATAMIENTOS

Se estableció un DCA conformado por 3 tratamientos más un testigo, cada uno con 4 repeticiones:

- (Testigo: luz LED blanca)
- (T1: luz LED azul)
- (T2: luz LED roja)
- (T3: combinación de luces LED azul-roja)

Se evaluaron las respuestas en 48 frascos con explantes in vitro de fresa (*Fragaria x ananassa* var. Monterrey), para el efecto producido por la aplicación de luces LEDs.

### Variables a medir:

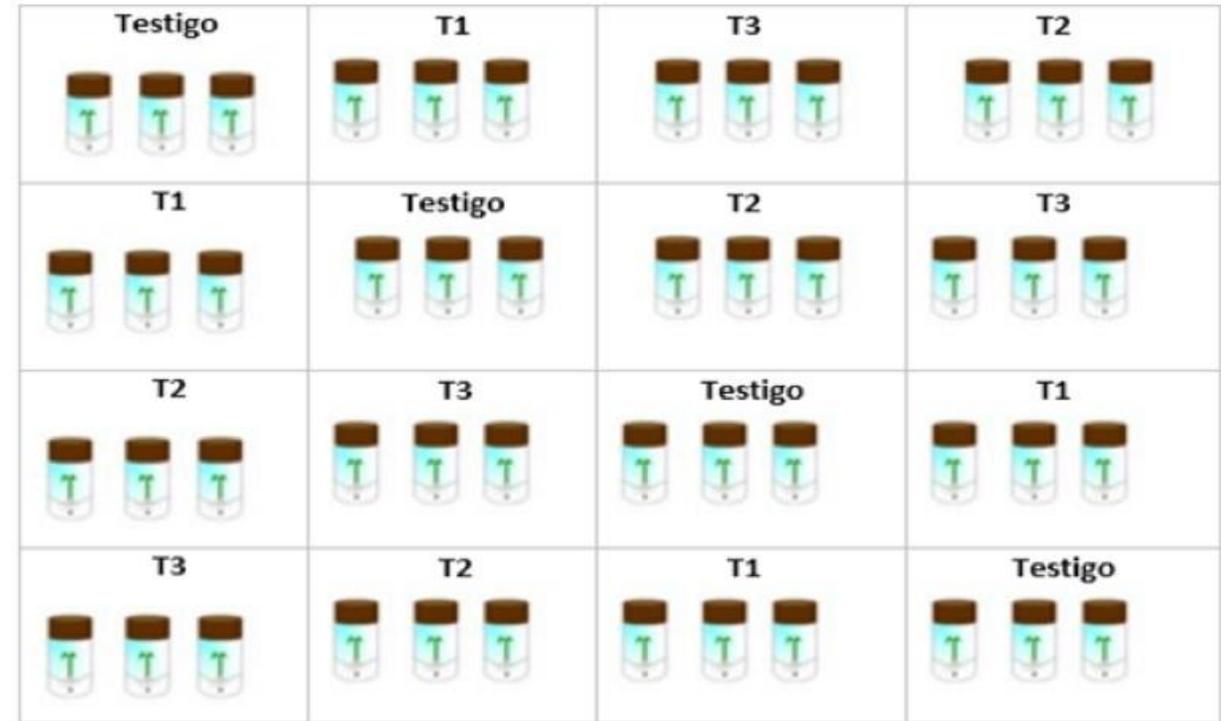
**Etapas de multiplicación:** longitud de explantes, # hojas, total de plántulas y coeficiente de multiplicación.

**Etapas de enraizamiento:** Longitud de raíces, # raíces, % enraizamiento, contenido de clorofila

## Distribución de tratamientos

Figura 2

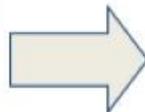
Croquis del diseño experimental



Nota. Croquis del experimento con distribución DCA de los tratamientos. Autoría propia.

# METODOLOGÍA

## DESINFECCIÓN DE EXPLANTES



## PREPARACIÓN DE MEDIOS DE CULTIVO



## SIEMBRA DE EXPLANTES



### Corte de explantes

Estolones de fresa - corte 3-4 cm de longitud

### Desinfección.

- Solución agua-Jabón 10 min
- Hipoclorito de sodio al 0.8% 5 min
- 3 enjuagues agua destilada (1 y 2 min)
- Ácido ascórbico (150 mg/L) 1 min

### Pesaje de reactivos y hormonas

#### Multiplicación:

- M&S + sacarosa (30g)
- BAP=2 mg/L; AIA=1 mg/L;
- pH= 5.8
- Autoclave: T°=120°C x 20 min

### Pesaje de reactivos y hormonas

#### Enraizamiento:

- M&S + sacarosa (15g)
- BAP=0.3mg/L; AIA=0.1mg/L; IBA=0.2 mg/L
- pH= 5.8
- Autoclave: T°=120°C x 20 min

Siembra de explantes de fresa en medios de cultivo

Nota. Autoría propia



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

# METODOLOGÍA

Implementación de cultivo in vitro de *Fragaria x ananassa* variedad Monterrey en tratamientos LEDs (Programación: 8 h. luz y 16 h. de oscuridad)

T0: Testigo



T1: luz LED azul



T2: luz LED roja



T3: luz LED azul-rojo



Nota. Autoría propia

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 2**

*Influencia de diferentes combinaciones de luces LED`s en: Longitud de explantes, número de hojas, total de explantes y coeficiente de multiplicación en explantes de Fragaria x ananassa var.*

Tratamiento	Longitud explantes (cm)	Número hojas	Total plántulas	Coeficiente multiplicación
T0: Luz LED blanca	5,35 ± 0,24 a	18,75 ± 1,22 a	7.50 ± 2.50 ab	5.00
T1: Luz LED azul	3,30 ± 0,24 b	12,25 ± 1,22 c	4.75 ± 2.50 b	4.35
T2: Luz LED roja	5,38 ± 0,24 a	18,50 ± 1,22 ab	9.50 ± 2.50 ab	4.69
T3: Luz LED azul-roja	3,50 ± 0,24 b	13,50 ± 1,22 bc	17.25 ± 2.50 a	6.49

Nota. Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ). Autoría propia.

Andrade *et al.* (2013), evidenciaron longitudes de explantes de 5.45 cm en especies de *Solanum sp.* en condiciones in vitro tras la aplicación de luces LEDs blancas.

Murillo *et al.* (2016), evidenciaron número de hojas de 6.43 en plántulas de *Laelia autumnalis* cultivadas in vitro con luces LEDs blancas

Dewir *et al.* (2005), presentó un coeficiente de multiplicación de 6.8 en *Spathiphyllum cannifolium*, mediante la aplicación de luces LEDs azul y rojo en forma compuesta.

La influencia de luces LEDs del espectro blanco y rojo, estimulan la actividad que se lleva a cabo en los meristemas apicales (células totipotentes) y por división celular, permiten elongación de explantes y generación de tejidos u órganos (formación de hojas) en especies cultivadas vía in vitro.

LEDs de espectros combinados promueven procesos fotosintéticos, definido como PAR, ya que emiten radiación de 430 y 680 nm para las bandas del espectro azul y rojo, aportando así, una eficiente cantidad de fotones, para promover el desarrollo de biomasa en explantes

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Tabla 3**

*Influencia de diferentes combinaciones de luces LED's en: Longitud de raíces, número de raíces y porcentaje de enraizamiento en explantes de *Fragaria x ananassa**

Tratamiento	Longitud raíces (cm)		Número raíces		Enraizamiento %
T0: Luz LED blanca	3,33 ± 0,25	ab	12,50 ± 0,80	a	91,67
T1: Luz LED azul	2,30 ± 0,25	b	3,75 ± 0,80	b	33,33
T2: Luz LED roja	3,70 ± 0,25	a	15,00 ± 0,80	a	91,67
T3: Luz LED azul-roja	3,27 ± 0,25	ab	6,75 ± 0,80	b	66,67

*Nota.* Medias con una letra en común no son significativamente diferentes ( $p \geq 0,05$ ).  
Autoría propia

Moya (2019), evidenció una longitud promedio de raíces de 3.92 cm en *Rubus glaucus* mediante el efecto de luces LEDs de color rojo.

Tan Nhut *et al.* (2003), evidenciaron un promedio de número de raíces en *Fragaria sp.* de 1.5 mediante la aplicación de luces LEDs azules.

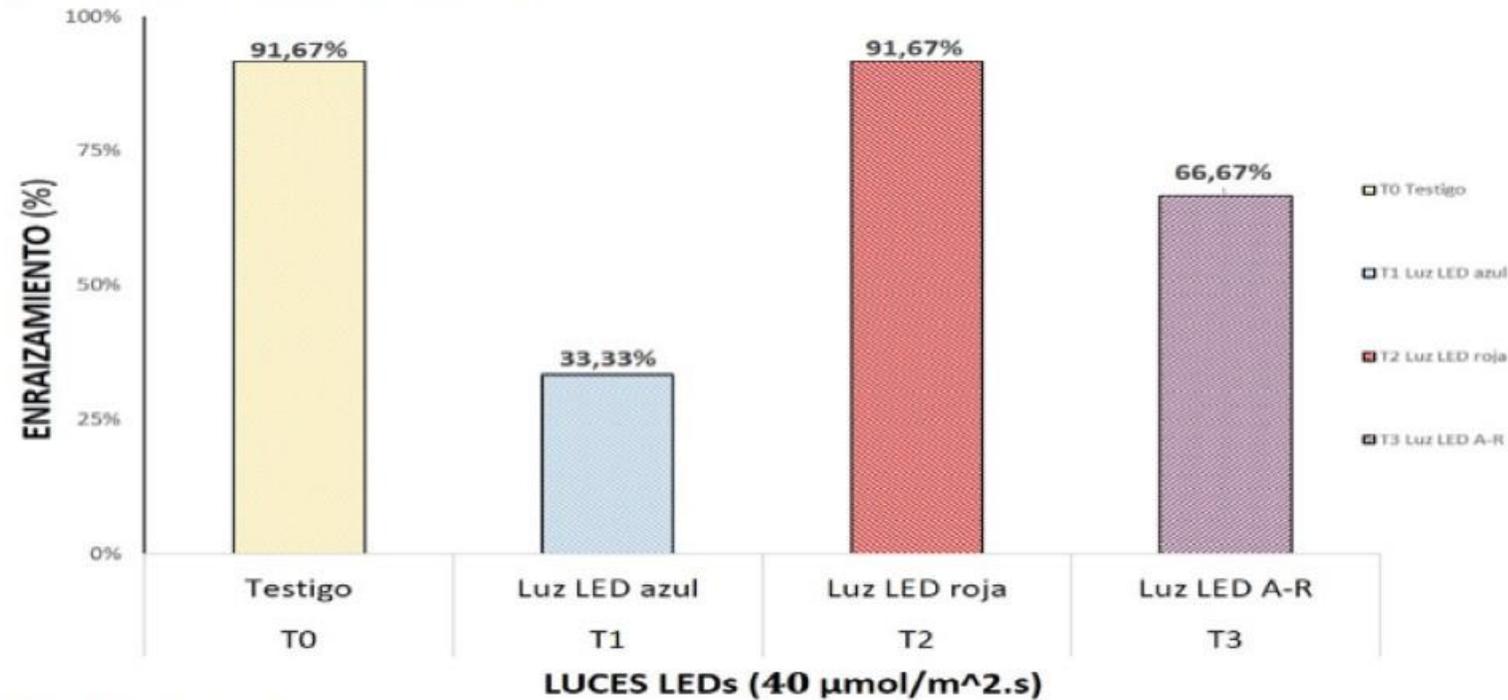
Radiación de LEDs rojas en cultivos in vitro, es absorbida por fotorreceptores (fitocromos), se encuentran en forma de proteínas en semillas, hojas, tallos y raíces que inducen a la activación y regulación de procesos fisiológicos (rizogénesis).

Radiación de LEDs azules producen un bloqueo a nivel de fitohormonas (auxinas), provocando en los explantes el desarrollo reducido de raíces.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Figura 3

Porcentaje de enraizamiento en explantes de *Fragaria x ananassa* var. Monterrey in vitro bajo la influencia de diferentes combinaciones de luces LEDs.



Nota. Autoría propia

Godo *et al.* (2011), presentaron un porcentaje de enraizamiento de 67.4 % al aplicar luces LEDs rojas y 16.5 % al aplicar luces LEDs azules en *Bletilla ochracea*.

LEDs rojas en explantes in vitro, permiten una absorción eficaz de fotones con longitudes de onda entre 600 a 700 nm, mediante la acción de fitocromos, se permite promover procesos de fotomorfogénesis en las plantas.

# RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 4

Influencia de diferentes combinaciones de luces LED's para clorofila  $\alpha$ , clorofila  $\beta$  y clorofila total de la etapa de enraizamiento en *Fragaria x ananassa* var. Monterrey in vitro

Tratamiento	Nomenclatura	Luz par ( $\mu\text{mol. m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Clorofila $\alpha$ ( $\mu\text{mg.ml}^{-1}$ )	Clorofila $\beta$ ( $\mu\text{mg.ml}^{-1}$ )	Clorofila total ( $\mu\text{mg.ml}^{-1}$ )
T0	Luz LED blanca	40	47,72	62,46	110,18
T1	Luz LED azul	40	33,43	22,4	55,83
T2	Luz LED roja	40	29,67	47,07	76,74
T3	Luz LED azul-roja	40	2,78	6,49	9,27

Nota. Autoría propia

LEDs blancos promueven la eficiencia fotosintética de cultivos in vitro, guiada por la actividad de la clorofila  $\alpha$  y  $\beta$  en el rango de 465 y 665 nm, estimulando la acción de los fotorreceptores para la adecuada acción de procesos fisiológicos (síntesis de clorofila).

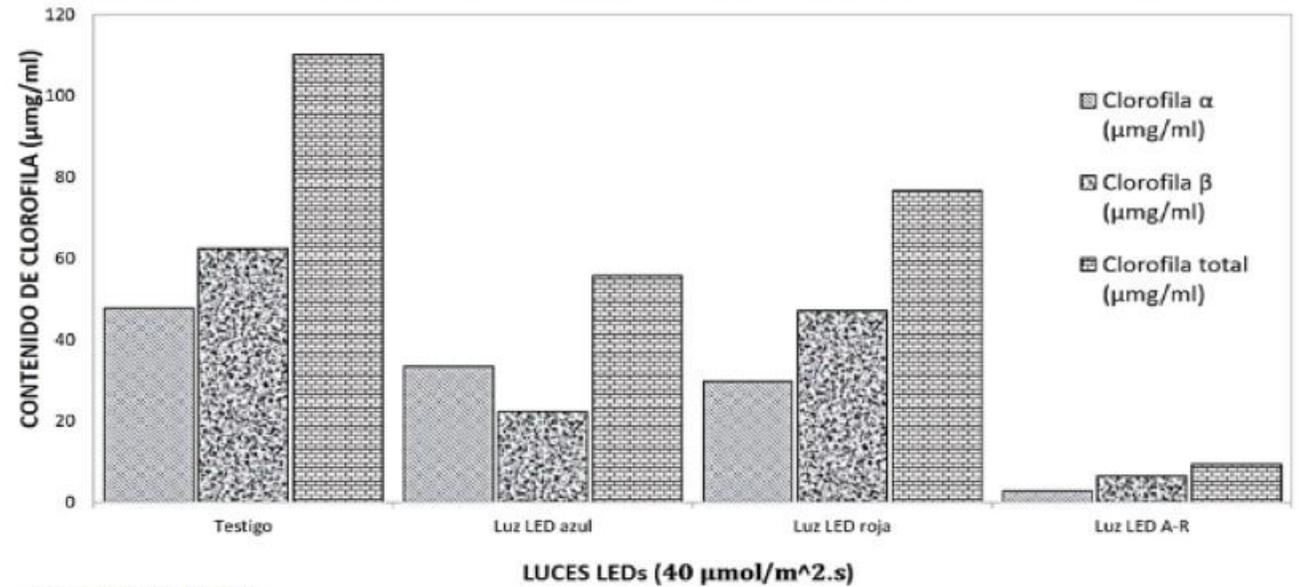
Lin *et al.* (2011), evidenciaron en *Dendrobium officinale* valores de clorofila  $\alpha$ ,  $\beta$  y total de 2.50; 1.50 y 4.23  $\mu\text{mg.ml}^{-1}$  respectivamente, mediante la combinación de LEDs azul-rojo.

Murillo *et al.* (2016) en *Laelia autumnalis* obtuvieron contenidos de clorofila  $\alpha$ ,  $\beta$  y total de 2.30; 0.98 y 3.30  $\mu\text{mg.ml}^{-1}$  respectivamente, al aplicar LEDs con la composición de azul y rojo.

Se señala así, que LEDs combinados de azul y rojo interfieren en los procesos fisiológicos, por una obstrucción entre fotorreceptores (fitocromos, criptocromos y fototropinas), ocasionando un funcionamiento atípico en explantes.

Figura 4

Influencia de diferentes combinaciones de luces LED's para la cantidad de clorofila  $\alpha$ , clorofila  $\beta$  y clorofila total en explantes de *Fragaria x ananassa* var. Monterrey in vitro mediante el extractante etanol al 95%



Nota. Autoría propia

# CONCLUSIONES

- Se cuantificó el efecto producido por luminarias LEDs del espectro blanco, azul, rojo y combinación azul-rojo sobre el desarrollo morfológico y fisiológico in vitro de explantes de fresa; se demostró que la aplicación de LEDs rojas, permiten obtener un efectivo desarrollo respecto a longitud de explantes de 5.38 cm y número de hojas de 18.50 en la etapa de multiplicación.
- Se cuantificó el efecto producido por luminarias LEDs del espectro blanco, azul, rojo y combinación azul-rojo sobre el desarrollo morfológico y fisiológico in vitro de explantes de fresa demostró que la aplicación de LEDs rojas, permiten obtener un efectivo desarrollo respecto a longitud de raíces de 3.70 cm y número de raíces de 15.00, en la etapa de enraizamiento.
- La aplicación de luces LEDs permitió medir concentraciones de clorofila en explantes de fresa; para el efecto producido por luces LEDs blancas se obtuvo  $110.18 \mu\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ , luces LEDs azules  $55.83 \mu\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ , luces LEDs rojas  $76.74 \mu\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$  y la combinación de luces LEDs azul-rojo presentó  $9.27 \mu\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$  de contenido clorofílico en la etapa de enraizamiento.
- Se determinó el porcentaje de enraizamiento en los explantes in vitro de fresa, obteniendo el 91.67% de enraizamiento mediante la aplicación de luces LEDs blancas y luces LEDs rojas, luces LEDs azules y la combinación de luces LEDs azul-rojo presentaron porcentajes de enraizamiento del 66.67 y 33.33% respectivamente.

# RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar luminarias LEDs del espectro rojo en la micropropagación de *Fragaria x ananassa* var. Monterrey para obtener mayor crecimiento de explantes.
- Se recomienda aplicar luminarias LEDs del espectro blanco en la micropropagación de *Fragaria x ananassa* var. Monterrey para estimular la síntesis de clorofila en explantes.
- Desarrollar futuras investigaciones aplicando luces LEDs a diferentes proporciones de longitud de onda para evaluar el desarrollo morfogénico de *Fragaria x ananassa* var. Monterrey vía in vitro.
- Continuar con el desarrollo de las plantas micropropagadas con la implementación de luces LEDs hasta la etapa adulta, para evaluar el desarrollo con respecto a tolerancia a condiciones de campo y niveles de producción de las plántulas de fresa.

# GRACIAS



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA